

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Shanna Trichês Lucchesi

**EFEITOS DA CAMINHABILIDADE NA  
VALORIZAÇÃO IMOBILIÁRIA: EVIDÊNCIAS E SUAS  
IMPLICAÇÕES EM POLÍTICAS PÚBLICAS PARA  
POPULAÇÕES DE BAIXA RENDA**

Porto Alegre

2021

Shanna Trihchês Lucchesi

**EFEITOS DA CAMINHABILIDADE NA VALORIZAÇÃO IMOBILIÁRIA:  
EVIDÊNCIAS E SUAS IMPLICAÇÕES EM POLÍTICAS PÚBLICAS PARA  
POPULAÇÕES DE BAIXA RENDA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia, na área de concentração em Sistemas de Produção (ou de Qualidade ou de Transportes).

Orientadora: Professora Orientadora, Dr. Ana Margarita Larranaga

Co-orientadora: Professora Co-orientadora, Dr. Helena Beatriz Bettella Cybis

Porto Alegre

2021

Shanna Trichês Lucchesi

**EFEITOS DA CAMINHABILIDADE NA VALORIZAÇÃO IMOBILIÁRIA:  
EVIDÊNCIAS E SUAS IMPLICAÇÕES EM POLÍTICAS PÚBLICAS PARA  
POPULAÇÕES DE BAIXA RENDA**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutora em Engenharia e aprovada em sua forma final pela Orientadora e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

**Profa. Orientadora, Dr. Ana Margarita  
Larranaga**  
Orientadora PPGEP/UFRGS

---

**Prof. Dr. Alejandro Germán Frank**  
Coordenador PPGEP/UFRGS

**Banca Examinadora:**

Professora Cira Souza Pitombo, Dra. (Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Professor Alejandro Ruiz Padillo, Dr. (UFSM)

Professor João António de Abreu e Silva, Dr. (CERIS/IST/Universidade de Lisboa)

Dedicatória

Para todos que acreditam em cidades para  
todos, que possam ser vivenciadas ao nível dos  
olhos e experienciadas com os pés.

## AGRADECIMENTOS

A Professora Ana Margarita Larrañaga e a Professora Helena Beatriz Bettella Cybis, que sorte eu tenho de ter tido vocês duas na minha vida. Obrigada pelos anos de convívio e aprendizado e por terem acreditado no meu potencial em absolutamente todos os momentos.

Ao Professor João António de Abreu e Silva pela acolhida em Lisboa e a total disponibilidade para discussões. Suas contribuições deram força aos artigos e fizeram essa tese nascer.

A Professora Cita Pitombo e o Professor Alejandro Ruiz-Padilhos, pela dedicação a leitura do texto e as palavras na hora da avaliação. Suas contribuições elevaram o trabalho a um nível que jamais seria alcançado.

A Professora Christine Nodari e ao Professor Luis Afonso dos Santos Senna em nome dos demais professores do Laboratório de Sistemas de Transportes da UFRGS pelo conhecimentos transmitidos e pelo carinho sempre dedicado aos alunos. Aproveito para agradecer também a Verônica (o que seria de todos sem ela) e aos colegas que dividiram cafés e ideias nesses quatro anos: Tânia, Marcelle, Rodrigo, Magdala, Mariane e especialmente ao Douglas, ao qual a ajuda foi inestimável. A hora do café também acontece do outro lado do Atlântico, e os agradecimentos também são merecidos aos colegas Gabriel, Freddy e, especialmente, a Laísa. Obrigada por fazer Lisboa parecer casa.

A todas as pessoas que em diversas etapas do doutorado brindaram muito mais do que apoio e amizade, sem os quais nada teria sido possível.

As amigas que devo a vida e mais um pouco, Gabriela e Marcelle.

Aos meus pais, Gilmar e Maria de Lurdes, e irmã Tainne. Vocês são minha chama e sanidade.

Ao Felipe. É um prazer dividir a vida contigo.

## RESUMO

Os benefícios econômicos de promover bairros que incentivem os deslocamentos a pé podem ser medidos por meio do valor adicional que as pessoas estão dispostas a pagar por morar nesses locais. O conceito chamado “walkability premium” vem sendo explorado na literatura, sempre demonstrando existir valorização imobiliária nos locais de mais alta caminhabilidade. Este estudo propõe estudar o fenômeno em um contexto ainda não explorado: bairro de baixa renda de cidades latino-americanas. Utilizando como estudo de caso bairros das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, modelos de equações estruturais multigrupos foram estimados para avaliar as inter-relações entre o ambiente urbano construído, as percepções sobre a caminhabilidade e outras características do bairro e da vida pessoal além do preço de oferta de imóveis multifamiliares. Diferentes fontes de dados foram utilizadas, incluindo uma pesquisa domiciliar e dados processados por algoritmos de reconhecimento de imagem para representação de cenas urbanas que os pedestres presenciam em seus deslocamentos diários. A comparação entre as duas cidades mostrou que a valorização de áreas amigáveis aos pedestres também existe em locais onde os indivíduos apresentam restrições financeiras para escolher onde morar e que esse efeito é independente da cidade. No entanto, os resultados mostraram que esta valorização está relacionada à forma que os pedestres percebem o ambiente, onde os efeitos das características físicas da infraestrutura urbana são mediadas pelas percepções.

Palavras chaves: equações estruturais, preços hedônicos, ambiente urbano construído, percepções, pedestres.

## **ABSTRACT**

The economic benefits of promoting neighbourhoods that encourage walking can be measured as the individual's willingness to pay for living in these locations. The concept called "walkability premium" has been explored in the literature, consistently demonstrating real estate valuation in places with high walkability. This study proposes to study the phenomenon in a yet unexplored context: low-income neighbourhoods in Latin American cities. Using neighbourhoods in the towns of São Paulo and Rio de Janeiro as a case study, multigroup structural equation models were estimated to assess the interrelationships between the urban built environment, perceptions of walkability, and other neighbourhood characteristics and personal life, and the offer price of multifamily properties. The study uses different data sources, including a household survey and data processed by image recognition algorithms to represent urban scenes that pedestrians witness in their daily commute. The comparison between the two cities showed that the valuation of pedestrian-friendly areas also exists in places where individuals have financial restrictions that reduce their living possibilities and that this effect is independent of the city. However, the results showed that this appreciation is related to how pedestrians perceive the environment, where perceptions mediate the impact of physical characteristics of urban infrastructure.

Key words: equações estruturais, preços hedônicos, ambiente urbano construído, percepções, pedestres.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Estrutura dos artigos que compõem a tese. Fonte: A autora.....	19
<b>Figura 2:</b> Fluxograma de etapas do desenvolvimento da tese. Fonte: A autora.....	21
<b>Figura 3:</b> Diagrama de caminhos da estrutura modelada. Fonte: A autora. ....	23
<b>Figura 4:</b> Fontes de dados para os elementos modelados. Fonte: A autora. ....	27
<b>Figura 5:</b> Exemplos das imagens coletadas na área de estudo. Fonte: Google API.....	34
<b>Figura 6:</b> Localização das imagens obtidas via <i>Google Street Vie.</i> . Fonte: Elaborado pela autora com a localização das entrevistas provenientes da pesquisa domiciliar e localização das imagens obtidas pelo Google API .....	35

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Variáveis obtidas na pesquisa domiciliar. ....	28
Tabela 2 - Variáveis obtidas no censo demográfico.....	31
Tabela 3 - Variáveis obtidas das fontes de dados abertos .....	33
Tabela 4 - Variáveis obtidas das fontes de dados abertos .....	37
Tabela 5 - Variáveis relativas aos preços dos imóveis .....	40
Tabela 6 – Pacotes computacionais utilizados .....	41

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 Tema e objetivos da tese .....	16
1.2 Justificativa .....	17
1.3 Hipóteses da tese .....	18
1.4 Estrutura da tese .....	18
<b>2 MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>21</b>
2.1 Etapas de desenvolvimento da pesquisa .....	21
2.2 Estruturas teóricas avaliadas .....	23
2.3 Dados .....	26
2.4 Pacotes computacionais utilizados.....	41
<b>3 ARTIGO 1 - ARE PEOPLE WILLING TO PAY MORE TO LIVE IN A WALKING ENVIRONMENT? A MULTIGROUP ANALYSIS OF THE IMPACT OF WALKABILITY ON REAL ESTATE VALUES AND THEIR MODERATION EFFECTS .....</b>	<b>42</b>
Abstract.....	44
Introduction .....	44
Literature review.....	46
Method.....	49
Case Study Data.....	52
Modelling results .....	54
Discussion: Hypotheses and model results.....	60
Conclusions and implications for public policy .....	63
References .....	65
<b>4 ARTIGO 2 - WALKABILITY PREMIUM: EFFECTS AND PUBLIC POLICIES IMPLICATIONS FOR LOW-INCOME COMMUNITIES .....</b>	<b>66</b>
Abstract.....	68
Introduction .....	68
The theory-driven framework and the methodological approach .....	70
Case Study Data.....	72
Model results .....	74
Policy implications for promoting sustainable development .....	80
Final remarks .....	81
References .....	82

<b>5 ARTIGO 3 - THE ECONOMIC IMPACT OF BUILT ENVIRONMENT BARRIERS AND INCENTIVES TO WALK: IMAGE RECOGNITION SUPPORT TO MEASURE WALKABILITY PREMIUM.....</b>	<b>83</b>
Abstract.....	85
Introduction .....	85
Case Study Data.....	87
Method and model framework .....	88
Results .....	90
Results discussion.....	94
Final remarks .....	95
References .....	96
<b>6 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>97</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>100</b>
<b>8 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO I: QUESTIONÁRIO DA PESQUISA DOMICILIAR.....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO III: MAPAS .....</b>	<b>123</b>
AIII.1 – Entrevistas.....	123
AIII.2 – Preços.....	124
AIII.3 – Escolas .....	125
AIII.4 – Transporte coletivo .....	126
AIII.5 – Comercio e serviços.....	127
AIII.6 – Áreas verdes.....	128
AIII.7 – Renda média do domicílio .....	129
AIII.8 – População.....	130
AIII.9 – Iluminação .....	131
AIII.10 – Pavimento .....	132
AIII.11 – Calçada .....	133
AIII.12 – Arborização.....	134
<b>ANEXO III: RELAÇÃO DE ARTIGOS DERIVADOS DA PESQUISA APRESENTADOS EM CONFERÊNCIAS .....</b>	<b>135</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Alterações no ambiente urbano impactam positiva ou negativamente a vida de quem mora ou circula pelo local modificado. Tais alterações demandam recursos financeiros públicos ou privados que, na realidade de países em desenvolvimento como o Brasil, são escassos e disputados. Devido às interferências no ambiente inerentes de qualquer projeto, novos empreendimentos urbanos precisam ser avaliados sob dois aspectos: (i) o impacto que causam em suas comunidades por meio de Estudos de Impacto de Vizinhança (EIV) e (ii) os benefícios de implantação mediante de análises custo-benefício (*Cost-benefits Analysis* – CBA) para garantir a otimização dos recursos dispendidos.

Do ponto de vista das análises operacionais, os EIV costumam ter como foco os impactos do aumento da circulação de veículos motorizados produzidos ou atraídos por novos empreendimentos. São usualmente avaliadas as mudanças nas capacidades das interseções o que desdobra em medidas mitigatórias e investimentos voltados a dar fluidez e melhorar a condição de deslocamento também desses usuários. Economicamente, nas análises CBA busca-se monetizar todas as externalidades provocadas pelo novo projeto após implantação e início da operação. Existem muitos estudos na literatura que buscam compreender os impactos das externalidades negativas (acidentes, congestionamentos, poluição etc.) e poucos das externalidades positivas de novos projetos urbanos. A maioria deles com foco na redução do tempo de viagem (BESLEY; JONES-LEE, 2006; CERVERO, 2011; MACKIE et al., 2013; ORTÚZAR; RIZZI, 2007; VIGREN; LJUNGBERG, 2018). Esses estudos analisam, sobretudo, impactos relacionados a modos motorizados de transportes, com o modo a pé usualmente negligenciado. No entanto, a inclusão do pedestre nessas análises, além de trazer à luz as demandas destes usuários, pode auxiliar na atração e na viabilidade de investimentos que aumentem a caminhabilidade.

A tradução conceitual de quão amigável é um bairro para os deslocamentos a pé, incluindo sua qualidade ambiental, sua condição de segurança e seu nível de conforto e conveniência, é conhecida como caminhabilidade. Esse conceito é amplamente discutido na literatura e diversos autores já se dedicaram a identificar quais elementos do ambiente urbano construído podem ser utilizados para mensurar a caminhabilidade. Cervero e Kockelman (CERVERO; KOCKELMAN, 1997), dois dos primeiros autores a abordar o tema, propuseram que o ambiente urbano construído impacta a caminhabilidade em três

dimensões conhecidas como “3Ds”; que foram posteriormente expandidas para sete dimensões, as “7Ds” (EWING; CERVERO, 2010a). São elas: densidade, diversidade, desenho urbano, distância dos sistemas de transporte, acessibilidade ao destino, gerenciamento de demanda e dados demográficos. Essa caracterização do ambiente é a mais utilizada por estudos da área, embora alguns autores tenham criado agrupamentos alternativos, como os “7Cs”: conectados, confortáveis, convenientes, conviviais, conspícuos, coexistência e comprometimento (MOURA; CAMBRA; GONÇALVES, 2017).

Sabe-se que bairros mais caminháveis possuem mais vivacidade, segurança e afetam positivamente o bem-estar e a qualidade de vida daqueles que residem nestas áreas (JAŚKIEWICZ; BESTA, 2014; VAN DEN BERG; SHARMEEN; WEIJS-PERRÉE, 2017). É possível esperar, portanto, que exista demanda por moradias nesses locais e que os indivíduos estejam dispostos a pagar mais para viver nestas áreas. A literatura internacional chama de “*walkability premium*” a valorização imobiliária esperada em imóveis localizados em áreas de alta caminhabilidade.. Os primeiros estudos sobre o tema foram publicados nos anos 2000 (BLIESNER; BOUTON; SCHULTZ, 2010; BOYLE; BARRILLEAUX; SCHELLER, 2014; CORTRIGHT, 2009; DUNCAN et al., 2011; PIVO; FISHER, 2009; RAUTERKUS; MILLER, 2011; WASHINGTON, 2013). Apesar de já transcorridos 10 anos, publicações recentes demonstram que o tópico ainda é assunto de discussões e ainda há espaço para explorar novas perspectivas que esses autores não abordaram, como aplicação em diferentes contextos e com distintas formas de mensurar a caminhabilidade (BEREITSCHAFT, 2019; GUO; PEETA; SOMENAHALLI, 2017; LI et al., 2020b; ZOLNIK, 2021).

Os estudos anteriormente mencionados que relacionam caminhabilidade do bairro com o preço de imóveis contribuíram para a percepção geral de que bairros mais caminháveis também são mais valorizados economicamente . No entanto, seus métodos, dados utilizados para mensurar a caminhabilidade e o contexto de aplicação das pesquisas não permitem que esses resultados sejam extrapolados para o contexto brasileiro e latino-americano. Ressalta-se que os estudos existentes foram prioritariamente realizados em cidades norte-americanas (GILDERBLOOM; RIGGS; MEARES, 2015; PIVO; FISHER, 2011; RAUTERKUS; MILLER, 2011; YENCHA, 2019) e asiáticas (FU et al., 2019; SHEN; KARIMI, 2017) e ainda não existem exemplos, com exceção dos derivados dessa pesquisa, aplicados para o contexto latino-americano. Sendo assim, é importante explorar diferentes realidades, visto que os dados sobre os índices do ambiente construído

geralmente variam conforme a região, restringindo a comparabilidade (HIRSCH et al., 2017; WENG et al., 2019). Ressalta-se, também, que para populações de baixa renda, as oportunidades de aquisição de um imóvel e de escolha do local de moradia são mais restritas devido às limitações financeiras desses indivíduos (CHENG; CHEN; YANG, 2016). Faltam na literatura estudos que tragam evidências sobre valorização imobiliária em bairros mais caminháveis também neste contexto.

O ambiente urbano construído em bairros periféricos e de baixa renda nas cidades latino-americanas possui características próprias, devido ao padrão de urbanização desordenado e à falta de infraestrutura ou à baixa qualidade dos elementos existentes (CERVERO, 2013; CERVERO et al., 2009). Outros fatores, como a falta de segurança pública e as altas taxas de criminalidade, trazem diferentes níveis de complexidade aos modelos. Estes atributos subjetivos que também são utilizados para explicar a caminhabilidade do bairro precisam ser determinados através da percepção dos indivíduos, onde fatores sociodemográficos e socioeconômicos podem ser decisivos na mediação das escolhas, especialmente em estudos sobre pedestres.

Pedestres são mais suscetíveis à influência do ambiente devido à forma de experienciar a rua ser distinta de outros usuários (MA; CAO, 2019). A baixa velocidade dos deslocamentos torna-os mais expostos à influência do ambiente e, por isso, é importante avaliar as características do ambiente construído no âmbito da rua. Apesar disso, caminhabilidade do bairro é tradicionalmente descrita usando elementos do ambiente construído em macro e mesoescala no âmbito da cidade, como características do uso do solo, densidades e topografia ou elementos de microescala, como o desenho viário e componentes de calçadas (JUN; HUR, 2015; LARRAÑAGA et al., 2014a; LESLIE et al., 2007; LUCCHESI; URIARTE; CYBIS, 2017; MOURA; CAMBRA; GONÇALVES, 2017). Uma revisão de 10 anos de estudos publicados sobre caminhabilidade realizada em 2019 (ARELLANA et al., 2019) demonstrou que somente 14% dos estudos utilizam dados de microescala para calcular índices de caminhabilidade.

Na última década, estudos vêm aplicando novas técnicas para a obtenção de dados da infraestrutura urbana em microescala. Muitas dessas técnicas baseiam-se na disponibilidade de imagens 360 graus de alta resolução coletadas mundialmente. As imagens coletadas pelo *Google Street View* são um exemplo de informação disponível com alto potencial de identificação de elementos, especialmente dados de microescala, como presença de calçadas, arborização etc.

Uma primeira abordagem para o uso dessas imagens são as auditorias virtuais, em que um auditor pode avaliar os elementos urbanos com base na visualização das imagens, sem a necessidade de estar fisicamente presente no lugar avaliado. As chamadas auditorias de escritório provaram ser uma ferramenta confiável para avaliação de elementos do ambiente construído (CLARKE et al., 2010; GRIEW et al., 2013). No entanto, essa forma de avaliação não altera o tempo necessário para a coleta dos dados e não elimina as subjetividades inerentes ao processo, como, por exemplo, quando é necessário utilizar mais de um avaliador.

Buscando formas de automatização, a comunidade científica vem estudando o uso da tecnologia de *Machine Learning* aliadas a técnicas de reconhecimento de imagem. O uso de *Machine Learning* para avaliar o ambiente urbano é possível devido também à disponibilidade de imagens de alta resolução (LIU et al., 2016). Do ponto de vista da qualidade da informação para os estudos envolvendo ambiente construído e especialmente estudos sobre caminhabilidade, essas fontes de dados são importantes por dois motivos. Primeiro, a coleta ocorre de maneira contínua, ou seja, há dados ininterruptos ao longo da via. Segundo, captam imagens semelhantes às que os pedestres visualizariam ao caminhar pela via (ANDERSON, 2017; YIN et al., 2015a).

Esta tese, portanto, alinha técnicas confirmatórias multivariadas e diferentes formas de coleta e processamento de dados para verificar se os efeitos da caminhabilidade nos preços dos imóveis também é identificado no contexto das cidades latino-americanas, especialmente em bairros de baixa renda. O estudo ainda busca trazer diferentes perspectivas à abordagem tradicional por meio da utilização de dados processados via reconhecimento de imagem, que podem preencher as lacunas dos poucos dados disponíveis sobre a infraestrutura das cidades brasileiras. Na era das *smart cities* e *big data*, propõe-se avaliar como dados coletados e interpretados de maneira automática podem ser usados para nortear políticas públicas e decisões de mercado em estudos com pedestres.

As principais contribuições do trabalho referem-se à abordagem teórica, metodológica e à discussão dos estudos de caso. Quanto à abordagem teórica, ressaltam-se as percepções como mediadoras do efeito do ambiente construído no preço. Esse enfoque ainda não foi proposto por nenhum outro estudo, cuja forma tradicional é a avaliação do efeito direto de medidas observáveis no valor de venda dos imóveis. Ainda, são avaliados efeitos de moderação do efeito da caminhabilidade no preço e as correlações espaciais. Do ponto de vista metodológico resalta-se a utilização de equações

estruturais multigrupos que, além de possibilitarem a comparação das áreas de estudo, permitem a inserção de conceitos imensuráveis subjetivos, que demonstraram ser essenciais nas análises desses estudos. Autores usualmente recorrem a equações de regressão logística para estudos similares (BEREITSCHAFT, 2019; GILDERBLOOM; RIGGS; MEARES, 2015; GUO; PEETA; SOMENAHALLI, 2017). A exploração do uso de algoritmos de reconhecimento de imagem também se apresenta como uma contribuição metodológica do trabalho. Por fim, ressalta-se a apresentação e discussão dos resultados dos dois estudos inclusos na análise, duas áreas em bairros de baixa renda nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, que colaboram para ampliar as evidências sobre o fenômeno estudado.

### **1.1 Tema e objetivos da tese**

O tema de pesquisa desta tese abrange as áreas de economia dos transportes e transporte não motorizado. O objetivo principal da tese é demonstrar que indivíduos estão dispostos a pagar mais para viver em áreas mais amigáveis aos deslocamentos a pé em bairros de baixa renda do contexto brasileiro. Os objetivos secundários são apresentados a seguir, indicando os artigos da tese nos quais esses objetivos são atendidos. A estruturação dos artigos está apresentada de forma detalhada no item 1.4.

- a) Mensurar a relação entre as percepções de segurança pública e a satisfação com a vida e a percepção de caminhabilidade (artigos 1, 2 e 3);
- b) discutir a diferença entre o contexto socioeconômico dos dois casos de estudo inclusos na pesquisa, a fim de explorar os impactos locais (artigos 1, 2 e 3);
- c) aventar implicações para políticas públicas que potencializem os efeitos benéficos da valorização imobiliária e que minimizem os seus efeitos colaterais (artigos 1, 2 e 3);
- d) quantificar os efeitos moderadores da relação entre caminhabilidade e preço (artigo 1);
- e) avaliar se a percepção da caminhabilidade atua como mediadora do impacto das características do ambiente construído nos valores imobiliários (artigos 2 e 3);
- f) testar a aplicação de *Machine Learning* para reconhecimento de imagens como forma de qualificar dados do ambiente urbano construído para estudos com pedestres (artigo 3).

## 1.2 Justificativa

Esta pesquisa justifica-se devido a suas contribuições metodológicas, teóricas e práticas à literatura existente. Como contribuição metodológica, menciona-se a estimativa de modelos de equações estruturais para multigrupos, a qual ainda não foi utilizada para avaliação do efeito da caminhabilidade no valor dos imóveis. Esta abordagem permite considerar as inter-relações e a medição de efeitos indiretos entre as variáveis medidas e os construtos latentes, assim como entre as variáveis latentes que representam a teoria proposta. A avaliação multigrupo permite discutir as diferenças entre as áreas de estudos baseadas nos resultados de significância estatística, validando a teoria proposta em duas áreas de estudo nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro.

Como contribuição teórica destaca-se a representatividade da caminhabilidade por meio das percepções dos indivíduos residentes no bairro. A maioria dos estudos que medem essa relação usam dados medidos do ambiente urbano construído. No entanto, as percepções mediam o comportamento individual relativo a viagens (ADKINS et al., 2017) e, pela teoria da racionalidade limitada da incompletude da informação (SIMON, 1955), as percepções devem mediar qualquer processo de tomada de decisão, incluindo a compra de um imóvel. As percepções são ainda mais importantes no contexto latino-americano, em que há falta de dados medidos disponíveis sobre o ambiente urbano construído.

Essa falta de dados é ainda mais evidente quando se buscam dados urbanos em microescala. Nesse contexto, a adoção de técnicas de reconhecimento de imagem busca trazer alternativas à coleta de dados tradicional. O uso de imagens coletadas na via traz a perspectiva da visão do pedestre ao caminhar e é uma oportunidade para avaliação contínua do ambiente urbano na era do *big data* e das *smart cities*.

Por fim, como contribuição prática, destaca-se a avaliação do efeito no contexto urbano brasileiro. Identificar e quantificar as diferenças entre os grupos socioeconômicos pesquisados e as realidades diferentes de cada cidade contribui para o planejamento urbano e de transporte. A avaliação desses efeitos pode ser usada como insumo para o planejamento de políticas de promoção de modos sustentáveis de transporte e políticas habitacionais que promovam o acesso das populações vulneráveis a regiões que promovam os deslocamentos a pé.

De forma prática, os resultados desta pesquisa podem auxiliar o poder público a angariar mais recursos para alterações urbanas que favoreçam os modos não motorizados

de transporte, assim como para empresas privadas advogarem para realizar medidas compensatórias de seus empreendimentos que contribuam para aumentar a caminhabilidade do bairro. Ao destinar medidas compensatórias de estudos de impactos de tráfego para melhoria no espaço público que melhorem a caminhabilidade do bairro, além de beneficiar aos usuários e à comunidade local, podem reverter recursos aos investidores. Ainda, podem ajudar a identificar potenciais locais de valorização imobiliária, mapeando os efeitos positivos e negativos para a comunidade local. É esperado que o aumento do preço dos imóveis dispare processos de gentrificação. Sendo assim, os resultados deste estudo podem reforçar a necessidade de aliar ações de revitalização urbana com políticas de habitação para garantir moradias mais acessíveis à população.

### **1.3 Hipóteses da tese**

Este trabalho possui 5 hipóteses principais. São elas:

H1: Imóveis localizados em bairros percebidos como mais caminháveis são mais valorizados financeiramente.

H2: As percepções de segurança pública e a satisfação com a vida afetam a percepção de caminhabilidade.

H3: A valorização dos imóveis atrelada a caminhabilidade pode ser distinta dependendo da predisposição dos indivíduos a caminhar ou da quantidade de ofertas de imóveis no local.

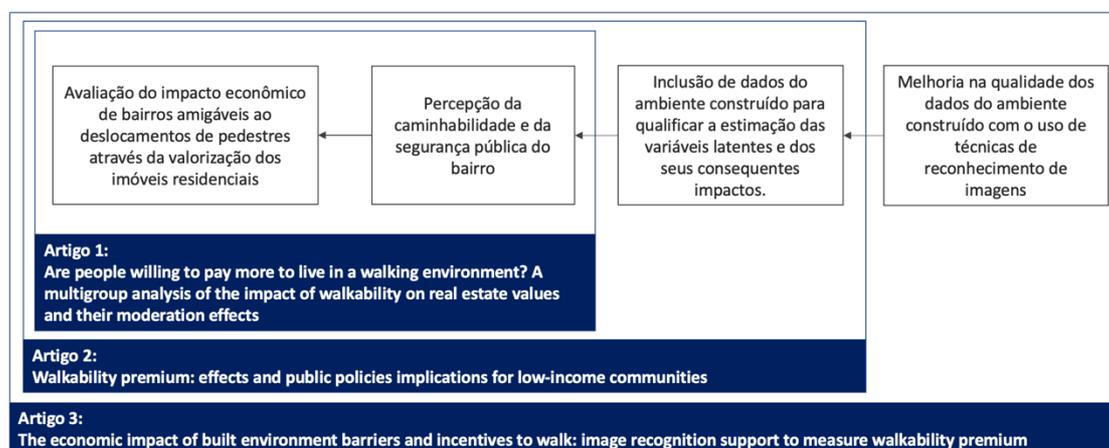
H4: A percepção da caminhabilidade media o efeito das características físicas do ambiente construído no preço.

H5: Técnicas de reconhecimento de imagem podem auxiliar na representação do ambiente urbano construído, visto a falta de dados em micro escala disponíveis.

### **1.4 Estrutura da tese**

Após esta introdução, que apresenta o delineamento e as informações relevantes para entender o contexto geral da pesquisa, são apresentados os procedimentos metodológicos que norteiam a tese. Na sequência serão apresentados os três artigos e seus principais resultados. A Figura 1 apresenta a estrutura da tese, mostrando as adições em

termos de melhoria da qualidade dos dados em cada estágio e os artigos que apresentam os resultados de cada etapa.



**Figura 1:** Estrutura dos artigos que compõem a tese. Fonte: A autora.

A Seção 3 apresenta o artigo 1 intitulado “**Are people willing to pay more to live in a walking environment? A multigroup analysis of the impact of walkability on real estate values and their moderation effects**”. Este artigo foi publicado *no Journal of Research in Transportation Economics*. Um recorte do artigo foi apresentado na conferência *Transportation Research Board (TRB) 99th Annual Meeting*.

No artigo 1 é desenvolvido o modelo principal de avaliação do impacto da caminhabilidade percebida do bairro no preço de oferta dos imóveis residenciais. O modelo de equações estruturais é utilizado nesse artigo para construir a variável latente que representa os conceitos de caminhabilidade, segurança pública e qualidade de vida e para avaliar as relações exógenas e endógenas entre latentes, seus fatores e a variável resposta. Aliadas aos modelos de equações estruturais (*Structural Equation Models – SEM*), foram utilizadas técnicas de análise multigrupo para identificar como essas relações diferem entre as duas cidades do estudo de caso que possuem condições socioeconômicas distintas. Esse artigo, ainda, apresenta uma análise inédita na avaliação do efeito da caminhabilidade no mercado imobiliário incorporando efeitos moderadores nessa relação.

Já a Seção 4, apresenta o artigo 2 intitulado “**Walkability premium: effects and public policies implications for low-income communities**”. Este artigo foi submetido e está em revisão no *International Journal of Sustainable Transportation*.

No artigo 2 são incluídos dados do ambiente construído, buscando reforçar a composição das variáveis latentes e de avaliar o efeito de mediação das percepções. Nessa

etapa, são incorporados no modelo dados provenientes das prefeituras municipais, do censo demográfico e dados abertos disponíveis em outras plataformas. O modelo resultante dessa etapa, ainda, busca lidar com as correlações espaciais inerentes aos dados imobiliários.

Na Seção 5 está apresentado o artigo 3 intitulado “**The economic impact of built environment barriers and incentives to walk: image recognition support to measure walkability premium**”. Uma adaptação deste artigo foi aprovada e será apresentada na conferência ao *Transportation Research Board (TRB) 101th Annual Meeting* que ocorrerá em 2022. .

O artigo 3 busca uma alternativa à coleta aos dados do ambiente urbano construído utilizando técnicas de *Machine Learning* e reconhecimento de imagens. Nessa etapa, os dados tradicionais do ambiente urbano construído são substituídos por dados em microescala do ambiente urbano, processados por meio de um algoritmo de reconhecimento de imagens. As variáveis produzidas são agrupadas para representar típicas cenas urbanas conhecidas como incentivar ou desincentivar os deslocamentos a pé. O artigo, portanto, objetiva avaliar o impacto econômico, com base nos preços dos imóveis, de áreas urbanas que representam incentivos ou barreiras à caminhada no contexto de baixa renda da área de estudo.

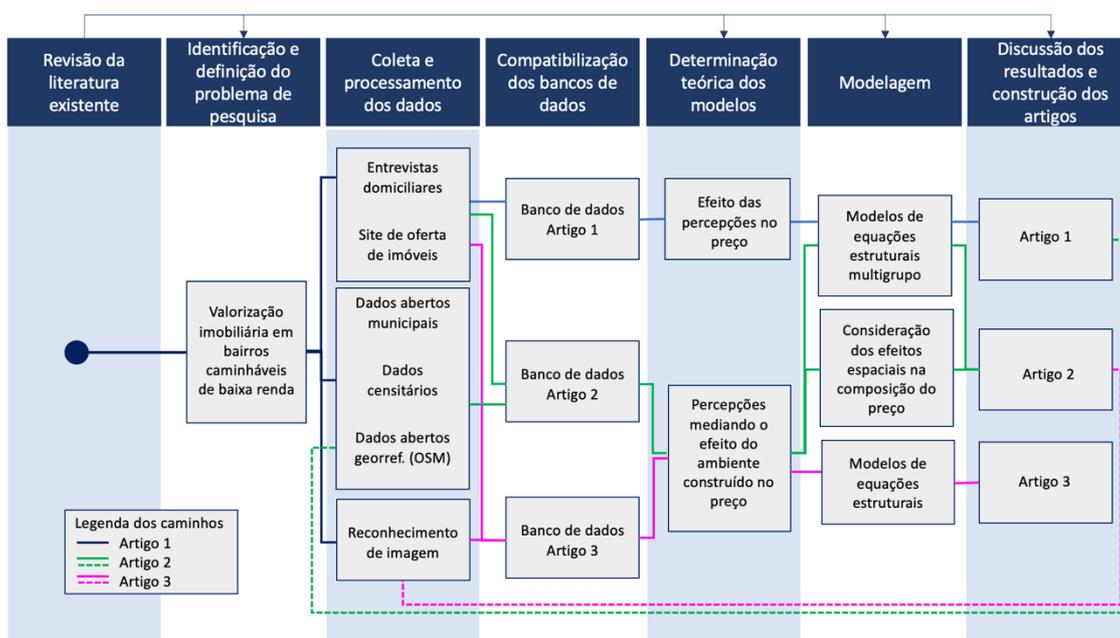
Por fim, a Seção 6 apresenta as recomendações para trabalhos futuros com base nas limitações da análise identificadas ao longo de todo o processo e, a Seção 7 as considerações finais.

## 2 MATERIAIS E MÉTODO

A pesquisa realizada por este trabalho segue uma abordagem quantitativa. Em relação à natureza, pode ser classificada como pesquisa aplicada, pois possibilita gerar conhecimentos para aplicação dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo interesses locais. Quanto aos seus objetivos, pode ser classificada como pesquisa exploratória- estudo de caso, pois busca proporcionar maior familiaridade com o problema envolvendo o estudo de um objeto de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento e discutindo as implicações da aplicação teórica na realidade prática. Quanto aos procedimentos, também pode ser classificada como estudo de caso (COELHO, 2019; MIGUEL, 2010). Nesta pesquisa, as relações entre as percepções da caminhabilidade do bairro e os preços dos imóveis são exploradas nas áreas estudadas.

### 2.1 Etapas de desenvolvimento da pesquisa

O desenvolvimento desta pesquisa foi realizado através de 7 etapas subsequentes conforme fluxograma apresentado na Figura 2.



**Figura 2:** Fluxograma de etapas do desenvolvimento da tese. Fonte: A autora.

A primeira etapa trata da revisão da literatura existente. Esta etapa é desenvolvida durante toda a tese, visto que a literatura base foi constantemente atualizada ao longo da pesquisa. No entanto, em uma etapa inicial a revisão da literatura deu suporte à identificação das lacunas na literatura que permitiram a identificação do problema de

pesquisa. A falta de estudos com aplicações do conceito de “*walkability premium*” em comunidades de baixa renda e em cidades Latino-Americanas nortearam o desenvolvimento dos objetivos da tese.

Após estabelecido o problema de pesquisa, buscou-se identificar as informações necessárias e as melhores fontes para obtenção dos dados. Ao todo, foram utilizadas seis fontes de dados distintas no desenvolvimento da pesquisa, que serão descritas em mais detalhes no item 2.3. Sendo assim, uma etapa de compatibilização dos dados foi necessária para a preparação dos bancos de dados utilizados nas análises de cada artigo. O processo de compatibilização é descrito no item 2.3.6.

Na etapa seguinte, determinação teórica dos modelos, é construída a estrutura de inter-relações que se pretende testar com base nos objetivos da tese. A estrutura é baseada em evidências científicas, e busca auxiliar a responder às questões de pesquisa propostas, e portanto, a alcançar os objetivos do trabalho. Essa estrutura é representada por um diagrama de caminhos em que as setas apresentam a direção das relações de causa e efeito que se desejam avaliar (HAIR et al., 2017). É possível encontrar a apresentação da estrutura teórica geral no item 2.2.

Definida a estrutura teórica, parte-se para a estimação dos modelos. Nesta pesquisa foi utilizado o *software* MPlus versão 8.2. O *software* é desenvolvido para estimação de variáveis latentes permitindo diferentes arranjos estatísticos e tipos de variáveis (MUTHÉN; MUTHÉN, 2017). Nos dois primeiros artigos foram utilizadas equações estruturais do tipo multigrupo que permitem, além da estimação das relações causais, a verificação se a magnitude dessas relações é invariável entre os grupos. O segundo artigo ainda considera os feitos espaciais na construção do preço. Já o terceiro artigo, por utilizar dados de somente uma cidade, estima modelos de equações estruturais sem as análises multigrupo.

Com base nos resultados da estimação, e a discussão dos resultados presente em cada artigo, é realizada uma reavaliação da necessidade de alterações na estrutura da teoria testada e novas possibilidades de relações entre variáveis a serem estimadas, que demandaram novas coletas de dados.

## 2.2 Estruturas teóricas avaliadas

A estrutura teórica avaliada é representada pelo diagrama de caminhos conceitual apresentado na Figura 3. De forma geral, busca-se avaliar a valorização imobiliária de locais com maior caminhabilidade.



**Figura 3:** Diagrama de caminhos da estrutura modelada. Fonte: A autora.

A caminhabilidade é descrita pelos seus componentes objetivos e subjetivos. O componente objetivo refere-se às características medidas do ambiente urbano construído avaliada mediante dados secundários e observações de campo. Essas são soluções para obtenção de dados já utilizadas por outros autores (ARELLANA et al., 2019; GULLÓN et al., 2015). Por outro lado, o componente subjetivo trata de avaliar os atributos do ambiente construído através de respostas perceptivas (CERIN et al., 2007; EWING; HANDY, 2009; TRIBBY et al., 2016).

Primeiramente foi testada a avaliação somente dos componentes subjetivos no preço (Artigo 1). No entanto, apesar de as percepções terem se mostrado fundamentais para o impacto da caminhabilidade no preço dos imóveis residenciais, do ponto de vista de implicações práticas dos resultados da pesquisa, o campo de ação das políticas públicas é sobre o ambiente construído e somente alterações nele podem ter impacto nas percepções. Sendo assim, surgiu a necessidade de incorporar também o componente objetivo da caminhabilidade (Artigos 2 e 3).

A incorporação do componente objetivo elevou as percepções a posição de mediadores do efeito do ambiente urbano caminhável no preço dos imóveis. O efeito de medição das percepções para o comportamento associado à viagem é amplamente discutido na literatura, sendo os principais resultados descritos por Ma e Cao (2019). Os autores destacam que as percepções são cruciais para ciclistas e pedestres, dado que estes

estão mais expostos ao ambiente construído, enquanto os usuários de automóveis podem estar mais desconectados de seus arredores devido à velocidade e a própria tarefa de dirigir. No entanto, as percepções podem mediar não apenas o comportamento relativo à viagem, mas qualquer processo de tomada de decisão, como a compra de um imóvel.

Sendo assim, obtém-se a estrutura de inter-relações apresentada na Figura 3, onde o efeito das características objetivas do ambiente urbano construído que favorecem a caminhada são interpretadas e percebidas pelos indivíduos para depois atuar como contribuição na formação dos preços dos imóveis residenciais. A formação do preço, por sua vez, baseia-se na teoria dos preços hedônicos (ROSEN, 1974), que diz que o preço de um bem é formado pela contribuição dos múltiplos atributos desse bem. Os indivíduos, portanto, tentam maximizar as utilidades dos atributos presentes na “cesta” de atributos. O que se pretende com esta pesquisa é identificar se existe contribuição na formação do preço dos atributos relativos à localização, e nesse caso, localização essa que favorece os deslocamentos a pé.

Devido às características imensuráveis de alguns conceitos que fazem parte do modelo (ex: caminhabilidade, segurança pública, qualidade de vida), optou-se por representá-los através de variáveis latentes. Variáveis latentes também foram utilizadas para agrupar as características mensuráveis do ambiente urbano construído. Sendo assim, optou-se por utilizar modelos de equações estruturais. Ainda, quando algumas relações causais são testadas em mais de um grupo ou população, pode-se questionar se as mesmas relações causais se mantêm nos diferentes grupos (WANG; WANG, 2012). A avaliação estatística da invariabilidade das relações entre grupos dá-se por um tipo especial de construção dos modelos de equações estruturais, chamado equações estruturais multigrupos.

### **2.2.1 Equações estruturais multigrupo**

Os modelos de equações estruturais (SEM) foram utilizados para quantificar a estrutura de inter-relações entre variáveis latentes e entre latentes e seus fatores nos modelos propostos. A técnica SEM foi utilizada visto que desejava-se estimar relações de dependência múltiplas através de um único modelo. Modelos de equações estruturais também permitem representar variáveis que não são facilmente medidas (não-observáveis) e possuem várias dimensões, mas que estão presentes nas relações de dependência que se deseja estimar (WANG; WANG, 2012). Este é o caso dos conceitos

utilizados de caminhabilidade, segurança pública e qualidade de vida. Isso só é possível devido à combinação de equações que representam o modelo de mensuração e o modelo estrutural em um sistema de equações.

A forma geral da equação estrutural (1) e da equação de mensuração (2) podem ser expressas como:

$$\eta = B\eta + \Gamma X + \zeta \quad (1)$$

$$y = \Lambda\eta + \varepsilon \quad (2)$$

Onde  $\eta$  é um vetor ( $M \times 1$ ) da variável latente e  $X$  é um vetor ( $K \times 1$ ) dos valores observados para as variáveis exógenas, que representam as múltiplas causas avaliadas. A matriz  $\Gamma$  ( $M \times K$ ) contém os coeficientes da regressão que se deseja descobrir. Na equação (2),  $y$  é um vetor ( $P \times 1$ ) dos indicadores observados de  $\eta$ , e  $\Lambda$  é a matriz ( $P \times M$ ) das cargas fatoriais. Os erros estruturais  $\zeta$  ( $M \times 1$ ) e de mensuração  $\varepsilon$  ( $P \times 1$ ) são normalmente distribuídos e mutualmente independentes.

Tendo em vista que a maioria dos indicadores da pesquisa são categóricos, foi necessário utilizar uma função de estimação que considere as características dessas variáveis. O *software* MPLUS, utilizado neste estudo, usa o estimador de mínimos quadrados ponderados robustos ajustados pela média e variância (WLSMV - *Mean and variance adjusted weighted least squares*). Esse estimador utiliza estimativas de parâmetros mínimos quadrados ponderados usando uma matriz de pesos diagonal com erros padrão e estatística de teste qui-quadrado ajustado por média e variância (HAIR et al., 2017). A função do estimador é descrita por:

$$F_{WLSMV} = [S - \sigma(\theta)]W_D^{-1}[S - \sigma(\theta)] \quad (3)$$

Onde  $S$  é a matriz de covariância da policrônica da amostra que supõe uma distribuição contínua para os indicadores discretos.  $\sigma(\theta)$  é a matriz de covariância estimada para o modelo e  $W$  é a matriz diagonal dos pesos (LI, 2016). O objetivo é minimizar os valores da função através de um processo iterativo (LEÓN, 2011).

Os parâmetros de ajustes do modelo são avaliados usando indicadores de ajustes recomendados por Steiger (2016) e Bentler e Bonett (1980). Nos modelos testados neste estudo, são avaliadas medidas de ajuste absolutas e medidas de ajuste parcimoniosas. Como medida de ajuste absoluta é utilizada a Raiz do erro quadrático médio de aproximação (RMSEA - *root mean square error of approximation*), onde são aceitos valores menores que 0,08 (SCHUMACKER; LOMAX, 2010). Para avaliar a medida de ajuste parcimoniosa foi utilizado o Índice de ajuste comparativo (CFI - *comparative fit*

*index*), com valores que variam de 0 a 1, sendo aceitos como bons ajustes valores maiores que 0,90 (SASS; SCHMITT, 2013).

A descrição anterior é válida para qualquer modelo de equações estruturais. No entanto, os modelos multigrupos necessitam de especificações e procedimentos adicionais para garantir a possibilidade de comparação entre grupos. Sendo assim, para conduzir análises multigrupo é necessário que todos os grupos tenham o mesmo diagrama de caminhos e, então, são restringidos os parâmetros nos diferentes grupos para testar sua invariância (BYRNE; SHAVELSON; MUTHEN, 1989).

O interesse deste estudo está em medir as invariâncias das cargas estruturais (relação entre as variáveis latentes). Devido a isso, para garantir a invariância de medida, os fatores ( $\xi, \eta$ ) e suas cargas ( $\Lambda_1, \Lambda_2$ ), foram mantidos fixos entre grupos. A invariância estrutural foi testada através da invariância da covariância. Uma covariância invariável implica que o relacionamento não padronizado permaneça inalterado para ambos os grupos (MUTHÉN; MUTHÉN, 2010a). As médias dos fatores e a variação dos fatores foram fixadas em zero e um, respectivamente, para fins de identificação.

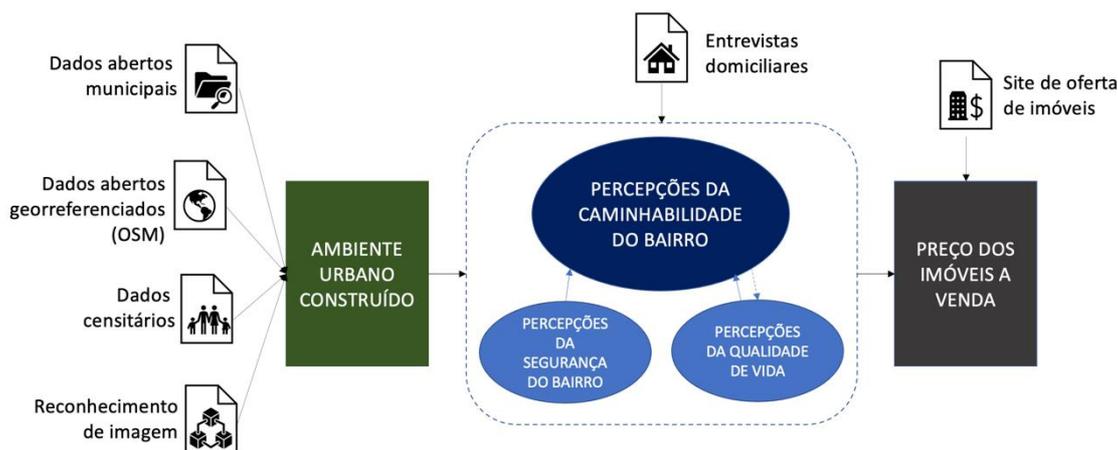
A hipótese nula para essas análises é que os fatores têm igual variância entre os grupos. Sendo assim, rejeitar a hipótese nula significa atestar que os fatores variam de forma diferentes entre os grupos e isso afeta as relações estruturais (ASPAROUHOV; MUTHEN, 2006). Devido à utilização do *software* MPLUS, as hipóteses nulas foram testadas utilizando comparações de modelos aninhados (*nested models*) através do comando DiffTest (CHEN, 2007; SASS; SCHMITT, 2013b). O método de análise de invariância DiffTest é utilizado quando as variáveis são categóricas e é necessário realizar estatísticas qui-quadrado ajustadas por média e variância para avaliar invariância, tal como no estimador. Valores-p maiores que 0,05 significam que conseguimos garantir invariabilidade. Para os indicadores de ajuste do modelo, variações menores que 0,01 entre os modelos aninhados também são indicadores de invariância (ASPAROUHOV; MUTHEN, 2012).

### **2.3 Dados**

Este trabalho usa como área de estudo bairros de baixa renda de duas cidades brasileiras: São Paulo (SP) e Rio de Janeiro (RJ). O conjunto de dados utilizados é proveniente de 5 fontes distintas: (i) pesquisa domiciliar sobre nível de atividade física; (ii) dados socioeconômicos dos setores censitários das áreas de estudo; (iii) dados abertos

sobre a infraestrutura urbana e sistemas de transportes provenientes das prefeituras municipais e de plataformas de dados geográficos das cidades investigadas; (iv) imagens viárias coletadas através do *Google Street View API*; e (v) coleta de preços de oferta de imóveis residenciais publicadas em um site de ofertas imobiliárias.

A Figura 4 ilustra como as bases de dados são utilizadas para construção do modelo teórico. Cada fonte de dados é descrita nos subitens abaixo, assim como as estatísticas descritivas das variáveis produzidas a partir de cada conjunto de dados.



**Figura 4:** Fontes de dados para os elementos modelados. Fonte: A autora.

O Anexo II complementa a informação deste capítulo com mapas que auxiliam a visualização e entendimento dos dados utilizados.

### 2.3.1 Pesquisa domiciliar sobre nível de atividade física

Unidade de análise: indivíduos entrevistados.

A pesquisa domiciliar originalmente contava com 3.000 entrevistados para a cidade do Rio de Janeiro e 2.300 entrevistas para a cidade de São Paulo. Após análise do banco de dados e georreferenciamento dos endereços, ao final, foram possíveis georreferenciar endereços de 2.045 indivíduos no Rio de Janeiro (RJ) e 1.908 em São Paulo (SP). O número de entrevistados foi estabelecido considerando um nível de confiança de 95,5%, e erro amostral máximo é de 1,8%. A pesquisa foi planejada e executada pelo WRI Brasil Cidades Sustentáveis sendo permitido seu uso para a autora desta tese. A área de estudo encontra-se no entorno de corredores de transporte de alta capacidade (BRT – RJ e metro – SP). No entanto, visto que as entrevistas estão igualmente distribuídas ao longo dos corredores, é possível dizer que a influência do acesso ao sistema de transporte é minimamente igual para todos os respondentes.

Os entrevistados incluem homens e mulheres com idades entre 18 e 70 anos que tenham residido nas áreas de estudos por mais de um ano. O questionário da pesquisa buscava coletar informações sobre os modos de transportes utilizados e o nível de atividade física no lazer ou nos deslocamentos diários, além de avaliar a percepção dos respondentes quanto ao ambiente do bairro, à condição de segurança pública e à qualidade de vida. Os respondentes deveriam responder perguntas como “As ruas do seu bairro têm subidas e descidas que dificultam caminhar ou andar de bicicleta?”. Os respondentes deveriam indicar suas respostas em uma escala de 1 a 4, onde 1 representava “discorda completamente” e quatro “concorda completamente”. As perguntas relacionadas à satisfação, como, por exemplo “Você está satisfeito com suas condições de moradia?” tinham como possibilidade de resposta uma escala de 1 a 5, onde 1 representava “muito insatisfeito” e 5 “muito satisfeito”.

As variáveis provenientes das pesquisas foram utilizadas nas suas formas originalmente coletadas, sejam categóricas ou contínuas. A única exceção é a variável que representa a frequência de caminhada. Essa variável foi transformada em uma variável binária para utilização no artigo 1. No artigo, os indivíduos são divididos em dois grupos: aqueles que caminham quase todos os dias (quatro dias ou mais) e aqueles que caminham pouco (três dias ou menos). A transformação permitiu considerar as existências de fenômenos de *self-selection*, onde indivíduos escolhem as localizações de residência baseadas nas suas necessidades e preferências de viagem.

Cada entrevista coletada é utilizada neste estudo como uma unidade básica de análise, ou seja, cada linha do banco de dados utilizado no modelo representa um respondente. O questionário completo está apresentado no Anexo I e a Tabela 1 apresenta a estatística descritiva de cada variável proveniente da pesquisa utilizada neste estudo.

Tabela 1 - Variáveis obtidas na pesquisa domiciliar.

Variável	Tipo	Pergunta do questionário	Limites	Média. Desvio pad. ou Frequência relativa (%)
Idade	Contin.	Qual a sua idade?	18-70 anos	SP: 40.61, 15.93 RJ: 21.00, 16.47
Tempo de residência	Contin.	Há quanto tempo você vive neste bairro?	1-70 anos	SP: 20,76, 14,23 RJ: 17,23, 13,97
Sexo	Categ.	Sexo	1 ou 2 <sup>1</sup>	SP: 46%, 54% RJ: 47%, 53%

---

<sup>1</sup> Sendo 1 para sexo masculino e 2 para sexo feminino.

Variável	Tipo	Pergunta do questionário	Limites	Média. Desvio pad. ou Frequência relativa (%)
Grau de instrução	Categ.	Qual o seu grau de instrução?	1 a 8 <sup>2</sup>	SP: 1%, 7%, 10%, 10%, 40%, 12%, 19%, 1% RJ: 0%, 4%, 13%, 10%, 56%, 9%, 8%, 0%
Frequência de caminhada	Categ.	Em quantos dias na semana você faz caminhada como meio de deslocamento para ir até o trabalho, escola, faculdade etc.?	0 a 7 dias	SP: 69%, 1%, 3%, 4%, 1%, 15%, 2%, 4% RJ: 36%, 2%, 4%, 4%, 4%, 36%, 12%, 2%
Disponibilidade de automóvel	Binária	Existe algum automóvel disponível para o seu uso, mesmo que seja para uso de vez em quando?	0 ou 1 <sup>3</sup>	SP: 44%, 56% RJ: 69%, 31%
Segurança de dia	Categ.	É seguro caminhar ou andar de bicicleta durante o dia no seu bairro.	1 a 4 <sup>4</sup>	SP: 06%, 15%, 46%, 33% RJ: 28%, 29%, 38%, 11%
Segurança a noite	Categ.	É seguro caminhar ou andar de bicicleta durante a noite no seu bairro.	1 a 4 <sup>4</sup>	SP: 18%, 17%, 46%, 19% RJ: 58%, 42%, 18%, 04%
Segurança no transporte	Categ.	É seguro embarcar ou desembarcar do transporte público no seu bairro.	1 a 4 <sup>4</sup>	SP: 04%, 15%, 43%, 38% RJ: 22%, 33%, 39%, 10%
Segurança no parque	Categ.	É seguro frequentar os parques, praças ou locais de recreação públicos em seu bairro.	1 a 4 <sup>4</sup>	SP: 05%, 15%, 47%, 33% SP: 31%, 38%, 47%, 33%
Iluminação noturna	Categ.	As ruas do seu bairro são bem iluminadas à noite.	1 a 4 <sup>4</sup>	SP: 10%, 16%, 36%, 38% RJ: 29%, 33%, 32%, 13%
Crimes	Categ.	Existem muitos crimes no seu bairro.	1 a 4 <sup>4</sup>	SP: 39%, 17%, 24%, 20% RJ: 05%, 18%, 46%, 32%
Facilidade para atravessar a rua	Categ.	Existem faixas, sinais ou passarelas que facilitam a travessia das ruas movimentadas do seu bairro.	1 a 4 <sup>4</sup>	SP: 08%, 16%, 49%, 27% RJ: 18%, 32%, 40%, 12%
Construções bonitas no caminho	Categ.	Existem muitas construções/casas bonitas no seu bairro.	1 a 4 <sup>4</sup>	SP: 04%, 16%, 43%, 37% RJ: 22%, 31%, 36%, 14%
Coisas interessantes no caminho	Categ.	Quando você caminha ou anda de bicicleta no seu bairro encontra muitas coisas interessantes para ver.	1 a 4 <sup>4</sup>	SP: 9%, 26%, 38%, 27% RJ: 15%, 34%, 34%, 16%
Caminhos alternativos	Categ.	Existem caminhos alternativos que você possa usar para ir de um lugar para outro no seu bairro.	1 a 4 <sup>4</sup>	SP: 4%, 12%, 40%, 44% RJ: 7%, 20%, 36%, 37%
Declividades	Categ.	As ruas do seu bairro têm subidas e descidas que dificultam caminhar ou andar de bicicleta.	1 a 4 <sup>4</sup>	SP: 26%, 16%, 31%, 26% RJ: 18%, 25%, 32%, 39%
Facilidade de caminhar	Categ.	É fácil caminhar da sua casa até um ponto ou estação de transporte público (ônibus, trem ou metrô), mais próximo.	1 a 4 <sup>4</sup>	SP: 08%, 15%, 32%, 45% RJ: 02%, 10%, 47%, 40%
Satisfação com a qualidade das calçadas	Categ.	Você está satisfeito com a qualidade das calçadas em seu bairro?	1 a 4 <sup>5</sup>	SP: 08%, 15%, 32%, 45% RJ: 02%, 10%, 47%, 40%
Satisfação com o acesso ao comércio	Categ.	Você está satisfeito com o acesso ao comércio no seu bairro?	1 a 4 <sup>5</sup>	SP: 04%, 15%, 55%, 26% RJ: 04%, 09%, 57%, 29%

<sup>2</sup> Sendo 1 para o mais baixo grau a 8 para o mais alto grau.

<sup>3</sup> Sendo 0 respostas iguais a 'Não' e 1 para respostas iguais a 'Sim'.

<sup>4</sup> Sendo 1 igual a 'discordo completamente' e 4 igual a 'concordo completamente'.

<sup>5</sup> Sendo 1 igual a 'muito insatisfeito' e 4 igual a 'muito satisfeito'.

Variável	Tipo	Pergunta do questionário	Limites	Média. Desvio pad. ou Frequência relativa (%)
Satisfação com o acesso ao transporte	Categ.	Você está satisfeito com o acesso ao transporte público no seu bairro?	1 a 4 <sup>5</sup>	SP: 04%, 16%, 44%, 37% RJ: 04%, 17%, 62%, 16%
Satisfação com a qualidade de vida	Categ.	Você está satisfeito com a sua qualidade de vida?	1 a 5 <sup>6</sup>	SP: 2%, 3%, 13%, 47%, 35% RJ: 1%, 8%, 19%, 50%, 22%
Satisfação com a saúde	Categ.	Você está satisfeito com a sua saúde?	1 a 5 <sup>6</sup>	SP: 01%, 03%, 10%, 44%, 42% RJ: 0.3%, 05%, 15%, 49%, 31%
Satisfação pessoal	Categ.	Você está satisfeito consigo mesmo?	1 a 5 <sup>6</sup>	SP: 01%, 02%, 10%, 50%, 37% RJ: 0.2%, 06%, 14%, 55%, 26%
Satisfação com a capacidade de desenvolver atividades diárias	Categ.	Você está satisfeito com a sua capacidade de desempenhar as atividades do dia a dia?	1 a 5 <sup>6</sup>	SP: 01%, 02%, 11%, 46%, 39% RJ: 0.3%, 04%, 12%, 56%, 28%
Satisfação com as relações pessoais	Categ.	Você está satisfeito com suas relações pessoais (amigos, parentes, conhecidos e colegas)?	1 a 5 <sup>6</sup>	SP: 01%, 02%, 10%, 49%, 38% RJ: 01%, 05%, 15%, 62%, 18%
Satisfação com as condições de moradia	Categ.	Você está satisfeito com as suas condições de moradia?	1 a 5 <sup>6</sup>	SP: 01%, 02%, 13%, 46%, 37% RJ: 0.4%, 04%, 17%, 56%, 22%
Condição financeira	Categ.	Você tem dinheiro suficiente para satisfazer suas necessidades?	1 a 5 <sup>7</sup>	SP: 15%, 20%, 29%, 28%, 08% RJ: 02%, 19%, 46%, 26%, 09%
Disposição para desenvolver atividades	Categ.	Você tem disposição para as atividades do seu dia a dia?	1 a 5 <sup>6</sup>	SP: 02%, 04%, 17%, 33%, 44% RJ: 0.3%, 03%, 12%, 46%, 40%

### 2.3.2 Dados socioeconômicos dos setores censitários na área de estudo

Unidade de análise: setor censitário de residência dos indivíduos entrevistados.

O censo demográfico brasileiro ocorre a cada 10 anos e divide o território nacional geograficamente em setores de características semelhantes (IBGE, 2011). Neste estudo foram utilizados os dados do censo 2010, o último disponível até a data de produção dos artigos. Foram utilizados dados sobre população, número de domicílios, renda média dos domicílios e área por setor censitário. Essas informações foram utilizadas para calcular as densidades populacionais e de domicílios.

O censo 2010 traz ainda informações sobre o entorno dos domicílios entrevistados que caracterizam elementos urbanos importantes para a percepção da caminhabilidade. Informação sobre a presença de rua pavimentada, calçada, iluminação e arborização estão disponíveis para todas os setores censitários. Os dados disponibilizados informam sobre quantos domicílios possuem esses elementos na sua porta. Neste estudo, essa informação

<sup>6</sup> Sendo 1 igual a 'muito insatisfeito' e 5 igual a 'muito satisfeito'.

<sup>7</sup> Sendo 1 igual a 'Nunca' e 5 igual a 'Sempre'.

foi relativizada com o total de domicílios da zona para destacar a diferença entre setores, independente do seu tamanho ou população. A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva de cada variável proveniente da pesquisa censitária utilizada neste estudo. Todas as variáveis estão associadas ao setor censitário de residência dos indivíduos no banco de dados.

Tabela 2 - Variáveis obtidas no censo demográfico

Variável	Tipo	Descrição	Limites (mín.,máx.)	Média, Desvio Pad.
<i>Renda média dos domicílios</i>	Contínua	Renda média dos domicílios por zona censitária (US\$)	SP: R\$991, R\$7.813 RJ: R\$374, R\$4.373	SP: R\$2.445, R\$964 RJ: R\$1.696, R\$569
<i>Densidade populacional</i>	Contínua.	Habitantes por km <sup>2</sup>	SP: 1.550, 178.03 RJ: 1.116, 93.07	SP: 15.015, 9.65 RJ: 16.502, 8.22
<i>Pavimento</i>	Contínua.	Percentual de domicílios na zona censitária com rua pavimentada a frente do seu domicílio.	0 a 1	SP: 0.99, 0.01 RJ: 0.97, 0.11
<i>Calçada</i>	Contínua	Percentual de domicílios na zona censitária com calçada a frente do seu domicílio.	0 a 1	SP: 0.96, 0.13 RJ: 0.94, 0.20
<i>Iluminação pública</i>	Contínua.	Percentual de domicílios na zona censitária com iluminação pública no seu acesso ao domicílio.	0 a 1	SP: 0.99, 0.02 RJ: 0.97, 0.10
<i>Arborização</i>	Contínua	Percentual de domicílios na zona censitária com arborização no seu acesso ao domicílio	0 a 1	SP: 0.81, 0.18 RJ: 0.76, 0.33

### 2.3.3 Dados abertos da infraestrutura urbana

Unidade de análise: setor censitário de residência dos indivíduos entrevistados (declividades e entropia), 500m no entorno da residência dos indivíduos entrevistados.

Os dados abertos são provenientes de três fontes de dados: (i) os dados abertos oficiais das Prefeituras Municipais; (ii) dados da plataforma colaborativa de dados abertos *Open Street Map*; e (iii) mapas digitais de elevação disponibilizados pelos Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Tanto a Prefeitura Municipal de São Paulo quanto a Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro possuem plataformas para disponibilizar dados oficiais de diversas matérias aos cidadãos. Dessas plataformas foram utilizados dados relativos à infraestrutura de transporte (localização de paradas de ônibus, estações de metrô e trens metropolitanos) e demais redes de apoio à população (localização de escolas e serviços de saúde).

O *Open Street Map* (OSM)<sup>8</sup> é um site de partilha e alimentação colaborativa de dados georreferenciados. Os dados estão disponíveis sob a *Open Database License* (ODbL) e passíveis de *download* com base na seleção da área de estudo. No OSM coletaram-se dados referentes à malha viária e à localização de comércios, serviços, praças e parques. Apesar de bastante utilizados e com informações completas para a Europa e os Estados Unidos, os dados disponíveis para o Brasil carecem de colaboradores e algumas informações necessitaram de complementação. Os dados baixados referentes à localização de comércio e serviços e de parques e praças foram comparados com os dados apresentados no *Google Maps* e complementados quando necessário, para obter a informação mais próxima à realidade local.

Esses dados foram utilizados na análise sob a forma das variáveis categóricas, de modo a melhorar seu ajuste no modelo. As divisões das categorias foram calculadas através dos quartis dos dados para cada cidade. Sendo o primeiro quartil considerado na categoria poucos estabelecimentos e o quarto quartil na categoria muitos estabelecimentos. Os demais estão considerados na categoria intermediária. A adoção de quartis deu-se por dois motivos principais: (i) não foram identificados na literatura valores que balizassem o que seria alta presença de cada um desses elementos; e (ii) considerando valores locais evidenciam-se as diferenças das regiões as quais os respondentes estão habituados a circular.

Por fim, os dados de elevação foram utilizados para calcular a declividade das vias das duas áreas de estudo. Para tal, utilizaram-se os Modelo Digitais de Elevação disponibilizados pelo INPE<sup>9</sup>. Os modelos baseiam-se na correção de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) para disponibilizar imagens com precisão de 30m.

A Tabela 3 apresenta a estatística descritiva de cada variável utilizada proveniente das fontes de dados abertos.

---

<sup>8</sup> Disponível em <https://www.openstreetmap.org/about>

<sup>9</sup> Disponíveis em <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>

Tabela 3 - Variáveis obtidas das fontes de dados abertos

Variável	Tipo	Descrição	Limites	Média, Desvio Pad. Ou Frequências relativas
Declividades	Continua	Declividade média da zona censitária	RJ: 0.05% - 17.02% SP: 0.27% - 8.08%	SP: 2.24, 2.26 RJ: 2.68, 2.60
Comércio e serviços	Catagórica	Número de lojas e outros serviços em buffer de 500m da residência.	1 a 3 <sup>10</sup>	SP: 2%, 66%, 32% RJ: 11%, 78%, 11%
Paradas e estações de transporte coletivo	Catagórica	Número de paradas e estações de transporte coletivo em buffer de 500m da residência.	1 a 3 <sup>10</sup>	SP: 22%, 42%, 35% RJ: 20%, 33%, 37%
Instituições de ensino	Catagórica	Número de instituições de ensino em um buffer de 500m da residência.	1 a 3 <sup>10</sup>	SP: 2%, 42%, 56% RJ: 21%, 17%, 62%
Áreas verdes	Catagórica	Número de áreas verdes (praças e parques em um buffer de 500m da residência.	1 a 3 <sup>10</sup>	SP: 18%, 40%, 42% RJ: 51%, 27%, 23%
Entropia de uso do solo misto	Continua	Divisão ponderada entre o número de domicílio e o número de comércio e serviços.	0 a 1	SP: 0.57, 0.22 RJ: 0.46, 0.18

### 2.3.4 Dados do ambiente urbano construído processados utilizando algoritmos de reconhecimento de imagem

Unidade de análise: localização da imagem a cada 50m da malha viária. Posterior manipulação para a média no setor censitário de residência dos indivíduos entrevistados.

A fonte alternativa dos dados do ambiente urbano construído utilizada nesta tese depende da combinação de dois elementos. São eles: (i) uma base de dados de imagens de cenas reais na área de estudo e (ii) um algoritmo capaz de reconhecer elementos nessas imagens e transformá-los em atributos que possam ser utilizados nos modelos testados.

As imagens do *Google Street View* são a fonte primária de dados. A coleta das imagens dá-se por meio da criação de um link de acesso, em que devem ser informados, obrigatoriamente, o tamanho da imagem, a posição da câmera e a chave API (*Application Programming Interface*). A chave API é obtida através de um cadastro na *Google Cloud Platform* que permite a transferência das imagens mediante pagamento. Para identificar o posicionamento da câmera foi calculado o azimute das vias onde as imagens seriam coletadas.

---

<sup>10</sup> Sendo 1 poucos e 3 muitos.

Devido às limitações de tempo e recursos, só foram processadas imagens para a área de São Paulo. A área de São Paulo foi escolhida devido aos diferentes padrões de espaço urbano presentes na área de estudos. Nas rodovias urbanas, avenidas comerciais e vias locais com o entorno prioritariamente residencial, a experiência dos pedestres ao caminhar é distinta, tornando a variabilidade da área interessante para os modelos que estão sendo estimados. A Figura 5 apresenta exemplos das imagens coletadas que elucidam os diferentes ambientes presentes na área de estudos.



**Figura 5:** Exemplos das imagens coletadas na área de estudo. Fonte: Google API

No total, foram obtidas 6.280 imagens com espaçamento de 50m nas vias da área de estudo, considerada como a união dos raios de 500m no entorno da residência dos respondentes (entorno caminhável). O espaçamento foi identificado com base em avaliações da área visível na perspectiva da via apresentada em cada um dos pontos de coleta das imagens. Malhas viárias com mais curvas e menos retangulares podem necessitar de espaçamentos menores. A Figura 6 apresenta a localização das imagens obtidas.

Verificações manuais foram realizadas para garantir a qualidade das imagens. Imagens decentralizadas (ex.: vias de mais de uma faixa), problemas na direção da imagem (ex.: ruas sem saída onde a imagem captura o fim da via), imagens fora do local

(ex.: dentro de um estabelecimento) e locais sem imagens disponíveis foram alguns dos problemas identificados na verificação de qualidade. Uma nova rodada buscou reduzir os problemas elencados. Ressalta-se que a centralização das imagens é um ponto crítico, visto que o percentual dos elementos identificados para cada classe é suscetível ao enquadramento da imagem.



**Figura 6:** Localização das imagens obtidas via *Google Street View*. Fonte: Elaborado pela autora com a localização das entrevistas provenientes da pesquisa domiciliar e localização das imagens obtidas pelo Google API

Por fim, as imagens foram processadas utilizando uma CNN (rede neural convolucional). A aplicação específica da CNN neste estudo é a segmentação semântica das imagens, que consiste em identificar elementos por meio da classificação de cada píxel quanto a um conjunto possível de classes a ser definido. A saída da rede neural é uma matriz  $m \times n$  com a classificação de cada píxel, onde  $m$  e  $n$  são iguais à largura e à altura da imagem em píxeis. Ressalta-se que esta pesquisa não tem como intuito o desenvolvimento de um algoritmo, mas sim de testar a aplicação deste tipo de ferramenta considerando as possibilidades disponíveis no meio acadêmico.

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, testes utilizando diferentes algoritmos de segmentação semântica e incorporando os dados em diferentes modelos foram realizados. Os artigos que discutem estes testes foram submetidos em conferências nacionais e internacionais. O Anexo III apresenta uma lista dos artigos derivados desta pesquisa e onde foram submetidos e/ou apresentados. De forma geral, é relevante destacar que:

- 1) Existe grande variabilidade da classificação dependendo do algoritmo utilizado.

- 2) As variáveis produzidas são altamente correlacionadas, visto que elas são baseadas no percentual de píxeis de cada classe. Como é facilmente identificado, o número total de píxeis na imagem é finito e quando um píxel é segmentado em uma classe, não poderá pertencer a outra.
- 3) Alguns elementos são mais desafiadores de classificar do que outros, especialmente elementos muito finos e com grandes variabilidades de formas e cores.
- 4) As variáveis que são proxies para volumes de veículos ou de pedestres devem ser utilizadas com parcimônia, visto que não é possível controlar a hora e data em que as imagens foram coletadas.
- 5) As fotografias do Google Street View representam uma imagem planificada do ambiente e, por isso, alguns elementos “escondem” outros na classificação. Por exemplo, veículos na via bloqueiam o campo de visão dificultando a coleta de informações, quanto as calçadas. Os mesmos veículos, também impedem que o píxel seja classificado como rua.
- 6) Apesar de algumas imprecisões na classificação na análise individual por imagem, a classificação semântica consegue capturar a variabilidade dos elementos na área, algo essencial para os modelos de equações estruturais, que baseiam suas estimações em análises de variância.
- 7) São esperadas imprecisões na classificação de ambientes urbanos em bairros de baixa renda de cidades latino-americanas como o da área de estudo devido à falta de padrão da infraestrutura instalada.
- 8) As variáveis obtidas representam a presença dos elementos classificados no local de captura da imagem. Apesar de o número de píxeis representar em algum grau a disponibilidade maior ou menor de algum elemento (por exemplo, mais píxeis classificados como calçadas podem representar um espaço maior para circulação dos pedestres), este tipo de variável não representa a qualidade da infraestrutura instalada.

A arquitetura de CNN escolhida foi a *Deeplab* (CHEN et al., 2018) por apresentar desempenho superior a arquiteturas propostas anteriormente, como a SegNet (BADRINARAYANAN; HANDA; CIPOLLA, 2014). Foram testadas estas duas arquiteturas devido à sua disponibilidade e facilidade de acesso a programação que permite o o processamento. A versão utilizada já estava treinada com uma base de imagens que contempla cenas urbanas de mais de 50 cidades alemãs chamada CityScape

(Cordts et al., 2016) e está disponível na biblioteca ChainerCV em linguagem de programação Python. Esta versão do modelo segmenta as imagens em 19 classes: *Rua, Construção, Calçada, Parede, Cerca, Poste, Semáforo, Sinais de trânsito, Vegetação, Terreno, Céu, Pessoa, Passageiro, Carro, Caminhão, Ônibus, Trem, Motocicleta e Bicicleta*. Neste estudo os valores da matriz de saída, o número de píxeis, foram relativizados conforme a proporção de píxeis de cada classe identificada na imagem. Uma abordagem parecida já foi utilizada por outros autores (ROSSETTI et al., 2019a).

Ainda, baseados nas experiências de tratamento e manipulação deste tipo de dados na pesquisa, optou-se por utilizar a interação entre variáveis (combinando mais de uma característica) de forma agrupadas no Artigo 3. Assim, buscou-se reduzir os efeitos das correlações e aumentar o nível de complexidade da informação representada nas variáveis. Por exemplo, ao invés de utilizar as variáveis calçada e iluminação separadamente, as variáveis foram combinadas para representar as calçadas que são iluminadas.

Sendo assim, a Tabela 4 apresenta a estatística descritiva das variáveis que foram utilizadas no estudo e os agrupamentos (interações) destas variáveis utilizados no Artigo 3. A explicação teórica sobre a escolha por realizar o agrupamento e quais variáveis são utilizadas em cada um deles está descrita no artigo.

Tabela 4 - Variáveis obtidas das fontes de dados abertos

Variável	Tipo	Descrição <sup>11</sup>	Limites	Média - Desvio Padrão
Rua	Contínua	Parte do terreno onde os veículos costumam passar. Inclui sinalização horizontal. Estão consideradas as áreas pavimentadas apenas delimitadas por marcações da estrada principal (sem alteração da textura), por ex. ciclovias, rotatórias ou vagas de estacionamento.	10,0% - 47,6%	31,8% - 5,5%
Construção	Contínua	Edifício, arranha-céu, casa, prédio de parada de ônibus, garagem, estacionamento. Inclui andaimes fixados em edifícios.	0,0% - 72,1%	15,0% - 10,7%
Calçada	Contínua	Parte do terreno destinada a pedestres ou ciclistas. Delimitado da estrada por algum obstáculo, por ex meios-fios ou postes (podem ser pequenos), não apenas por marcações. Frequentemente elevado em comparação com a estrada. Geralmente localizado nas laterais de uma estrada. Esta etiqueta inclui um meio-fio possivelmente delimitador, ilhas de tráfego (a parte que pode ser percorrida) ou zonas de pedestres (onde normalmente os carros não podem circular durante o dia).	0,0% - 20,3%	4,2% - 3,0%

<sup>11</sup> Adaptado de *CityScope Dataset Overview*. Disponível em <https://www.cityscapes-dataset.com/dataset-overview/#class-definitions>

Variável	Tipo	Descrição <sup>11</sup>	Limites	Média - Desvio Padrão
Parede	Contínua	Parede individual. Não faz parte de um edifício.	0,0% - 35,6%	1.2 % - 2.5%
Poste	Contínua	Poste orientado principalmente verticalmente. Por exemplo. poste de sinal, postes de semáforo. Se o poste tiver uma parte horizontal (geralmente para postes de semáforo), essa parte também é considerada poste.	0,0% - 7,9%	0.9% - 1.0%
Sinais de trânsito	Contínua	Sinal instalado a partir da autoridade estadual / municipal, geralmente para informações do motorista / ciclista / pedestre em uma cena de trânsito cotidiana, por exemplo, sinais de trânsito, sinais de estacionamento, sinais de direção - sem seus postes. Sem anúncios / sinais comerciais.	0,0% - 4,6%	0.1% - 0.3%
Vegetação	Contínua	Árvore e todos os tipos de vegetação vertical. As plantas anexadas aos edifícios geralmente não são anotadas separadamente e são rotuladas como edifício. Se crescer ao lado de uma parede ou edifício, assinalado como vegetação se cobrir uma parte substancial da superfície (mais de 20%).	0,0% - 63,7%	10.3% - 10.7%
Terreno	Contínua	Gramma, todos os tipos de vegetação horizontal, solo ou areia. Essas áreas não devem ser dirigidas.	0,0% - 21,1%	0.8% - 2.0%
Céu	Contínua	Céu aberto, sem folhas de árvore. Inclui fios elétricos finos na frente do céu.	0,0% - 50,7%	28.4% - 10.2%
Pessoa	Contínua	São pessoas caminhando, em pé ou sentadas no chão, em um banco ou em uma cadeira. Esta classe também inclui crianças pequenas, alguém empurrando uma bicicleta ou em pé ao lado dela com as duas pernas do mesmo lado da bicicleta. Esta classe inclui tudo o que é carregado pela pessoa, por ex. mochila, mas não itens que tocam o solo, por ex. carrinhos.	0,0% - 8,0%	0.2% - 0.5%
Carro	Contínua	Carro, jipe, SUV, van com formato de corpo contínuo.	0,0% - 23,4%	4.3% - 4.2%
Caminhão	Contínua	Caminhão, caminhão baú, caminhonete. Incluindo seus trailers.	0,0% - 28,3%	0.6% - 1.8%
Ônibus	Contínua	Ônibus para 9+ pessoas, transporte público ou transporte de longa distância.	0,0% - 19,3%	0.3% - 1.25%
Bicicleta	Contínua	Bicicleta sem motorista.	0,0% - 4,2%	0.0% - 0.2%
Presença de não motorizados	Contínua	Pessoa + Bicicleta: Presença de pedestres e ciclistas representando áreas usadas para meios de transporte não motorizados.	0.0% - 8.1%	0.2% - 0.5%
Áreas densificadas	Contínua	Calçadas + Construção + Pessoa: Representação de áreas mais densas com espaço para pedestres e presença de pessoas.	0.0% - 78.2%	18.4% - 12.2%
Áreas iluminadas	Contínua	Calçada + Poste: Espaços iluminados para pedestres.	0.0% - 21.6%	4.8% - 3.4%
Áreas verdes	Contínua	Calçada + Vegetação: Parques ou áreas com presença de árvores e espaços dedicados ao pedestre.	0.0% - 65.5%	13.8% - 11.1%
Proximidade transporte público	Contínua	Pessoa + Ônibus + Calçada: Áreas próximas ao transporte público acessíveis para pedestres.	0.0% - 20.7%	4.4% - 3.3%
Áreas confinadas	Contínua	Carro + Parede: Túneis ou ruas com fachadas próximas que podem parecer espaços confinados para pedestres.	0.0% - 35.6%	5.2% - 4.6%
Áreas orientadas para o carro	Contínua	Carro + Sinais de trânsito: Áreas que promovem e são usadas por modos motorizados individuais.	0.0% - 23.5%	4.2% - 4.2%
Presença de veículos pesados	Contínua	Caminhão + ônibus: Áreas com intensa presença de veículos pesados.	0.0% - 2.2%	0.0% - 32.6%

Variável	Tipo	Descrição <sup>11</sup>	Limites	Média - Desvio Padrão
Rodovias urbanas	Contínua	Ruas + Carros + Céu: Estradas abertas e largas com grande presença de veículos.	0.0% - 93.2%	61.35% - 18.3%
Áreas não ocupadas	Contínua	Céu + Terrenos: Ruas desertas com poucas construções ou pessoas circulando.	0.0% - 74.6%	10.5% - 11.12%

### 2.3.5 Dados de oferta dos imóveis

Unidade de análise: oferta de imóveis na área de estudo. Posterior manipulação para o preço médio no setor censitário de residência dos indivíduos entrevistados.

Os preços dos imóveis residenciais foram obtidos por meio da coleta de dados em um site de ofertas imobiliárias bastante utilizado e com valores disponíveis para todo país. Os valores são publicados com base na série histórica de ofertas publicadas por indivíduos e agências imobiliárias, sendo corrigidos com um índice calculado pelo site, o qual corrige as variações de mercado. Apesar dos valores de oferta adotados nesse estudo não representarem efetivamente o preço de transação, eles são uma boa proxy para os valores efetivamente pagos pelos clientes e evidenciam as diferenças entre as regiões de estudo. Para relacionar as entrevistas com os preços, foi calculado o preço médio das ofertas em cada zona censitária.

Essa forma de associação foi idealizada por três razões principais:

- 1) A percepção dos indivíduos pode variar conforme sua faixa etária, gênero, condição econômica entre outros fatores. Ao optar por trabalhar com preços individuais e percepções agregadas não seria possível considerar estes elementos na análise, além de ser necessário lidar com a agregação de variáveis categóricas.
- 2) Os setores censitários das áreas de estudo são relativamente pequenos (0.06 km<sup>2</sup> de tamanho médio) e cada setor tem poucas observações de imóveis (média de 3 ou 4 pontos por zona). Sendo assim, não há comprometimentos quanto à variabilidade pelo uso do valor médio.
- 3) Por fim, a proposta do estudo é avaliar a valorização geral dos preços em locais de mais alta caminhabilidade e não efetivamente quantificar a magnitude.

A densidade de oferta de propriedades para venda foi calculada baseada no número de ofertas disponíveis dividida pela área do setor censitário. A mediana dos dados referentes à cidade do Rio de Janeiro foi utilizada para a divisão binária dos dois grupos. Ainda, a densidade de ofertas na cidade do Rio de Janeiro é menor que na cidade de São Paulo sendo escolhida para permitir a comparação entre grupos e garantir certa

variabilidade de resultados necessária para capturar os efeitos no modelo. Por fim, foi utilizado no Artigo 2, apresentado nos próximos capítulos, a matriz de pesos da vizinhança. A matriz foi calculada usando o *software* GeoDA.. A Tabela 5 apresenta a descrição das variáveis mencionadas.

Tabela 5 - Variáveis relativas aos preços dos imóveis

Variável	Tipo	Descrição	Limites (min-máx.)	Média, Desvio Pad./ Frequência(%)
Preços ofertados	Contínua	Logaritmo do preço por metro quadrado	RJ: R\$2.727 - R\$6.1112 SP: R\$3.634 - R\$8.778	SP: R\$ 5.970, R\$1.212 RJ: R\$ 4.031, R\$ 466
Densidade de ofertas	Binário	Número de ofertas na zona censitárias dividido pelas ofertas	0: menor ou igual a 40 propriedades ofertadas por km <sup>2</sup> 1: mais de 40 propriedades ofertadas por km <sup>2</sup>	SP: 37%, 63%, RJ: 25%, 75%
Variável de correlação espacial	Contínua	Matriz de pesos <i>Queen</i> para os preços dos setores censitárias vizinhas	SP: 8.32, 8.94 RJ: 8.10 - 8.51	SP: 8.60, 0.20 RJ: 8.30, 0.09

### 2.3.6 Tratamento e criação do banco de dados

Devido ao alto número de fontes de dados, um processo de tratamento e união destas fontes foi realizado para constituir um banco de dados único para análise. Primeiramente, todos os dados foram georreferenciados e alterados seus sistemas de projeção para utilização de um sistema único de coordenadas. Nesta análise usaram-se coordenadas UTM com sistema de projeção igual ao WGS-84. Para tal, foi usado o *software* QGIS, um *software* livre de manipulação de dados e sistemas de informações geográficas.

A montagem do banco de dados tem como premissa que a unidade básica de análise das pesquisas são as entrevistas. As variáveis relativas ao setor censitário, ou sejam, as variáveis de área, foram correlacionadas com as entrevistas através da interseção entre a camada de pontos (entrevistas) e a camada do polígono (setor censitário). Sendo assim, a todos os pontos em um mesmo setor foram atribuídas as características do setor. Para as variáveis pontuais foram utilizados dois critérios: (i) a média dos valores dos pontos no setor censitário; ou (ii) a média dos valores ou a contagem dos pontos em uma área de circular com raio de 500 m no entorno da entrevista. Os setores censitários foram utilizados quando desejava-se caracterizar a área de residência e a área de 500 m quando se desejava-se representar as características do bairro no entorno caminhável.

## 2.4 Pacotes computacionais utilizados

A Tabela 6 lista os softwares computacionais utilizados na tese para coleta e manipulação dos dados e estimativa dos modelos.

Tabela 6 – Pacotes computacionais utilizados

Aplicação	Pacote	Descrição das atividades
Obtenção e manipulação de dados	Microsoft Excel	- Construção dos bancos de dados - Análises estatísticas básicas - Produção de gráficos
Obtenção e manipulação de dados	QGIS	- Manipulação geográfica dos dados - Acesso aos dados do OSM - Produção de mapas
Obtenção e manipulação de dados	Phyton/Jupyter	- Programação para acesso ao Google API e <i>download</i> das imagens - Execução dos algoritmos de reconhecimento de imagens
Obtenção e manipulação de dados	GeoDA	- Produção das variáveis de correlação espacial
Estimativa dos modelos	Mplus	- Estimação dos modelos
Construção do texto	Mendeley	- Gerenciamento das referências
Construção do texto	Microsoft Word	- Produção do texto da tese e artigos
Construção do texto	Microsoft Power Point	- Produção das imagens

### **3 ARTIGO 1 - Are people willing to pay more to live in a walking environment? A multigroup analysis of the impact of walkability on real estate values and their moderation effects**

O primeiro artigo desta tese busca avaliar como ambientes urbanos percebidos como mais caminháveis afetam o preço de venda dos imóveis residenciais multifamiliares. É o primeiro artigo publicado medindo a influência da caminhabilidade do bairro no preço dos imóveis em cidades brasileiras, em que se comparam as realidades de áreas de estudo localizadas nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. Esse efeito foi modelado utilizando modelos de equações estruturais do tipo multigrupo, que permitiram testar e comparar as inter-relações entre três construtos latentes. Os construtos buscavam representar as percepções dos indivíduos quanto à caminhabilidade e segurança pública do bairro além da sua qualidade de vida. A estrutura do modelo testada permitiu a avaliação de 5 hipóteses. São elas:

- H1: A percepção das características do ambiente construído pode funcionar como indicadores do construto latente das percepções da caminhabilidade.
- H2: Devido à segurança pública ser uma preocupação frequente ao escolher realizar viagens pelo modo a pé, quanto maior a percepção de segurança maior a percepção da caminhabilidade.
- H3: Deslocar-se a pé em bairros percebidos como mais caminháveis afeta positivamente a qualidade de vida dos cidadãos.
- H4: Indivíduos estão dispostos a pagar mais para viver em ambientes mais caminhável.
- H5: O efeito da caminhabilidade no preço dos imóveis aumenta à medida que aumentam as ofertas de imóveis, uma vez que os indivíduos tendem a valorizar mais os atributos de localização quando têm opções semelhantes de escolha.
- H6: Indivíduos que caminham com mais frequência estão dispostos a pagar mais ao escolher locais onde é mais fácil caminhar.

Foram considerados os como grupos de análise as duas cidades que fazem parte do estudo de caso. Para confirmar as hipóteses 5 e 6, mais grupos foram criados para alta e baixa intensidade de ofertas e alta e baixa frequência de caminhada.

Os resultados das duas regiões de estudos demonstraram que os moradores entendem que bairros caminháveis são aqueles onde é fácil atravessar a rua, onde eles se sentem satisfeitos com a qualidade das calçadas e com o acesso ao transporte público. A percepção de segurança pública afeta positivamente as duas cidades, mas de maneira mais significativa a área de estudos da cidade de São Paulo. O mesmo acontece com o efeito da percepção da caminhabilidade na qualidade de vida.

Um interessante resultado do artigo é que embora as duas áreas de estudo apresentem contextos diferentes em renda, densidade e tamanho, a magnitude do impacto da percepção da caminhabilidade no preço parece ser invariável. Esse resultado implica que os investidores imobiliários sempre podem esperar um aumento no preço de venda de um imóvel investindo em infraestrutura para pedestres ou ajudando os bairros a serem mais interessantes e aprazíveis aos deslocamentos a pé.

Por fim, os dois efeitos moderadores testados mostraram intensificar o efeito da caminhabilidade no preço para a área de estudos na cidade de São Paulo, mas não para a área de estudos do Rio de Janeiro. Os resultados indicaram que quanto maior o número de ofertas de imóveis, portanto, mais fácil é encontrar propriedades com as características e comodidades exigidas pelo comprador (por exemplo, apartamentos com o número necessário de quartos, áreas privativas, infraestrutura predial etc.), maior a tendência dos compradores a valorizar outros atributos adquiridos com o bem, como os relativos à localização. A quantidade de ofertas da área de estudos do Rio de Janeiro, pode não ter sido suficiente para capturar esse efeito. Os resultados do modelo de São Paulo também confirmam que o efeito da caminhabilidade no preço é maior para indivíduos que caminham mais de quatro dias por semana. O artigo discute algumas possibilidades de relacionadas ao efeito não significativo para a área da cidade do Rio de Janeiro.

Os direitos de divulgação do artigo pertencem à Elsevier, portanto, as próximas páginas serão ocultadas na versão final publicada da tese. Ao fim dos 24 meses do período de embargo, o artigo poderá ser apresentado. Para acessar o artigo completo, por favor, direciona-se ao site do periódico através do link

<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100976>.

#### **4 ARTIGO 2 - Walkability premium: effects and public policies implications for low-income communities**

Complementarmente ao Artigo 1, o Artigo 2 aumenta a complexidade dos modelos e as inter-relações testadas, incluindo duas variáveis latentes adicionais. Essas novas variáveis buscam agrupar indicadores medidos do ambiente urbano construído relativos à infraestrutura viária e à disponibilidade de comércio, serviços, escolas, áreas verdes e ao transporte público no entorno caminhável da residência. Esses indicadores têm como fontes de dados as bases dos municípios, a pesquisa censitária e outras fontes de dados abertos. Este artigo também testa, portanto, a representação do ambiente urbano construído por meio de dados gratuitos disponíveis.

Com essa inserção, as variáveis latentes que representam as percepções sobre os bairros e a qualidade de vida dos indivíduos passam a atuar como mediadoras do efeito do ambiente físico no preço. A hipótese é que as relações objetivas são alteradas por avaliações subjetivas dos indivíduos. Ou seja, aumentar a disposição a caminhar e viver em um bairro com maior caminhabilidade depende não apenas das características objetivas do ambiente construído, mas de como essas características são percebidas pelos indivíduos.

Do ponto de vista da aplicação, esse artigo buscar discutir de forma mais contundentes as implicações para a valorização imobiliária nos bairros de baixa renda, através da inserção de variáveis que representam a renda média e a densidade populacional dos setores censitários. A área de estudo do Rio de Janeiro é totalmente composta por bairros de renda baixa, onde a renda média dos domicílios é menor que 2 salários-mínimos. Já a área de análise em São Paulo é composta por três bairros de baixa renda e um de média-baixa renda, onde a renda média mensal dos domicílios varia de 2 a 4 salários-mínimos.

Sendo assim, o Artigo 2 complementa os objetivos do Artigo 1 e desta tese de doutorado, discutindo de forma mais contundente o contexto ao (i) demonstrar que a disposição a pagar para morar em uma área mais caminhável também é observada em bairros de baixa renda; e (ii) avaliar a influência da percepção dos usuários quanto à caminhabilidade, segurança e qualidade de vida como mediadores do impacto do ambiente construído e das características do uso do solo nos preços dos imóveis.

Os principais resultados do Artigo 2 confirmam a hipótese estabelecida relativa ao impacto da caminhabilidade no preço. Os resultados mostram que é possível esperar um aumento no valor de venda dos imóveis residenciais em bairros mais caminháveis, mesmo em bairros em que os residentes possuem um poder de compra menor. Este efeito é invariável entre as cidades, assim como identificado no Artigo 1. A avaliação dos efeitos indiretos das variáveis

latentes que representam a componente objetiva do ambiente urbano no preço comprova que as percepções têm um importante papel em traduzir o impacto do ambiente físico nas decisões.

Por fim, a inclusão das variáveis do ambiente urbano medidas (objetivas) traz novas informações para a comparação das duas cidades, apesar de os dados apresentarem algumas deficiências. Os efeitos negativos de uso do solo e da infraestrutura urbana na percepção de caminhabilidade e da segurança pública para a área de São Paulo é explicada pelas características próprias da região, como a presença de rodovias urbanas que cortam a área de estudos. Outro resultado interessante é o efeito negativo da frequência de caminhada na percepção de caminhabilidade. Em condições socioeconômicas e de infraestrutura desfavoráveis, a necessidade de caminhar pode levar os usuários a não apreciar o caminhar. Andar mais pode significar estar mais exposto a más condições das cidades para os pedestres.

O completo encontra-se em avaliação para publicação no periódico *International Journal of Sustainable Transportation*. Portanto, as próximas páginas serão ocultadas na versão final publicada da tese. Caso o artigo seja aprovado, será disponibilizado o endereço doi para acesso.

## **5 ARTIGO 3 - The economic impact of built environment barriers and incentives to walk: image recognition support to measure walkability premium**

O Artigo 3 replica a mesma estrutura teórica testada no Artigo 2, no entanto, traz uma fonte de dados alternativa para representar o ambiente urbano construído. Nesse caso, são utilizados dados para representar a microescala urbana, ou seja, o que os pedestres realmente vêem e experienciam ao caminhar pela área de estudo. Para tal, foram utilizados dados processados por meio de uma rede neural convolucional treinada para identificar e classificar píxeis de fotografias urbanas em diferentes categorias de elementos da infraestrutura, usuários e veículos. Essas categorias foram combinadas para representar típicas cenas urbanas que podem atuar como incentivo ou barreiras à caminhada. Ao total, dez diferentes combinações de atributos foram utilizadas no modelo como indicadores do ambiente urbano construído. São elas: *Presença de usuários não motorizados, Áreas densificadas, Áreas iluminadas, Áreas verdes, Proximidade transporte público, Áreas confinadas, Áreas orientadas para o carro, Presença de veículos pesados, Rodovias urbanas e Áreas não ocupadas.*

As variáveis latentes das percepções seguiram a mesma estrutura do artigo anterior assim como a metodologia utilizada para estimação dos modelos. Usando uma técnica multivariada confirmatória (modelos de equações estruturais) foi possível identificar os impactos das características do ambiente construído na percepção da caminhabilidade e na predisposição do indivíduo a residir na área (efeitos do *walkability premium*). Adicionalmente, foi possível confirmar a estrutura proposta sobre quais áreas representam barreiras e incentivos para pedestres. Conforme esperado, a presença de usuários não motorizados, áreas densificadas, iluminadas, e próximas a linhas de transporte público apresentaram um efeito positivo na percepção da caminhabilidade. No entanto, as áreas verdes, com presença de calçadas e vegetação, apresentaram um efeito negativo na percepção da caminhabilidade. Esse efeito pode estar associado à forma como a variável está construída (quanto mais píxeis maior efeito na composição da cena urbana) e aos problemas de segurança pública relacionados a áreas com intensa presença de vegetação.

As cenas que representavam as rodovias urbanas e as áreas com muito elementos dedicados ao automóvel (grande espaço viário e com muitos sinais de trânsito) foram as barreiras mais prejudiciais à percepção da caminhabilidade. Esses resultados estão alinhados ao

contexto da área de estudos, onde quatro rodovias urbanas cortam os bairros em análise criando ambientes que favorecem as altas velocidades e a baixa acessibilidade pedonal.

Por fim, ressalta-se que o efeito da percepção da caminhabilidade, e indiretamente das barreiras e incentivos aos deslocamentos a pé, demonstrou-se positivo ao preço. Ou seja, o Artigo 3, mais uma vez, confirma ser esperado um aumento nos preços de vendas dos imóveis residenciais quando estes estão localizados em regiões que incentivam os deslocamentos a pé. Ainda, os efeitos indiretos dos constructos latentes subjetivos (*Segurança pública* e *Qualidade de vida*) são mais significativos na construção do preço do que os efeitos indiretos do constructo objetivo (*Ambiente construído*), demonstrando a importância de considerar as percepções e

O artigo completo encontra-se em preparação para submissão. Portanto, as próximas páginas serão ocultadas na versão final publicada da tese. Caso o artigo seja aprovado, será disponibilizado o endereço doi para acesso.

## 6 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os desenvolvimentos deste trabalho abrem espaço para novos desdobramentos sejam no âmbito teórico, prático e/ou metodológico. No campo teórico é possível mencionar a necessidade de expandir as áreas analisadas. Entende-se que as áreas selecionadas não representam as cidades na totalidade. Embora ambas as áreas possuam renda média menor que a média de cada cidade, a área do Rio de Janeiro é mais densa e mais pobre em comparação à área de São Paulo. O foco em áreas específicas nos estudos de caso reduz a generalização dos resultados e diferentes contextos espaciais podem valorizar a caminhabilidade de maneira diferente. Estudos mais abrangentes podem buscar avaliar a diferença no impacto dos preços para a cidade toda, em bairros de baixa, média e alta renda.

Apesar de mencionadas as possibilidades dos impactos negativos da valorização de áreas de alta caminhabilidade (ex.: processos de gentrificação), o estudo não se propõe a avaliar esse efeito. Processos de gentrificação precisam ser acompanhados no longo prazo. No entanto, visto que o efeito da valorização foi comprovado, estudos que avaliem esses processos e busquem propor medidas compensatórias podem ser importantes para orientar políticas que garantam a construção de cidades mais justas e sustentáveis.

Quanto aos dados, é necessário ressaltar que a pesquisa domiciliar foi cedida quando já estava realizada e não foi possível aos autores participar de sua elaboração e aplicação. O WRI Brasil definiu as áreas para as pesquisas domiciliares considerando outros propósitos.

No caso dos dados de venda, também há limitações visto que o que se apresenta é o preço de oferta. Análises utilizando o preço de transação e pesquisas de percepção com os compradores poderiam reduzir as premissas e incertezas da análise, realizando avaliações mais objetivas.

Ainda, embora as fontes de dados disponíveis forneçam informações interessantes para pesquisadores e planejadores urbanos, a forma de coleta e qualidade dos dados pode ser um obstáculo ao desenvolvimento de pesquisas que expliquem a percepção do ambiente urbano. Fontes abertas, como o *Open Street Map*, não têm muito engajamento e colaboração na América Latina, especialmente nas áreas de estudo. Os governos municipais de ambas as cidades têm iniciativas de dados abertos nas quais é possível obter informações sobre o sistema de transporte público e o sistema rodoviário, mas faltam dados sobre uso do solo e infraestrutura urbana. Finalmente, os dados do censo, apesar de fornecerem informações sobre o ambiente construído,

não exploram a qualidade dos elementos pesquisados o que é prejudicial para modelos em áreas de baixa renda, conhecidos pela má qualidade da infraestrutura de pedestres. Por exemplo, na questão das calçadas, a infraestrutura pode existir, mas não é possível obter informações sobre larguras, espaço de circulação, pavimentos, entre outras informações relevantes para se dizer que a calçada cumpre sua função de facilitar os deslocamentos a pé. Ainda, os dados do censo só fornecem a informação agregada no setor censitário.

A pesquisa demonstrou que os dados processados utilizando a rede neural para processamento imagem têm um grande potencial de utilização na área de transporte e em especial em estudos que considerem a influência do ambiente urbano no comportamento de viagens e decisões individuais. No entanto, há também espaço para desenvolvimento e aprimoramento. Um possível desdobramento seria aumentar o número de classes para incorporar elementos essenciais aos estudos com pedestres. As classes pré-determinadas do algoritmo utilizado não contemplam elementos como a presença de estabelecimentos comerciais e mobiliário urbano dedicado às pessoas (ex: bancos), nem elementos que desqualificam o espaço (ex: lixo espalhado ou defeitos nas calçadas). Treinar o algoritmo para identificar novas classes pode culminar na criação de um modelo de reconhecimento de imagem específico para coletar informações para estudos com pedestres, trazendo ainda mais-valia à ferramenta.

Ainda, apesar das imagens do *Google Street View* representarem com certa semelhança o que os pedestres enxergam ao andar pelas ruas, elas ainda são obtidas do ponto de vista do veículo. As imagens centradas na via distorcem as áreas de calçada, devido à perspectiva das imagens, e não capturam com precisão o que acontece no microambiente ao qual o pedestre está exposto. Uma coleta de imagens a partir do passeio seria mais rigorosa na representação do que o pedestre experiencia na via.

Do ponto de vista metodológico, algumas tentativas de utilização de diferentes tipos de modelos foram realizadas, mas que não integram esta tese final. A estrutura do banco de dados possibilita a utilização de modelos de equações estruturais multinível. Os dados apresentam uma estrutura hierárquica onde o indivíduo (nível 1), reside em uma região (nível 2) que faz parte de uma das duas cidades (nível 3). Assumir que esta estrutura hierárquica existe significa dizer que as observações não são independentes. Ou seja, é considerar que indivíduos em um mesmo contexto (ex.: mesma escola, mesmo bairro) tendem a ser mais parecidos em importantes aspectos (ex.: atitudes, comportamento) do que indivíduos de diferentes (HECK, 2015). No entanto, não foi possível encontrar para os dados em questão um agrupamento em segundo nível que estatisticamente justificasse essa abordagem, especialmente na avaliação das

percepções. Foram testados como agrupamento de segundo nível: o setor censitário, o bairro e quadriculas de diferentes dimensões. Estudos mais aprofundados sobre como pode ser identificada essa estruturação podem auxiliar na eliminação de vieses, com estimativa mais rigorosas dos parâmetros, e na melhor estimativa de como as variáveis de cada nível contribuem para os resultados do estudo.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo fornece evidências sobre como tornar as cidades locais amigáveis aos deslocamentos a pé e pode trazer benefícios econômicos, além dos benefícios sociais e ao meio ambiente já amplamente descritos na literatura. Diferentes de outros trabalhos existentes, as análises aplicam-se a um contexto de megacidades latino-americanas, como é o caso de São Paulo e Rio de Janeiro. As áreas de cada cidade avaliadas são consideradas de baixa renda, onde as oportunidades, opções de modo de transporte e de local para residir são restringidas pelas condições financeiras. O estudo, portanto, atinge seu principal objetivo de atestar a existência de valorização imobiliária associada á áreas percebidas como mais caminháveis (Hipótese 1). Esses efeitos podem ser potencializados se direcionados a pessoas que caminham com frequência e em locais de alta competitividade (Hipótese 3).

Os modelos confirmaram que a valorização é invariável com o contexto, ou seja, sendo sempre possível esperar benefícios financeiros em promover áreas considerando as necessidades dos pedestres. Esse resultado evidencia a importância de considerar esses impactos em estudos de novo projetos, visando a obtenção de uma avaliação justa dos benefícios decorrentes da priorização de modos não motorizados aos motorizados.

Áreas de alta caminhabilidade neste estudo são aquelas que oportunizam travessias e possuem calçadas de boa qualidade para o fácil acesso aos pontos de embarque e desembarque do transporte coletivo. Em todos os modelos testados, o transporte público mostrou ser fundamental na representação das percepções e dos processos de decisão. Redes de transporte público são essenciais para atender as demandas de viagem de populações de baixa renda que muitas vezes não podem ser realizadas a pé. Estratégias de promoção da caminhada devem ser integradas com políticas de transporte sustentáveis, em uma perspectiva multimodal.

A segurança pública também tem um papel central na percepção da caminhabilidade, demonstrando que a promoção do transporte sustentável passa também pela garantia de direitos fundamentais e melhoria da qualidade de vida (Hipótese 2). As variáveis latentes de percepção também evidenciaram a importância de considerar os componentes subjetivos em estudos de transporte, visto que se pretende modelar comportamentos humanos e as características individuais influenciam nas tomadas de decisão. Essa importância é reforçada pela demonstração de que os efeitos do meio físico no preço são mediados pelas percepções de caminhabilidade (Hipótese 4).

Também foi possível observar, por meio da comparação estatística entre as duas áreas de estudo, que existe diferenças entre as percepções e comportamentos em relação às viagens, e que as relações de causa e efeito podem ser dependentes do contexto. Um exemplo é a relação entre a frequência de caminhada e a percepção de caminhabilidade testada no Artigo 2, que se mostrou negativa para a área do Rio de Janeiro. Diferenças também foram notadas na contribuição dos construtos latentes que representam o ambiente urbano construído. No entanto, os dados gratuitos disponíveis do ambiente utilizados nessa análise pecam na representação da experiência do pedestre nos seus deslocamentos diários.

Ainda, torna-se evidente a contribuição das novas tecnologias na obtenção de dados como fontes alternativas de informação (Hipótese 5). A automatização de processos de coleta de dados auxilia os pesquisadores a ganhar escala nas suas análises, economizando tempo e recurso. Apesar de ainda haver espaço para melhorias, o reconhecimento de imagens se mostrou capaz de identificar elementos que combinados, podem auxiliar gestores e tomadores de decisão a identificar quais áreas da cidade podem incentivar ou inibir deslocamentos a pé.

Por fim, ressalta-se a importante contribuição da pesquisa em buscar compreender as demandas de duas populações usualmente marginalizadas nos estudos econômicos de transportes: pedestres e indivíduos de baixa renda. A construção de cidades mais sustentáveis e equitativas passa pela criação de políticas públicas que englobem as perspectivas de todos os usuários, conectando os cidadãos às oportunidades de emprego, educação, saúde e lazer por modos sustentáveis de transporte.

## 8 REFERÊNCIAS

ABDULLA, K. M. A.; ABDELMONEM, M. G.; SELIM, G. Walkability in historic urban spaces: Testing the safety and security in Martyrs' squares in Tripoli. v. 11, n. 3, p. 163–177, 2017.

ADKINS, A. et al. Contextualizing Walkability: Do Relationships Between Built Environments and Walking Vary by Socioeconomic Context? **Journal of the American Planning Association**, v. 83, n. 3, p. 296–314, 2017.

ALLEN, M. **The sage encyclopedia of communication research methods**. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc, 2017. v. 1–4

ANAPAKULA, K. B.; ERANKI, G. A. Developing an index to evaluate the quality of pedestrian environment: Case study application in an Indian metro. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, v. 11, n. May, p. 100406, 2021.

ANDERSON, S. F. **The War Between Data and Images**. [s.l.] MIT Press, 2017.

ANDREWS, C.; DIPREE, C.; WILLIAMS, O. Safety , Crime Prevention , and Walkability Woodland Drives Neighborhood Assessment. 2011.

ARELLANA, J. et al. Urban walkability considering pedestrians' perceptions of the built environment: A 10-year review and a case study in a medium-sized city in Latin America. **Transport Reviews**, v. 40, n. 2, p. 183–203, 2019.

ARELLANA, J. et al. Walk this way: Pedestrian accessibility and equity in Barranquilla and Soledad, Colombia. **Research in Transportation Economics**, n. December 2020, p. 101024, 2021.

ASPAROUHOV, T.; MUTHEN, B. **Robust Chi Square Difference Testing with Mean and Variance Adjusted Test Statistics** *Mplus Web Notes: No. 10*. [s.l.: s.n.].

ASPAROUHOV, T.; MUTHEN, B. Multiple group multilevel analysis. **Mplus Webnotes**, n. 16, p. 1–45, 2012.

BADRINARAYANAN, V.; HANDA, A.; CIPOLLA, R. **SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Robust Semantic Pixel-Wise Labelling**. CVPR'. **Anais...** Ohio: 2014. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1505.07293>>

BARROS, G. Herbert A. Simon and the concept of rationality: Boundaries and procedures. **Revista de Economia Política**, v. 30, n. 3, p. 455–472, 2010.

BARTON, M. An exploration of the importance of the strategy used to identify gentrification. **Urban Studies**, v. 53, n. 1, p. 92–111, 2016.

BEILER, M. R. O.; PHILLIPS, B. Prioritizing pedestrian corridors using walkability performance metrics and decision analysis. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 142, n. 1, 2016.

BENTLER, P. M.; BONETT, D. G. Significance tests and goodness of fit in the analysis of covariance structures. **Psychological Bulletin**, v. 88, n. 3, p. 588–606, 1980.

BEREITSCHAFT, B. Neighborhood Walkability and Housing Affordability among U.S. Urban Areas. **Urban Science**, v. 3, n. 1, p. 11, 2019.

BESLEY, T.; JONES-LEE, M. W. The Economics of Safety and Physical Risk. **Economica**, 2006.

BIVINA, G. R.; GUPTA, A.; PARIDA, M. Walk Accessibility to Metro Stations: An analysis based on Meso- or Micro-scale Built Environment Factors. **Sustainable Cities and Society**, v. 55, n. January, p. 102047, 2020.

BLEČIĆ, I. et al. Evaluating walkability: a capability-wise planning and design support system. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 29, n. 8, p. 1350–1374, 2015.

BLIESNER, J.; BOUTON, S.; SCHULTZ, B. Walkable Neighborhoods: An Economic Development Strategy. p. 29, 2010.

BOISJOLY, G.; MORENO-MONROY, A. I.; EL-GENEIDY, A. Informality and accessibility to jobs by public transit: Evidence from the São Paulo Metropolitan Region. **Journal of Transport Geography**, v. 64, n. May 2016, p. 89–96, 2017.

BOLLEN, K. A. Structural equations with latent variables. **Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics**, v. 8, p. 528, 1989.

BOURASSA, S. C.; CANTONI, E.; HOESLI, M. Predicting House Prices with Spatial Dependence: A Comparison of Alternative Methods. **Journal of Real Estate Research**, n. April, 2010.

BOYLE, A.; BARRILLEAUX, C.; SCHELLER, D. Does Walkability Influence Housing Prices? **Social Science Quarterly**, v. 95, n. 3, p. 852–867, 2014.

BOZOVIC, T. et al. Clearing the path to transcend barriers to walking: Analysis of associations between perceptions and walking behaviour. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 77, p. 197–208, 2021.

BROOKFIELD, K. Residents' preferences for walkable neighbourhoods. **Journal of Urban Design**, v. 22, n. 1, p. 44–58, 2017.

BROWNING, C. R. et al. Commercial Density , Residential Concentration , and Crime : Land Use Patterns and Violence in Neighborhood Context. v. 47, n. 3, p. 329–357, 2010.

BROWNSON, R. C. et al. Measuring the Built Environment for Physical Activity. State of the Science. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 36, n. 4 SUPPL., p. S99–S123.e12, 2009.

BYRNE, B. M.; SHAVELSON, R. J.; MUTHEN, B. Testing for the Equivalence of Factor Covariance and Mean Structures : The Issue of Partial Measurement Invariance. v. ID, n. 3, p. 456–466, 1989.

CALDERÓN, C.; SERVÉN, L. **The effects of infrastructure development on growth and income distribution**. Santiago: [s.n.].

CALONGE-REILLO, F. Travel behaviour in contexts of security crisis. Explaining daily use of car in non-central districts in Guadalajara Metropolitan Area, Mexico. **Travel Behaviour and Society**, v. 24, n. January, p. 1–9, 2021.

CANTILLO, V.; ARELLANA, J.; ROLONG, M. Modelling pedestrian crossing behaviour in urban roads : A latent variable approach. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 32, p. 56–67, 2015.

CAO, X. J. How does neighborhood design affect life satisfaction? Evidence from Twin Cities. **Travel Behaviour and Society**, v. 5, p. 68–76, 2016.

CAO, X. J.; MOKHTARIAN, P. L.; HANDY, S. L. The relationship between the built environment and nonwork travel: A case study of Northern California. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 43, n. 5, p. 548–559, 2009.

CAPASSO DA SILVA, D.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Sustainable modes and violence: Perceived safety and exposure to crimes on trips to and from a Brazilian university campus. **Journal of Transport and Health**, v. 16, n. February 2019, 2020.

CARR, L. J.; DUNSIGER, S. I.; MARCUS, B. H. Walk Score as a global estimate of neighborhood walkability. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 39, n. 5, p. 460–463, 2010.

CARR, L. J.; DUNSIGER, S. I.; MARCUS, B. H. Validation of Walk Score for estimating access to walkable amenities. **British Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 14, p. 1144–1148, 2011.

CARRUS, G. et al. Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. **Landscape and Urban Planning**, v. 134, p. 221–228, 2015.

CERIN, E. et al. Measuring perceived neighbourhood walkability in Hong Kong. **Cities**, v. 24, n. 3, p. 209–217, 2007.

CERVERO, R. et al. Influences of Built Environments on Walking and Cycling : Lessons from Bogotá. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 3, p. 203–226, 2009.

CERVERO, R. **Beyond Travel Time Savings: An expanded framework for evaluating urban transport projects**. Washington DC: [s.n.]. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1239112757744/5997693-1294344242332/Traveltimesaving.pdf>>.

CERVERO, R. Linking urban transport and land use in developing countries. **the journal of transport and land use**, v. 6, n. 1, p. 7–24, 2013.

CERVERO, R.; DUNCAN, M. Walking, Bicycling, and Urban Landscapes: Evidence from the San Francisco Bay Area. **American Journal of Public Health**, v. 93, n. 9, p. 1478–1483, 2003.

CERVERO, R.; KANG, C. D. Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea. **Transport Policy**, v. 18, n. 1, p. 102–116, 2011.

CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 2, n. 3, p. 199–219, 1997.

CHATMAN, D. G. Residential choice, the built environment, and nonwork travel: Evidence using new data and methods. **Environment and Planning A**, v. 41, n. 5, p. 1072–1089, 2009.

CHEN, F. F. Sensitivity of goodness of fit indexes to lack of measurement invariance. **Structural Equation Modeling**, v. 14, n. 3, p. 464–504, 2007.

CHEN, L. C. et al. DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 40, n. 4, p. 834–848, 2018.

CHENG, L.; CHEN, X.; YANG, S. An exploration of the relationships between socioeconomics, land use and daily trip chain pattern among low-income residents. **Transportation Planning and Technology**, v. 39, n. 4, p. 358–369, 2016.

CHOI, K.; PARK, H. J.; DEWALD, J. The impact of mixes of transportation options on residential property values: Synergistic effects of walkability. **Cities**, v. 111, n. March 2020, p. 103080, 2021.

CISNEROS, C. **Value of Walkable Communities**. [s.l: s.n.].

CLARK, A. F.; SCOTT, D. M. Barriers to walking: An investigation of adults in Hamilton (Ontario, Canada). **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 2, 2016.

CLARKE, P. et al. Using Google Earth to conduct a neighborhood audit: Reliability of a virtual audit instrument. **Health and Place**, v. 16, n. 6, p. 1224–1229, 2010.

CORDTIS, M. et al. The Cityscapes Dataset for Semantic Urban Scene Understanding. **Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**, v. 2016- Decem, p. 3213–3223, 2016.

CORTRIGHT, J. **Walking the Walk: How Walkability Raises Home Values in U.S. Cities** CEOs for Cities. Chicago: [s.n.]. Disponível em: <[www.ceosforcities.org/files/WalkingTheWalk\\_CEOsforCities1.pdf.%0D](http://www.ceosforcities.org/files/WalkingTheWalk_CEOsforCities1.pdf.%0D)>.

COZENS, P.; LOVE, T. A Review and Current Status of Crime Prevention through Environmental Design (CPTED). **Journal of Planning Literature**, v. 30, n. 4, p. 393–412, 2015.

DA SILVA, I. C. M. et al. Built environment and physical activity: Domain-and activity-specific associations among Brazilian adolescents. **BMC Public Health**, v. 17, n. 1, p. 1–11, 2017.

DANIEL, B. D. et al. Pedestrian footpath level of service (FOOT-LOS) model for Johor Bahru. **MATEC Web of Conferences**, v. 47, p. 3–7, 2016.

DEVYLDER, J.; FEDINA, L.; JUN, H. J. Te neighborhood change and gentrification scale: Factor analysis of a novel self-report measure. **Social Work Research**, v. 43, n. 4, p. 279–284, 2019.

DONG, H. Were Home Prices in New Urbanist Neighborhoods More Resilient in the Recent Housing Downturn ? 2015.

DONG, H.; QIN, B. Exploring the link between neighborhood environment and mental wellbeing: A case study in Beijing, China. **Landscape and Urban Planning**, v. 164, n. April, p. 71–80, 2017.

DUBEY, A. et al. Deep learning the city: Quantifying urban perception at a global scale. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, v. 9905 LNCS, p. 196–212, 2016.

DUNCAN, D. T. et al. Validation of Walk Score?? for estimating neighborhood walkability: An analysis of four US metropolitan areas. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 8, n. 11, p. 4160–4179, 2011.

ELVIK, R. Which are the relevant costs and benefits of road safety measures designed for pedestrians and cyclists? **Accident Analysis and Prevention**, v. 32, n. 1, p. 37–45, 2000.

EWING, R. et al. Identifying and Measuring Urban Design Qualities Related to Walkability. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 3, p. 223–240, 2006.

EWING, R. et al. **Measuring Urban Design**. Washington | Covelo | London: Island Press, 2013.

EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the built environment: a synthesis. **Transportation Research Record**, v. 1780, n. Paper No. 01-3515, p. 87–114, 2010a.

EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the Built Environment. **Journal of the American Planning Association**, v. 76 no.3, n. April 2013, p. 265–294, 2010b.

EWING, R.; HANDY, S. Measuring the Unmeasurable: Urban Design Qualities Related to Walkability. **Journal of Urban Design**, v. 14, n. 1, p. 65–84, 2009.

FERRER, S.; RUIZ, T.; MARS, L. A qualitative study on the role of the built environment for short walking trips. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 33, p. 141–160, 2015.

FORDE, A.; DANIEL, J. Pedestrian walking speed at un-signalized midblock crosswalk and its impact on urban street segment performance. **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)**, v. 8, n. 1, p. 57–69, 2021.

FORSYTH, A. What is a walkable place? The walkability debate in urban design. **Urban Design International**, v. 20, n. 4, p. 274–292, 2015.

FOSTER, S. et al. Does walkable neighbourhood design influence the association between objective crime and walking? **The international journal of behavioral nutrition and physical activity**, v. 11, n. 1, p. 100, 2014.

FRACKELTON, A. et al. Measuring Walkability: Development of an Automated Sidewalk Quality Assessment Tool. **Suburban Sustainability**, v. 1, n. 1, 2013.

FU, X. et al. Do street-level scene perceptions affect housing prices in Chinese megacities? An analysis using open access datasets and deep learning. **PLoS ONE**, v. 14, n. 5, p. 1–18, 2019.

GANDELMAN, N.; SEREBRISKY, T.; SUÁREZ-ALEMÁN, A. Household spending on transport in Latin America and the Caribbean: A dimension of transport affordability in the region. **Journal of Transport Geography**, v. 79, n. February 2018, p. 102482, 2019.

GAVIRIA, S. et al. Invisible walls: Measuring the impact of organized violence on urban expansion. **Cities**, v. 97, n. October 2018, p. 102498, 2020.

GIANNINI, R. A.; AGUIRRE, K.; DE SOLA, I. **Diálogos sobre Seguridad Urbana: Data, Diseño e Innovación para la Seguridad Urbana**. [s.l: s.n.]. Disponible em: <<https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2018/08/2018-06-04-AE-USEx-dialogos-seguranca-ES.pdf>>.

GILDERBLOOM, J. I.; RIGGS, W. W.; MEARES, W. L. Does walkability matter? An examination of walkability's impact on housing values, foreclosures and crime. **Cities**, v. 42, p. 13–24, fev. 2015.

GOLOB, T. F. Structural equation modeling for travel behavior research. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 37, n. 1, p. 1–25, 2003.

GREENE, J. **Sustainability Focused Data Analysis - To what extent do walkability, crime, and neighborhood predict housing prices?** Oregon: [s.n.].

GRIEW, P. et al. Developing and testing a street audit tool using Google Street View to measure environmental supportiveness for physical activity. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 10, p. 1–7, 2013.

GROFF, E.; MCCORD, E. S. The role of neighborhood parks as crime generators. **Security Journal**, v. 25, n. 1, p. 1–24, 2012.

GULLÓN, P. et al. Assessing Walking and Cycling Environments in the Streets of Madrid: Comparing On-Field and Virtual Audits. **Journal of Urban Health**, v. 92, n. 5, p. 923–939, 2015.

GUO, Q. et al. The effect of road network patterns on pedestrian safety: A zone-based Bayesian spatial modeling approach. **Accident Analysis and Prevention**, v. 99, p. 114–124, 2017.

GUO, Y.; PEETA, S.; SOMENAHALLI, S. The impact of walkable environment on single-family residential property values. **Journal of Transport and Land Use**, v. 10, n. 1, p. 241–261, 2017.

GUZMAN, L. A.; OVIEDO, D.; RIVERA, C. Assessing equity in transport accessibility to work and study : The Bogotá region. **Journal of Transport Geography**, v. 58, p. 236–246, 2017.

GUZMAN, L. A.; PEÑA, J.; CARRASCO, J. A. Assessing the role of the built environment and sociodemographic characteristics on walking travel distances in Bogotá. **Journal of Transport Geography**, v. 88, n. January, p. 102844, 2020.

HABERMAN, C. P.; RATCLIFFE, J. H. Testing for Temporally Differentiated Relationships among Potentially Criminogenic Places and Census Block Street Robbery Counts. **Criminology**, v. 53, n. 3, p. 457–483, 2015.

HADDAD, M. A.; NEDOVIĆ-BUDIĆ, Z. Using Spatial Statistics to Analyze Intra-urban Inequalities and Public Intervention in São Paulo, Brazil. **Journal of Human Development**, v. 7, n. 1, p. 85–109, 2006.

HAIR, J. F. et al. **Multivariate Data Analysis**. 7th. ed. Essex: Bookman, 2017.

HANDY, S. Enough with the “ D ’ s ” Already — Let ’ s Get Back to “ A .” **Tramfers Magazine**, v. Spring 201, p. 1–3, 2018.

HECK, R. **An Introduction to Multilevel Modeling Techniques**. [s.l: s.n.].

HERNANDEZ, D. Uneven mobilities, uneven opportunities: Social distribution of public transport accessibility to jobs and education in Montevideo. **Journal of Transport Geography**, v. 67, n. June 2016, p. 119–125, 2018.

HIGGINS, C. D.; KANAROGLOU, P. S. Forty years of modelling rapid transit ’ s land value uplift in North America : moving beyond the tip of the iceberg. v. 1647, n. April, 2016.

HIRSCH, J. A. et al. The influence of walkability on broader mobility for Canadian middle aged and older adults: An examination of Walk Score<sup>TM</sup> and the Mobility Over Varied Environments Scale (MOVES). **Preventive Medicine**, v. 95, p. S60–S67, 2017.

ILARRI, S.; STOJANOVIC, D.; RAY, C. Semantic management of moving objects: A vision towards smart mobility. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 3, p. 1418–1435, 2015.

INLOW, A. R. A comprehensive review of quantitative research on crime, the built environment, land use, and physical geography. **Sociology Compass**, v. 15, n. 7, p. 1–18, 2021.

IROZ-ELARDO, N.; ADKINS, A.; INGRAM, M. Measuring perceptions of social environments for walking: A scoping review of walkability surveys. **Health and Place**, v. 67, n. December 2019, p. 102468, 2021.

IVEY, R.; BEREITSCHAFT, B. The Impact of Walkability on the Sales Price of Commercial Properties When Controlling for the Effects of Economic Recession: A Case Study of Omaha, Nebraska. **Journal of Real Estate Literature**, v. 29, n. 1, p. 43–59, 2021.

JACOBS, J. The death and life of great American cities. **Pelican books**, p. 474p., 1972.

JAITMAN, L. Urban infrastructure in Latin America and the Caribbean: public policy priorities. **Latin American Economic Review**, v. 24, n. 1, p. 13, 2015.

JĄSKIEWICZ, M.; BESTA, T. Is Easy Access Related to Better Life? Walkability and Overlapping of Personal and Communal Identity as Predictors of Quality of Life. **Applied Research in Quality of Life**, v. 9, n. 3, p. 505–516, 2014.

JUN, H. J.; HUR, M. The relationship between walkability and neighborhood social environment: The importance of physical and perceived walkability. **Applied Geography**, v. 62, p. 115–124, 2015.

KANG, C. D. The S + 5Ds: Spatial access to pedestrian environments and walking in Seoul, Korea. **Cities**, v. 77, n. February, p. 130–141, 2018.

KELLY, C. E. et al. A comparison of three methods for assessing the walkability of the pedestrian environment. **Journal of Transport Geography**, v. 19, n. 6, p. 1500–1508, 2011.

KIM, S.; CHOI, J.; KIM, S. Roadside walking environments and major factors affecting pedestrian level of service. **International Journal of Urban Sciences**, v. 17, n. 3, p. 304–315, 2013.

KIM, S.; PARK, S.; LEE, J. S. Meso-or micro-scale? Environmental factors influencing pedestrian satisfaction. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 30, p. 10–20, 2014.

KLEIN, N. J.; SMART, M. J. Millennials and car ownership: Less money, fewer cars. **Transport Policy**, v. 53, p. 20–29, 2017.

KOĞAR, H.; KOĞAR, E. Y. Comparison of Different Estimation Methods for Categorical and Ordinal Data in Confirmatory Factor Analysis. **Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology**, v. 6, n. 2, p. 351–364, 2015.

KOSCHINSKY, J.; TALEN, E. Affordable housing and walkable neighborhoods: A national urban analysis. **Cityscape: A Journal of Policy Development and Research**, v. 17, n. 2, p. 13–56, 2015.

KUBAT, A. S.; OZER, O.; OZBIL, A. Defining a strategical framework for urban pedestrianization projects: Assessment of walkability in 3 urban squares in Istanbul. **2013 International Space Syntax Symposium**, 2013.

KUO, F. E.; SULLIVAN, W. C. ENVIRONMENT AND CRIME IN THE INNER CITY Does Vegetation Reduce Crime? **Environment and Behavior**, v. 33, n. 3, p. 343–367, 2001.

LANCASTER, K. J. A new approach to consumer theory. **The Journal of Political Economy**, v. 74, n. 2, p. 132–157, 1966.

LARRAÑAGA, A. M. et al. The Influence of Built Environment and Travel Attitudes on Walking: A Case Study of Porto Alegre, Brazil. **International Journal of Sustainable Transportation**, n. February 2015, p. null-null, 2014a.

LARRAÑAGA, A. M. et al. The Influence of Built Environment and Travel Attitudes on Walking: A Case Study of Porto Alegre, Brazil. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 8318, n. June, p. 2–50, 2014b.

LARRANAGA, A. M. et al. **Using best–worst scaling to identify barriers to walkability: a study of Porto Alegre, Brazil**. [s.l.] Springer US, 2018.

LEINBERGER, C. B.; ALFONZO, M. Walk This Way: The Economic Promise of Walkable Places in Metropolitan Washington, D.C. **American School & University**, v. 79, n. 10, p. 44–47, 2007.

LEINBERGER, C. B.; RODRIGUEZ, M. Ranking Walkable Urbanism in America's Largest Metros @BULLET 2016. p. 1–40, 2016.

LEÓN, D. A. D. Análise Fatorial Confirmatória através dos Softwares R e Mplus Análise. **Monografia (Bacharel em Estatística)**, p. 1–97, 2011.

LESLIE, E. et al. Walkability of local communities: Using geographic information systems to objectively assess relevant environmental attributes. **Health and Place**, v. 13, n. 1, p. 111–122, 2007.

LI, C.-H. Confirmatory factor analysis with ordinal data: Comparing robust maximum likelihood and diagonally weighted least squares. **Behavior Research Methods**, v. 48, n. 3, p. 936–949, 2016.

LI, J. et al. Neighborhood characteristics and transport walking: Exploring multiple pathways of influence using a structural equation modeling approach. **Journal of Transport Geography**, v. 85, n. January, p. 102703, 2020a.

LI, M. et al. Revitalizing historic districts: Identifying built environment predictors for street vibrancy based on urban sensor data. **Cities**, v. 117, n. May, p. 103305, 2021.

LI, W. et al. From Car-Dependent Neighborhoods to Walkers' Paradise. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2453, n. October 2015, p. 162–170, 2014.

LI, W. et al. Assessing Benefits of Neighborhood Walkability to Single-Family Property Values: A Spatial Hedonic Study in Austin, Texas. **Journal of Planning Education and Research**, v. 35, n. 4, p. 471–488, 2015.

LI, Y. et al. Walkability, Safety and Housing values in Shrinking Cities: Spatial hedonic Study in Buffalo, Pittsburgh, and Detroit. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 146, n. 3, 2020b.

LIAO, B. et al. Empirical analysis of walkability using data from the Netherlands. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 85, n. June, p. 102390, 2020.

LITMAN, T. Economic Value of Walkability. **Transportation Research Record**, v. 1828, n. 1, p. Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein, M. (19, 2003).

LITMAN, T. Where We Want To Be: Home Location Preferences and Their Implications for Smart Growth. **Victoria Transport Policy Institute**, n. March 2016, p. 42, 2016.

LIU, L. et al. A machine learning method for the large-scale evaluation of urban visual environment. **Computing Research Repository, ArXiv.**, v. 65, n. Harvey 2014, p. 113–125, 2016.

LIU, L. et al. A machine learning-based method for the large-scale evaluation of the qualities of the urban environment. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 65, p. 113–125, 2017.

LORENC, T. et al. Crime, Fear of Crime and Mental Health: Synthesis of Theory and Systematic Reviews of Interventions and Qualitative Evidence. **Public Health Research**, v. 2, n. 2, p. Online publication, 2014.

LU, Y. Using Google Street View to investigate the association between street greenery and physical activity. **Landscape and Urban Planning**, n. July, 2018.

LUCAS, K. Transport and social exclusion: Where are we now? **Transport Policy**, v. 20, p. 105–113, 2012.

LUCAS, K. et al. Modelling the relationship between travel behaviours and social disadvantage. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 85, p. 157–173, 2016a.

LUCAS, K. et al. Modelling the relationship between travel behaviours and social disadvantage. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 85, p. 157–173, 2016b.

LUCCHESI, S. T. et al. Are people willing to pay more to live in a walking environment? A multigroup analysis of the impact of walkability on real estate values and their moderation effects in two Global South cities. **Research in Transportation Economics**, n. October, 2020a.

LUCCHESI, S. T. et al. The role of security and walkability in subjective wellbeing: A multigroup analysis among different age cohorts. **Research in Transportation Business and Management**, n. September, p. 100559, 2020b.

LUCCHESI, S. T.; URIARTE, A. M. L.; CYBIS, H. B. B. **Does walkability raises real state values in Brazil? A hedonic model approach on Rio de Janeiro City.** 2018 TRB Annual Meeting. **Anais...**2017.

MA, L.; CAO, J. How perceptions mediate the effects of the built environment on travel behavior? **Transportation**, v. 46, n. 1, p. 175–197, 2019.

MA, L.; DILL, J. Do people’s perceptions of neighborhood bikeability match “reality”? **Journal of Transport and Land Use**, v. 10, n. 1, p. 291–308, 2017.

MA, X. et al. Measuring human perceptions of streetscapes to better inform urban renewal: A perspective of scene semantic parsing. **Cities**, v. 110, p. 103086, 2021.

MACKIE, P. et al. International Comparisons of Transport Appraisal Practice Overview Report. n. April, 2013.

MACKINNON, D. P. Introduction to Statistical Mediation Analysis. **Introduction to Statistical Mediation Analysis**, 2012.

MÁRQUEZ, L.; CANTILLO, V.; ARELLANA, J. How are comfort and safety perceived by inland waterway transport passengers? **Transport Policy**, v. 36, p. 46–52, 2014.

MARSHALL, J. D.; BRAUER, M.; FRANK, L. D. Healthy neighborhoods: Walkability and air pollution. **Environmental Health Perspectives**, v. 117, n. 11, p. 1752–1759, 2009.

MCDONALD, N. C. The effect of objectively measured crime on walking in minority adults. **American Journal of Health Promotion**, v. 22, n. 6, p. 433–436, 2008.

MOHEBBI, S. **Rio without make-up: The subjective safety perception of low-middle class and upper-high class due to police and surveillance devises.** [s.l: s.n.].

MONTOYA, C. C. **Desarrollo urbano y movilidad en América Latina.** [s.l: s.n.].

MOURA, F.; CAMBRA, P.; GONÇALVES, A. B. Measuring walkability for distinct pedestrian groups with a participatory assessment method: A case study in Lisbon. **Landscape and Urban Planning**, v. 157, p. 282–296, 2017.

MOURATIDIS, K. Built environment and social well-being: How does urban form affect social life and personal relationships? **Cities**, v. 74, n. October, p. 7–20, 2018.

MURALEETHAEAN, T. et al. Method To Determine Overall Level-of-Service of Pedestrian Walkways Based on Total Utility Value. **Infrastructure Planning Review**, v. 22, p. 685–693, 2005.

MUTHÉN, L. K.; MUTHÉN, B. O. **Mplus: Statistical Analysis eith Latente Variables (User’s Guide).** 7. ed. Los Angeles/CA: Muthén & Múthen, 2010a.

MUTHÉN, L. K.; MUTHÉN, B. O. Examples: Special Features. In: **MPlus: Statistical Analysis with Latente Variables - User's Guide**. 6. ed. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén, 2010b. p. 499–514.

MUTHÉN, L. K.; MUTHÉN, B. O. **Mplus User's Guide** Los Angeles, CA Muthén & Muthén, , 2017.

NAGATA, S. et al. Objective scoring of streetscape walkability related to leisure walking: Statistical modeling approach with semantic segmentation of Google Street View images. **Health & Place**, v. 66, p. 102428, 2020.

OECD/ECLAC/CAF. **Latin American Economic Outlook 2017: Youth, Skills and Entrepreneurship** Latin American Economic Outlook 2017. Paris: [s.n.].

ORTÚZAR, J. D. D.; RIZZI, L. I. Valuation of transport externalities by stated choice methods. In: **Contributions to Economics**. [s.l: s.n.].

PARK, S.; DEAKIN, E.; LEE, J. S. Perception-based walkability index to test impact of microlevel walkability on sustainable mode choice decisions. **Transportation Research Record**, v. 2464, n. July 2016, p. 126–134, 2014.

PIVO, G.; FISHER, J. **Effects of Walkability on Property Values and Investment Returns** Responsible Property Investing Center, Boston College and University of Arizona and Benecki Center for Real Estate Studies, Indiana University. [s.l: s.n.].

PIVO, G.; FISHER, J. D. The Walkability Premium in Commerical Real Estate Investments. **Real Estate Economics**, v. 39, n. 2, p. 185–219, 2011.

PRATT, M. et al. Does perceived neighborhood walkability and safety mediate the association between education and meeting physical activity guidelines? **Preventing chronic disease: Public health researcg practice and policy.**, v. 12, n. July 2016, p. 1–5, 2015.

RAFIEMANZELAT, R.; EMADI, M. I.; KAMALI, A. J. City sustainability: the influence of walkability on built environments. **Transportation Research Procedia**, v. 24, n. June, p. 97–104, 2017.

RAUTERKUS, S. Y. R.; MILLER, N. G. Residential Land Values and Walkability. **JOSRE**, v. 3, p. 23–43, 2011.

RIO DE JANEIRO. **Intituto de Segurança Pública Dados Abertos**. Disponível em: <<http://www.ispdados.rj.gov.br/>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

ROBERTS, B. H. **Managing systems of secondary cities**. 1st. ed. Brussels: Cities Alliance/UNOPS, 2014.

RODRIGUEZ, D. A.; TARGA, F. Value of accessibility to bogotá's bus rapid transit system. **Transport Reviews**, v. 24, n. 5, p. 587–610, 2004.

ROSEN, S. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. **The Journal of Political Economy**, v. 82, n. 1, p. 34–55, 1974.

ROSSETTI, T. et al. Landscape and Urban Planning Explaining subjective perceptions of public spaces as a function of the built environment : A massive data approach. **Landscape and Urban Planning**, v. 181, n. September 2018, p. 169–178, 2019a.

ROSSETTI, T. et al. Explaining subjective perceptions of public spaces as a function of the built environment: A massive data approach. **Landscape and Urban Planning**, v. 181, n. September 2018, p. 169–178, 2019b.

RUIZ-PADILLO, A. et al. Application of multi-criteria decision analysis methods for assessing walkability: A case study in Porto Alegre, Brazil. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 63, n. July, p. 855–871, 2018.

SÆLENSMINDE, K. Cost-benefit analyses of walking and cycling track networks taking into account insecurity, health effects and external costs of motorized traffic. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 38, n. 8, p. 593–606, 2004.

SÃO PAULO. **Indicadores da criminalidade do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.ssp.sp.gov.br/Estatistica/Default.aspx>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

SASS, D. A.; SCHMITT, T. A. Testing measurement and structural invariance: Implications for Practice. In: TEO, T. (Ed.). . **Handbook of Quantitative Methods for Educational Research**. Rotterdam: Sense Publishers, 2013. v. 1p. 315–347.

SCHLOSSBERG, M. et al. **Rethinking the Street in an Era of Driveless cars**. Oregon: [s.n.].

SCHREIBER, J. B. et al. Reoprtng Structural Equation Modeling and Confirmatory Factor Analysis Results : A Review. **The Journal of Educational Research**, v. 99, n. 6, p. 323–338, 2006.

SCHUMACKER, R. E.; LOMAX, R. G. **A beginner's guide to structural equation modeling**. [s.l: s.n.].

SHARMA, R.; NEWMAN, P. Does urban rail increase land value in emerging cities ? Value uplift from Bangalore Metro. **Transportation Research Part A**, v. 117, n. March 2017, p. 70–86, 2018.

SHATU, F.; YIGITCANLAR, T. Development and validity of a virtual street walkability audit tool for pedestrian route choice analysis—SWATCH. **Journal of Transport Geography**, v. 70, n. January, p. 148–160, 2018.

SHEN, Y.; KARIMI, K. The economic value of streets: mix-scale spatio-functional interaction and housing price patterns. **Applied Geography**, v. 79, n. October, p. 187–202, 2017.

SIMON, H. A. . A Behavioral Model of Rational Choice. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 69, n. 1, p. 99–118, 1955.

SINGLETON, P. A.; WANG, L. Safety and Security in Discretionary Travel Decision Making. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2430, n. 1, p. 47–58, 2014.

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

SMITH, L. Walkability Audit Tool. **Workplace Health & Safety**, v. 63, n. 9, p. 420, 2015.

STANLEY, J. et al. Social exclusion and the value of mobility. **Journal of Transport Economics and Policy**, v. 45, n. 2, p. 197–222, 2011.

STEIGER, J. H. Notes on the Steiger–Lind (1980) Handout. **Structural Equation Modeling**, v. 23, n. 6, p. 777–781, 2016.

SU, S. et al. Auditing street walkability and associated social inequalities for planning implications. **Journal of Transport Geography**, v. 74, n. 129, p. 62–76, 2019.

TALEN, E.; KOSCHINSKY, J. The Walkable Neighborhood: A Literature Review. **International Journal of Sustainable Land Use and Urban Planning**, v. 1, n. 1, p. 42–63, 2013.

THE ECONOMIST. **SAFE CITIES INDEX 2017. Security in a rapidly urbanising world. A report from The Economist Intelligence Unit**. London: [s.n.]. Disponível em: <<https://dkf1ato8y5dsg.cloudfront.net/uploads/5/82/safe-cities-index-eng-web.pdf>>.

TORO-LÓPEZ, M. et al. **Más allá de los límites**. Quito: [s.n.].

TRIBBY, C. P. et al. Assessing built environment walkability using activity-space summary measures. **Journal of Transport and Land Use**, v. 9, n. 1, p. 187–207, 2016.

TROY, A.; GROVE, J. M. Property values, parks, and crime: A hedonic analysis in Baltimore, MD. **Landscape and Urban Planning**, v. 87, n. 3, p. 233–245, 2008.

TWINAM, T. Danger zone : Land use and the geography of neighborhood crime. **Journal of Urban Economics**, v. 100, p. 104–119, 2017.

UN HABITAT. **Planning and Design for Sustainable Urban Mobility**. [s.l.: s.n.].

VAN DEN BERG, P.; SHARMEEN, F.; WEIJS-PERRÉE, M. On the subjective quality of social Interactions: Influence of neighborhood walkability, social cohesion and mobility choices. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 106, n. October, p. 309–319, 2017.

VIGREN, A.; LJUNGBERG, A. Public Transport Authorities' use of Cost-Benefit Analysis in practice. **Research in Transportation Economics**, v. 69, n. November 2017, p. 560–567, 2018.

WANG, J.; WANG, X. **Structural Equation Modeling: Applications Using Mplus**. [s.l.] Wiley, 2012. v. 1

WANG, X. et al. Macro-level safety analysis of pedestrian crashes in Shanghai, China. **Accident Analysis and Prevention**, v. 96, p. 12–21, 2016.

WASHINGTON, E. Role of Walkability in Driving Home Values. **Leadership and Management in Engineering**, v. 13, n. 3, p. 123–130, 2013.

WELSH, B. C.; FARRINGTON, D. P. Effects of improved street lighting on crime: a systematic review. **Campbell Systematic Reviews**, n. 13, p. 59, 2008.

WENG, M. et al. The 15-minute walkable neighborhoods: Measurement, social inequalities and implications for building healthy communities in urban China. **Journal of Transport and Health**, v. 13, n. 129, p. 259–273, 2019.

WO, J. C. Mixed land use and neighborhood crime. **Social Science Research**, v. 78, n. October 2018, p. 170–186, 2019.

YAÑEZ-PAGANS, P. et al. Urban transport systems in Latin America and the Caribbean: lessons and challenges. **Latin American Economic Review**, v. 28, n. 1, 2019.

YENCHA, C. Valuing walkability : New evidence from computer vision methods. **Transportation Research Part A**, v. 130, n. September, p. 689–709, 2019.

YIN, L. et al. “Big data” for pedestrian volume: Exploring the use of Google Street View images for pedestrian counts. **Applied Geography**, v. 63, p. 337–345, 2015a.

YIN, L. et al. ‘Big data’ for pedestrian volume: Exploring the use of Google Street View images for pedestrian counts. **Applied Geography**, v. 63, p. 337–345, 2015b.

ZOLNIK, E. Geographically weighted regression models of residential property transactions: Walkability and value uplift. **Journal of Transport Geography**, v. 92, n. March, p. 103029, 2021.



## Anexo I: Questionário da pesquisa domiciliar

As seguintes páginas apresentam o questionário de pesquisa aplicado na cidade do Rio de Janeiro. Estão apresentadas somente as perguntas cujas respostas foram utilizadas nesta pesquisa, a fim de preservar a confidencialidade do questionário completo.

O questionário pertence a INSIDER – PESQUISAS & MARKETING e foi elaborado em conjunto com o WRI Brasil Cidades Sustentáveis. Solicitações para uso e cópia das perguntas apresentadas devem ser encaminhadas a estas organizações.

O questionário aplicado na cidade de São Paulo possui algumas variações, mas não se referem as perguntas utilizadas nesta pesquisa.

**1 – Há quanto tempo você vive neste bairro? (MENCIONAR BAIRRO):**

Menos de 1 ano → **ENCERRE E AGRADEÇA E ANOTE NA FOLHA DE ARROLAMENTO**

1 ou mais anos. Quantos? \_\_\_\_\_ ANOS

**2 – Qual a sua idade? \_\_\_\_\_ ANOS**

- 17 anos ou menos → **ENCERRE E AGRADEÇA E ANOTE NA FOLHA DE ARROLAMENTO**

- 71 anos ou mais → **ENCERRE E AGRADEÇA E ANOTE NA FOLHA DE ARROLAMENTO**

**3 – Qual o seu grau de instrução?**

1 – Não alfabetizado

4 – Médio Incompleto

7 – Superior Completo

2 – Fundamental Incompleto

5 – Médio Completo

8 – Pós-graduação Incompleto

3 – Fundamental Completo

6 – Superior Incompleto

9 – Pós-graduação Completo

**SE RESPONDEU MENOS DE 1 ANO → AGRADEÇA E ENCERRE**

**SE RESPONDEU MENOS DE 17 ANOS OU 71 ANOS OU MAIS → AGRADEÇA E ENCERRE**

**SE O ENTREVISTADO TIVER ALGUMA DIFICULDADE FÍSICA DE SE LOCOMOVER →**

**AGRADEÇA E ENCERRE E ANOTE NA FOLHA DE ARROLAMENTO**

### DADOS DO ENTREVISTADO

**4 – Sexo:**

1 – Masculino

2 – Feminino

...

**11 – Existe algum automóvel disponível para o seu uso, mesmo que seja para uso de vez em quando? (EXPLICAR QUE PODE SER AUTOMÓVEL PRÓPRIO OU DE OUTRA PESSOA)**

1 – Sim

2 – Não

...

**AGORA VAMOS FALAR SOBRE SEUS DESLOCAMENTOS PARA IR ATÉ O TRABALHO, ESCOLA, FACULDADE ETC.? (NÃO CONSIDERE AQUI ATIVIDADES RELACIONADAS AO TEMPO DE LAZER).**

**13 – Em quantos dias na semana você faz CAMINHADA como meio de deslocamento para IR até o trabalho, escola, faculdade etc?**

1 – 1 dia

3 – 3 dias

5 – 5 dias

7 – 7 dias

2 – 2 dias

4 – 4 dias

6 – 6 dias

8 – Não faz → **PULE PARA P.15**

...

**AGORA VOU LHE FAZER ALGUMAS PERGUNTAS SOBRE A PERCEPÇÃO QUE VOCÊ TEM DO AMBIENTE DE SEU BAIRRO. CONSIDERE COMO BAIRRO A REGIÃO PRÓXIMA À SUA RESIDÊNCIA ONDE VOCÊ PODE IR CAMINHANDO EM ATÉ 15 MINUTOS.**

**NAS PRÓXIMAS PERGUNTAS, EU VOU LER ALGUMAS FRASES E GOSTARIA QUE VOCÊ ME DISSESSE O QUANTO CONCORDA OU DISCORDA DE CADA UMA DELAS. VOCÊ PODE CONCORDAR TOTALMENTE, CONCORDAR EM PARTE, DISCORDAR TOTALMENTE OU DISCORDAR TOTALMENTE.**

**107** – É **fácil caminhar** da sua casa até um ponto ou estação de transporte público (ônibus, trem, metrô ou **SUPERVIA**), mais próximo.

**108** - Existem **caminhos alternativos** que você possa usar para ir de um lugar para outro no seu bairro.

**109** – As ruas do seu bairro têm **subidas e descidas** que dificultam caminhar ou andar de bicicleta.

...

**111** – Quando você caminha ou anda de bicicleta no seu bairro encontra muitas **coisas interessantes** para ver.

**112** – Existem muitas **construções/casas bonitas** no seu bairro.

...

<b>GRAU DE CONCORDÂNCIA</b>	<b>Perg. 107</b>	<b>Perg. 108</b>	<b>Perg. 109</b>	<b>Perg. 110</b>	<b>Perg. 111</b>	<b>Perg. 112</b>	<b>Perg. 113</b>	<b>Perg. 114</b>
Discordo totalmente	1	1	1	1	1	1	1	1
Discordo em parte	2	2	2	2	2	2	2	2
Concordo em parte	3	3	3	3	3	3	3	3
Concorda totalmente	4	4	4	4	4	4	4	4

...

**118** – Existem **faixas, sinais ou passarelas** que facilitam a travessia das ruas movimentadas do seu bairro.

...

**120** – As ruas do seu bairro são bem **iluminadas à noite**.

<b>GRAU DE CONCORDÂNCIA</b>	<b>Perg.115</b>	<b>Perg.116</b>	<b>Perg.117</b>	<b>Perg.118</b>	<b>Perg.119</b>	<b>Perg.120</b>
Discordo totalmente	1	1	1	1	1	1
Discordo em parte	2	2	2	2	2	2
Concordo em parte	3	3	3	3	3	3
Concorda totalmente	4	4	4	4	4	4

...

**121** - Existem muitos crimes no seu bairro.

**122** – É seguro caminhar ou andar de bicicleta **durante o dia** no seu bairro.

**123** – É seguro caminhar ou andar de bicicleta **durante a noite** no seu bairro.

**124** – É seguro **embarcar ou desembarcar** do transporte público no seu bairro.

**125** – É seguro **frequentar** os parques, praças ou locais de recreação públicos em seu bairro.

<b>GRAU DE CONCORDÂNCIA</b>	<b>Perg. 121</b>	<b>Perg. 122</b>	<b>Perg. 123</b>	<b>Perg. 124</b>	<b>Perg. 125</b>
Discordo totalmente	1	1	1	1	1
Discordo em parte	2	2	2	2	2
Concordo em parte	3	3	3	3	3
Concorda totalmente	4	4	4	4	4

...

**126** – Você está satisfeito com o **acesso ao transporte público** no seu bairro?

...

**128** – Você está satisfeito com a **qualidade das calçadas** em seu bairro?

...

<b>GRAU DE SATISFAÇÃO</b>	<b>Perg.126</b>	<b>Perg.127</b>	<b>Perg.128</b>	<b>Perg.129</b>
Muito insatisfeito	1	1	1	1
Insatisfeito	2	2	2	2
Satisfeito	3	3	3	3
Muito satisfeito	4	4	4	4

...

**132** - Você está satisfeito com o **acesso ao comércio** no seu bairro?

...

<b>GRAU DE SATISFAÇÃO</b>	<b>Perg.130</b>	<b>Perg.131</b>	<b>Perg.132</b>	<b>Perg.133</b>	<b>Perg.134</b>
Muito insatisfeito	1	1	1	1	1
Insatisfeito	2	2	2	2	2
Satisfeito	3	3	3	3	3
Muito satisfeito	4	4	4	4	4

...

**137** – Você está satisfeito com a sua **qualidade de vida**?

**138** – Você está satisfeito com a sua **saúde**?

**139** – Você está satisfeito com a sua **capacidade** de desempenhar as atividades do dia a dia?

**140** – Você está satisfeito **consigo** mesmo?

**141** – Você está satisfeito com suas relações pessoais (**amigos, parentes, conhecidos e colegas**)?

**142** – Você está satisfeito com as suas **condições de moradia**?

<b>GRAU DE SATISFAÇÃO</b>	<b>Perg.137</b>	<b>Perg.138</b>	<b>Perg.139</b>	<b>Perg.140</b>	<b>Perg.141</b>	<b>Perg.142</b>
Muito insatisfeito	1	1	1	1	1	1
Insatisfeito	2	2	2	2	2	2
Nem satisfeito nem insatisfeito	3	3	3	3	3	3
Satisfeito	4	4	4	4	4	4
Muito satisfeito	5	5	5	5	5	5

**143** – Você tem **disposição** para as atividades do seu dia a dia? **LEIA OPÇÕES**

**144** – Você tem **dinheiro suficiente** para satisfazer suas necessidades? **LEIA OPÇÕES**

	<b>Perg.143</b>	<b>Perg.144</b>
Nunca	1	1
Pouco	2	2
Às vezes	3	3
Na maioria das vezes	4	4
Sempre	5	5

## Anexo III: Mapas

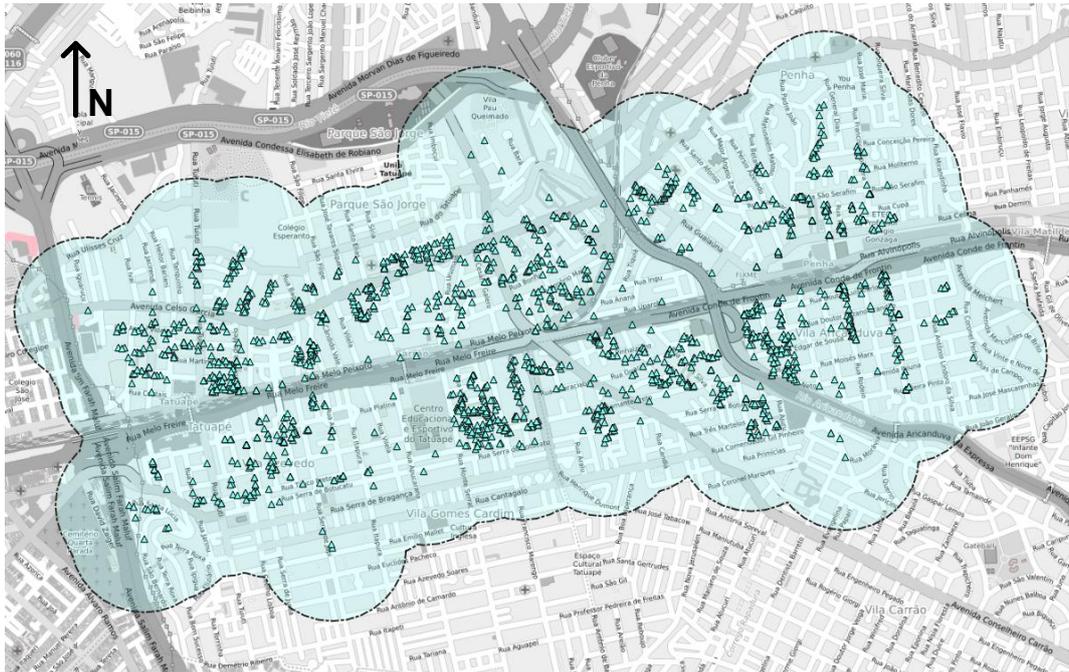
Imagens da cidade de São Paulo (SP) originalmente geradas com escala de 1:20.000 e imagens da cidade do Rio de Janeiro (RJ) com escala 1:40.000.

### AIII.1 – Entrevistas

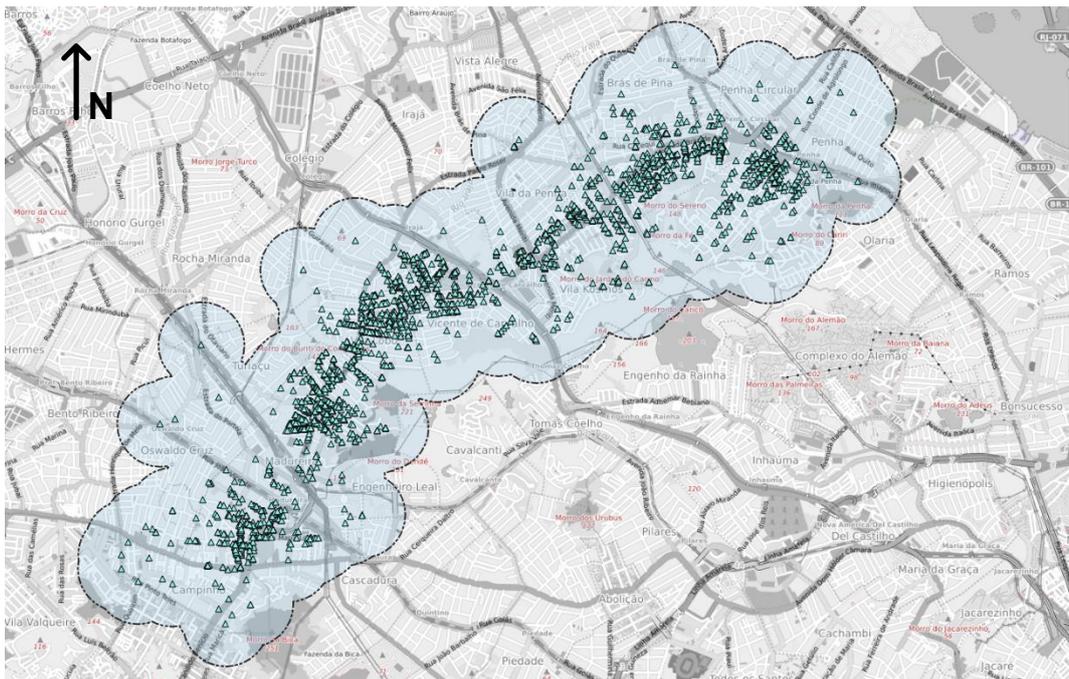
Fonte dos dados: Entrevistas.

Ano de coleta: 2015.

SP



RJ





### AIII.3 – Escolas

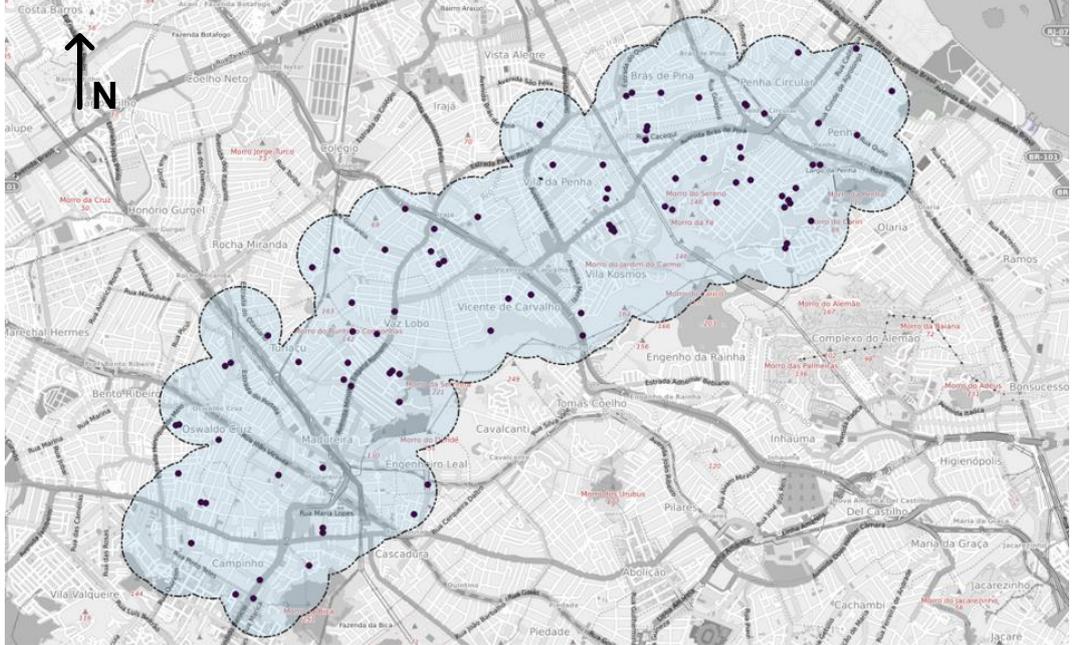
Fonte dos dados: Portal de dados abertos das prefeituras.

Ano de coleta: 2018.

SP



RJ



### AIII.4 – Transporte coletivo

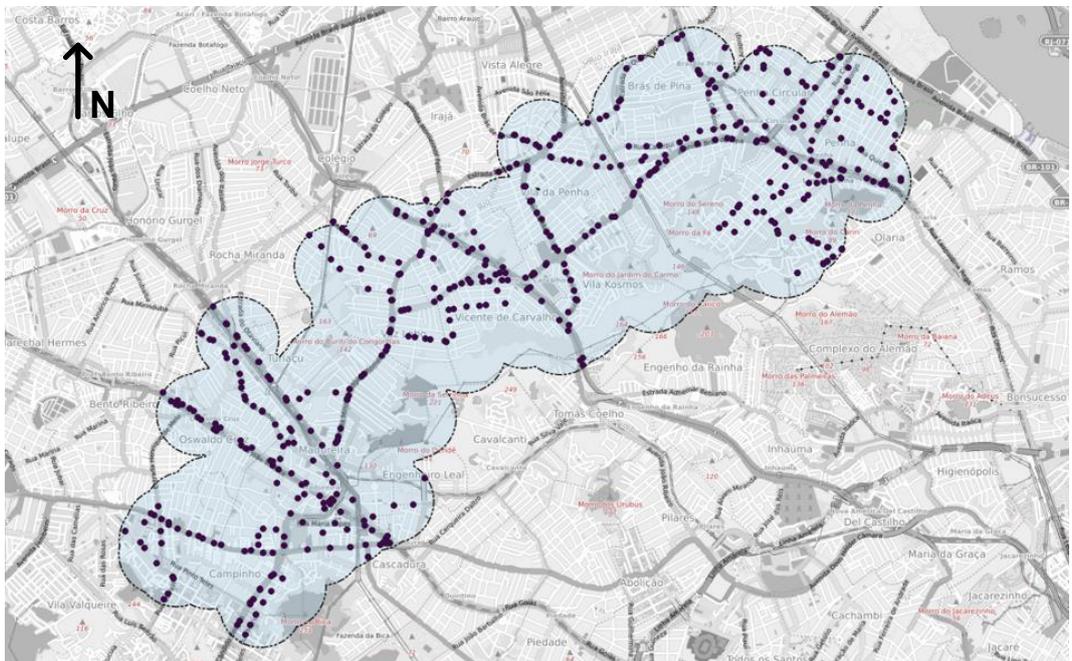
Fonte dos dados: Portal de dados abertos das prefeituras.

Ano de coleta: 2018.

SP



RJ



### AIII.5 – Comercio e serviços

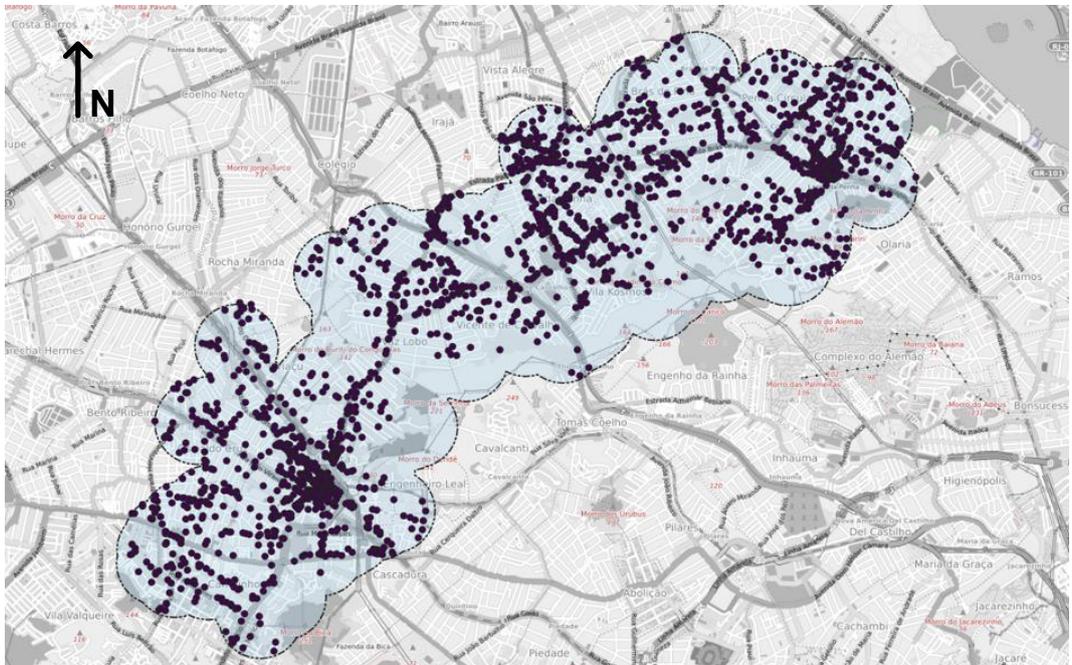
Fonte dos dados: *Open Street Map*.

Ano de coleta: 2018.

SP



RJ



### AIII.6 – Áreas verdes

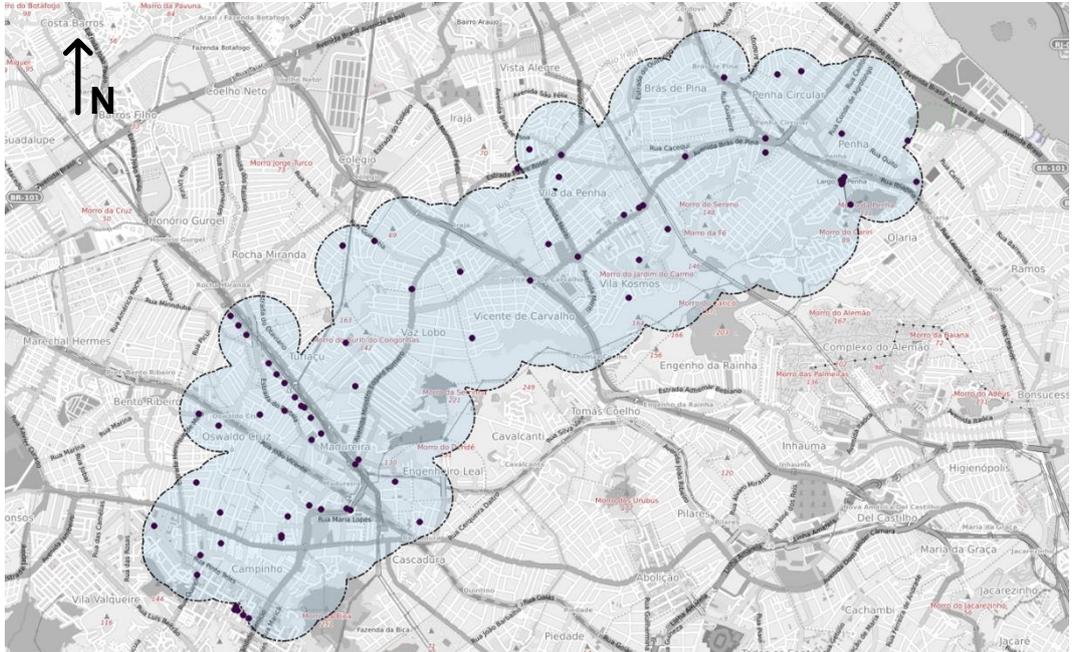
Fonte dos dados: *Open Street Map*.

Ano de coleta: 2018.

SP



RJ



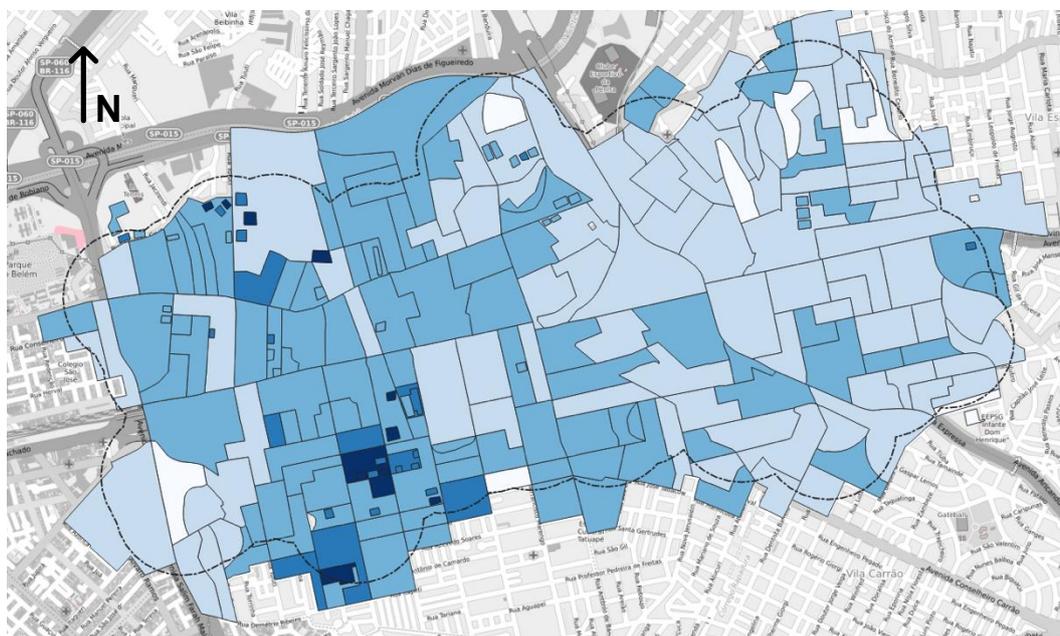
### AIII.7 – Renda média do domicílio

Fonte dos dados: Censo demográfico nacional.

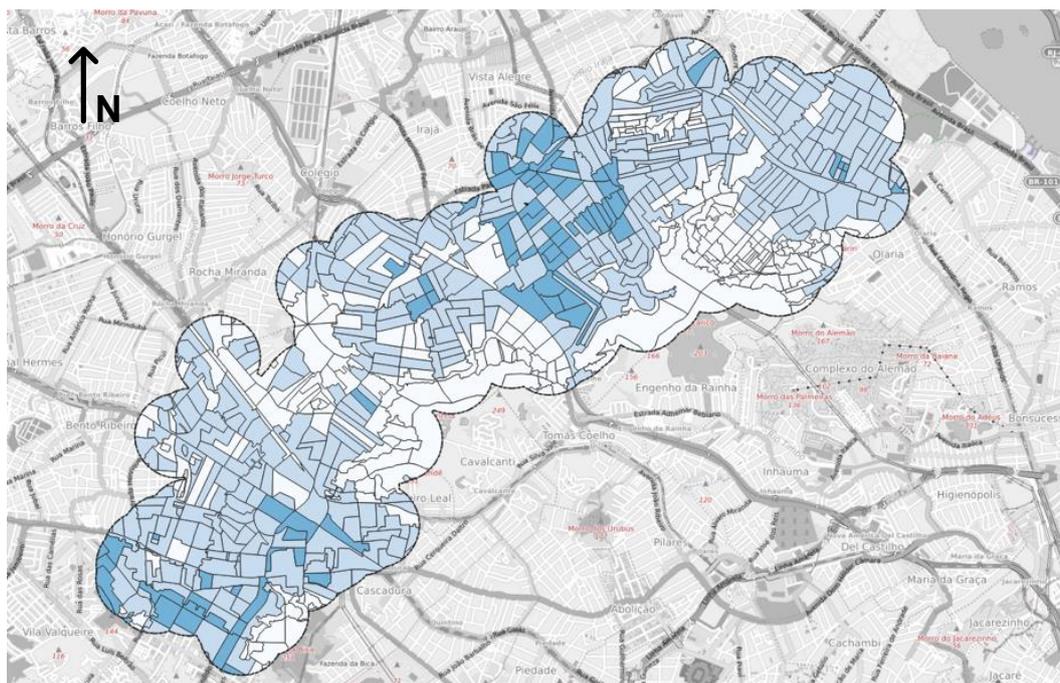
Ano de coleta: 2011.



SP



RJ



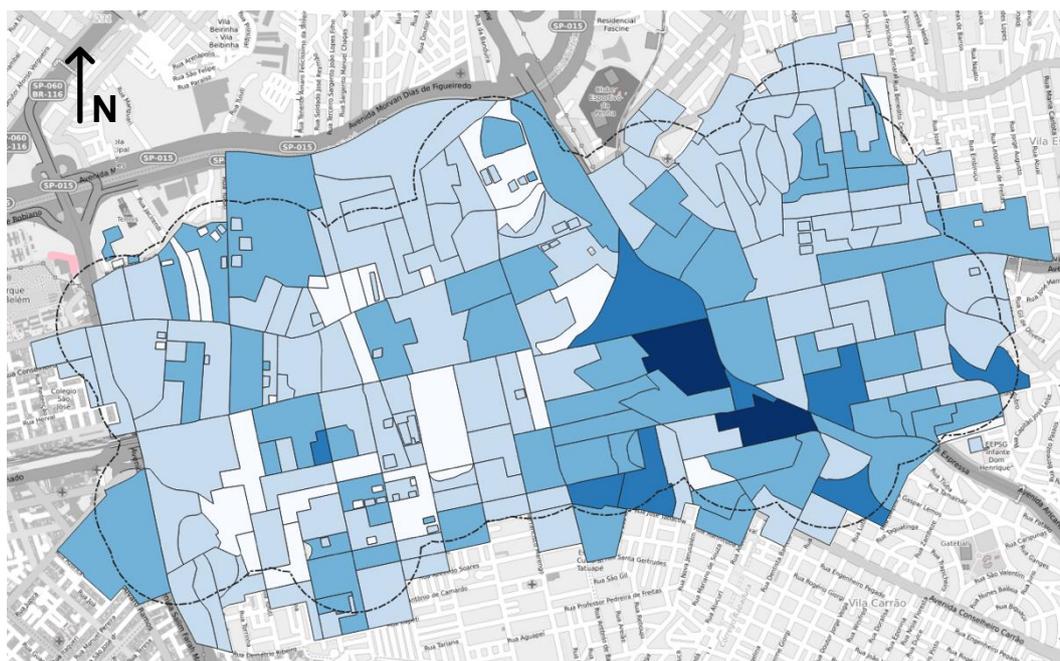
### AIII.8 – População

Fonte dos dados: Censo demográfico nacional.

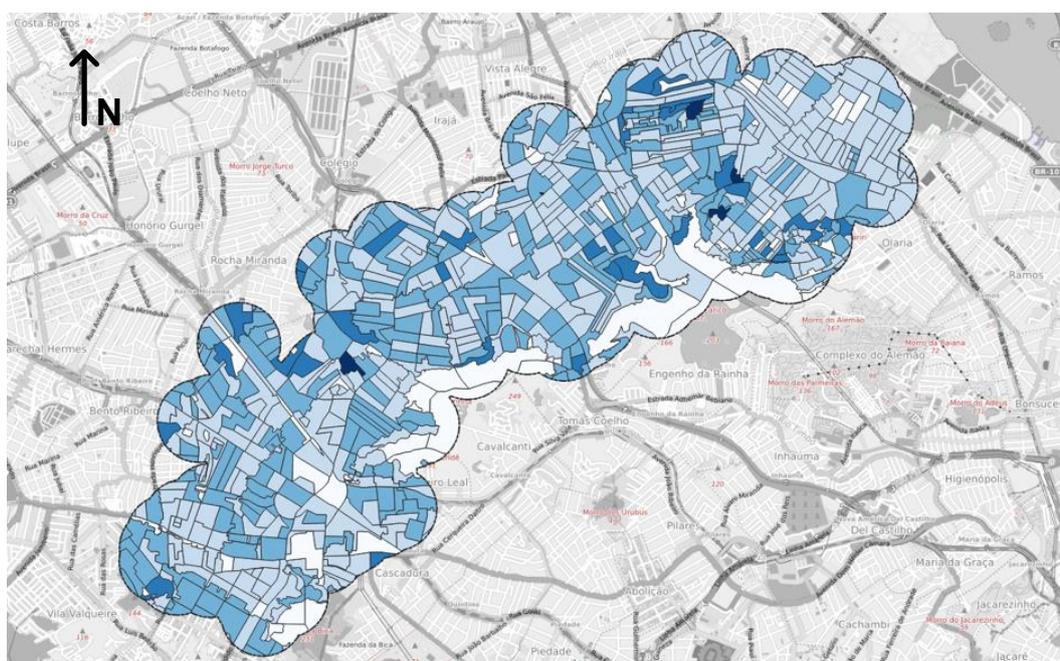
Ano de coleta: 2011.



SP



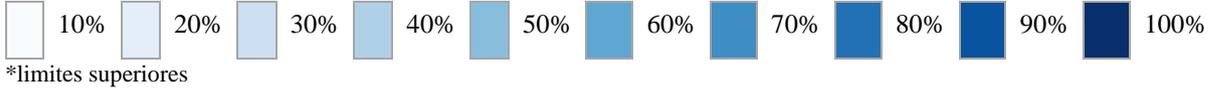
RJ



### AIII.9 – Iluminação

Fonte dos dados: Censo demográfico nacional.

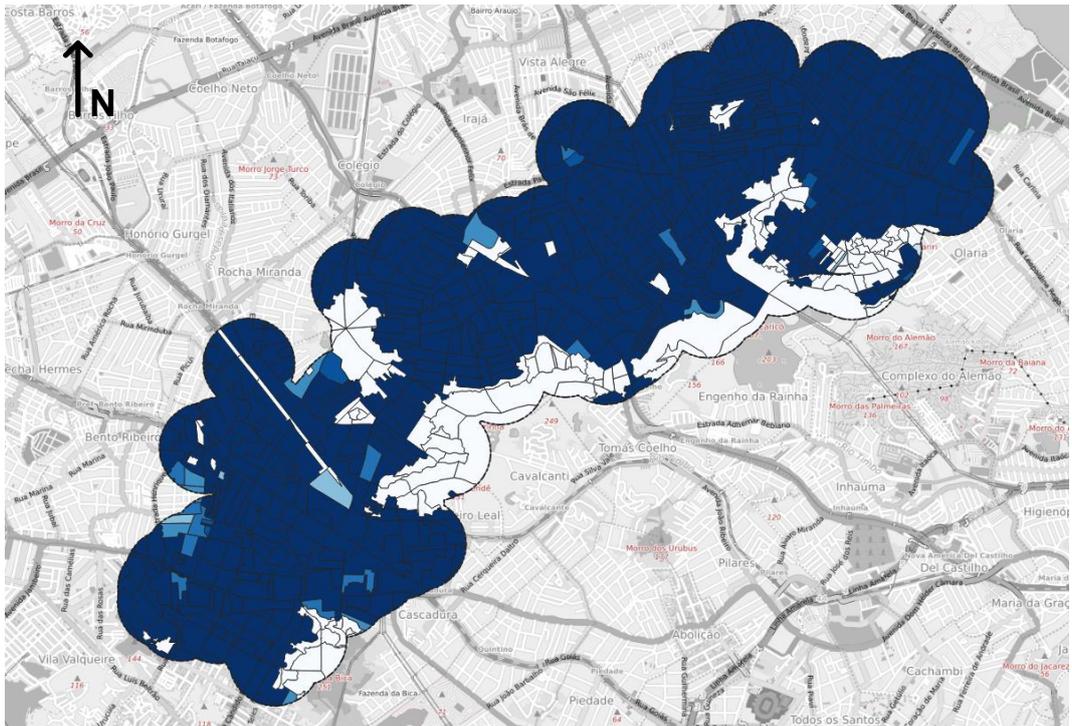
Ano de coleta: 2011.



SP



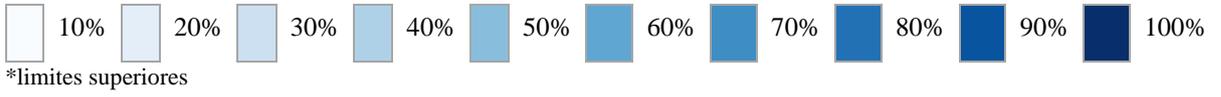
RJ



### AIII.10 – Pavimento

Fonte dos dados: Censo demográfico nacional.

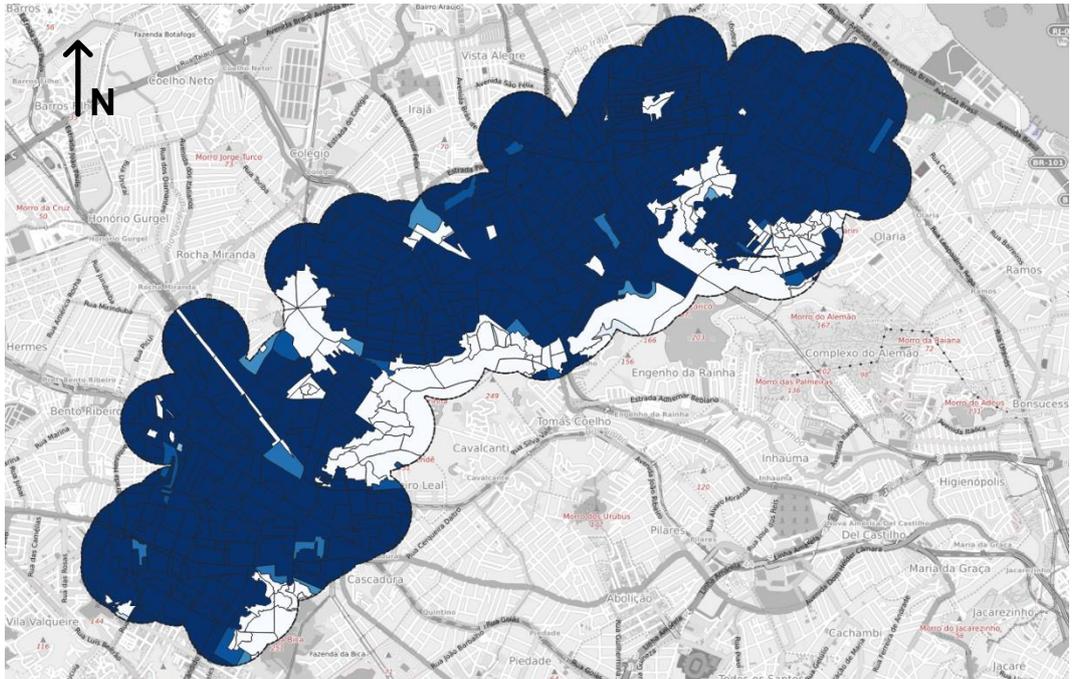
Ano de coleta: 2011.



SP



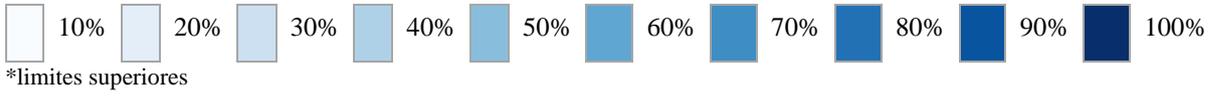
RJ



### AIII.11 – Calçada

Fonte dos dados: Censo demográfico nacional.

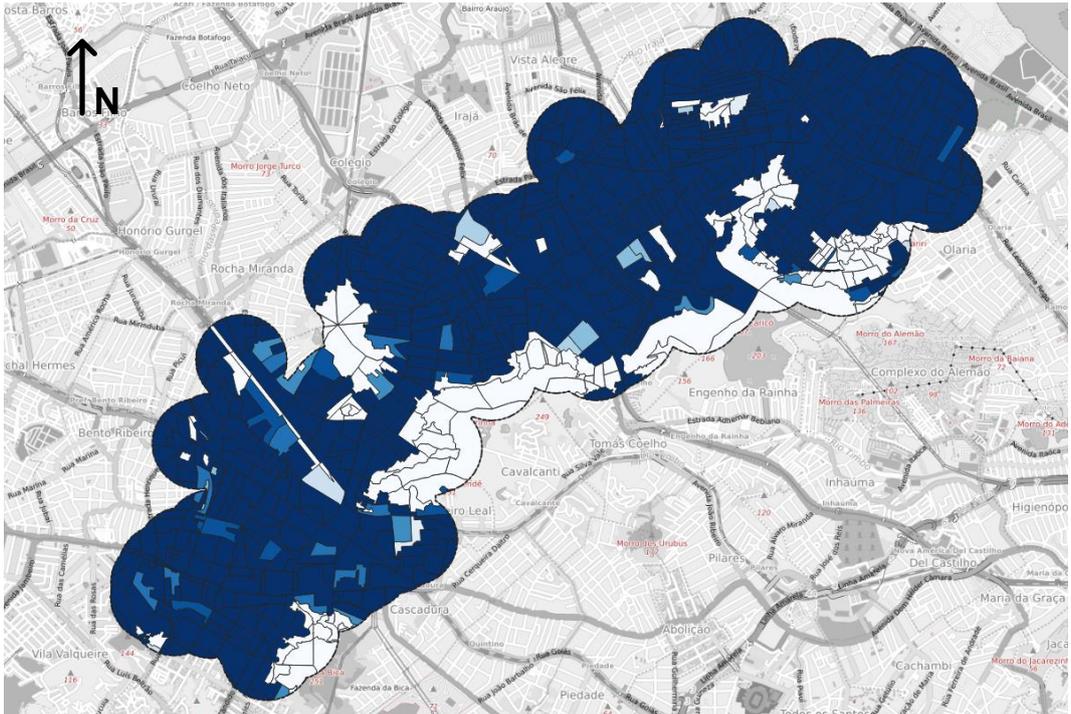
Ano de coleta: 2011.



SP



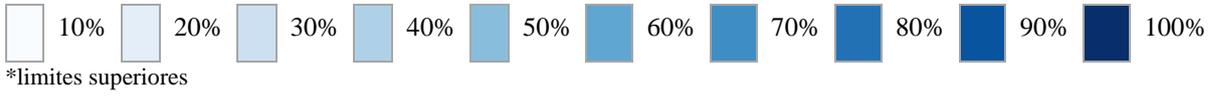
RJ



### AIII.12 – Arborização

Fonte dos dados: Censo demográfico nacional.

Ano de coleta: 2011.

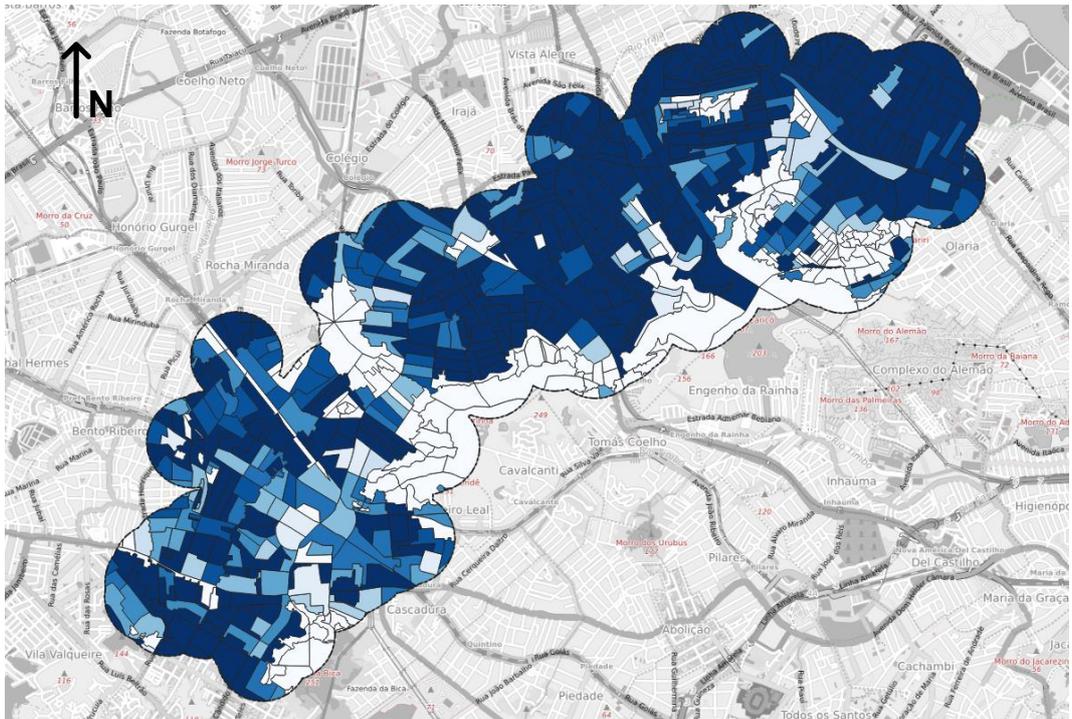


\*limites superiores

**SP**



**RJ**



### Anexo III: Relação de artigos derivados da pesquisa apresentados em conferências

O quadro abaixo apresentados artigos derivados desta pesquisa que foram apresentados em conferências nacionais e internacionais.

<b>Título do artigo</b>	<b>Título da Conferência</b>	<b>Data</b>	<b>Local</b>	<b>Status</b>
Machine learning and image recognition technologies to identify built environment barriers and incentives to walk	Transportation Research Board (TRB) 101st Annual Meeting	Janeiro 2022	Washington DC	Submetido
Segmentação semântica para identificação de cenas urbanas que são incentivos ou barreiras à caminhada	35ª ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes	Novembro 2021	Online	Submetido
Measuring walkability using machine learning: semantic segment algorithms for pedestrian models	XXI Congreso Panamericano de Transporte y Logística	Agosto 2021	Online	Apresentado
Do people willing to pay more to live in a walkable environment is context-dependent? A comparative hedonic model approach	Transportation Research Board (TRB) 100s Annual Meeting	Janeiro 2021	Online	Apresentado
Coleta de dados através de machine learning: um possível substituto para representar microescala urbana nos estudos de percepção da caminhabilidade	34ª ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes	Novembro 2021	Online	Apresentado
Is there also a premium for walkability perception in low-income neighborhoods? A multi-group analysis evaluating real estate data in Latin America	2020 World Symposium on Transport and Land Use Research	Julho 2020	Portland	Aprovado <sup>13</sup>
Measuring walkability through machine learning: a possible substitute for traditional built environment data collection methods.	12th International Conference on Transport Survey Methods	Março 2020	Portugal	Aprovado <sup>14</sup>
Does walkability raise real estate values? A hedonic model approach	Congreso Panamericano De Ingeniería De Tránsito, Transporte Y Logística 2018	Setembro 2018	Medellin	Apresentado
Does Walkability Raise Real Estate Values in Brazil? A Hedonic Model Approach on Rio de Janeiro City	Transportation Research Board (TRB) 97th Annual Meeting	Janeiro 2018	Washington DC	Apresentado

<sup>13</sup> Conferência adiada para 2021 devido a pandemia da COVID-19. O artigo não foi resubmetido pois foi encaminhado para publicação em periódico.

<sup>14</sup> Conferência adiada para 2022 devido a pandemia da COVID-19.