

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**AVALIAÇÃO DA CAMINHABILIDADE EM ÁREA
URBANA UTILIZANDO ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

TAIANY RICHARD PITILIN

São Carlos

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

AVALIAÇÃO DA CAMINHABILIDADE EM ÁREA URBANA
UTILIZANDO ANÁLISE MULTICRITÉRIO

TAIANY RICHARD PTILIN

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Suely da Penha Sanches

São Carlos

2021

Pitilin, Taiany Richard

Avaliação da caminhabilidade em área urbana utilizando análise multicritério / Taiany Richard Pitilin -- 2021. 125f.

Tese de Doutorado - Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador (a): Suely da Penha Sanches

Banca Examinadora: Suely da Penha Sanches, Marcelo Augusto Amancio, Thais de Cassia Martinelli Guerreiro, Rochele Amorim Ribeiro, Ilce Marília Dantas Pinto de Freitas

Bibliografia

1. Caminhabilidade. 2. Mobilidade sustentável. 3. Análise multicritério. I. Pitilin, Taiany Richard. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Taiany Richard Pitilin, realizada em 03/12/2021.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Suely da Penha Sanches (UFSCar)

Prof. Dr. Marcelo Augusto Amancio (UNIP)

Profa. Dra. Thais de Cassia Martinelli Guerreiro (UFSCar)

Profa. Dra. Rochelle Amorim Ribeiro (UFSCar)

Profa. Dra. Ilce Marília Dantas Pinto de Freitas (UFBA)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

*Ao meu marido e companheiro
Peterson, que com paciência,
amor e carinho esteve sempre
me apoiando.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me guiou, me auxiliou em minhas escolhas e que me protegeu em meu caminho.

Aos meus pais, que me apoiaram em minhas decisões e não me deixaram desistir mesmo diante das dificuldades, orientando – me e auxiliando em minha formação, contribuindo para que eu me tornasse a pessoa que hoje sou.

Aos alunos da faculdade Anhanguera, Vinícius Donizeti de Paula, Carina Silva Maciel, Wellington Queiroz Negri, pela ajuda na coleta de dados e Bruno Henrique Pegorari por todo o apoio.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana pela oportunidade de realizar este doutorado.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Aos colegas do PPGEU-UFSCAR pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho e por todo o apoio, por todos os conselhos e todos os cafés, em especial ao Cláudio Pierini.

Aos membros do grupo de pesquisa NEMS, em especial a Luciana Bernal e a Beatriz Segadilha pela amizade e por todo conhecimento compartilhado.

Ao secretário do PPGEU, Alex Rogério Silva, sempre disposto a ajudar e auxiliar os discentes.

À minha orientadora Suely da Penha Sanches, por toda dedicação, paciência e conhecimento compartilhado.

Ao meu companheiro Peterson Ferreira, que em todos os momentos esteve ao meu lado, pelo apoio, pelo amor e pela compreensão durante todo esse tempo.

RESUMO

Para avaliar a qualidade do ambiente para caminhadas existem diversos métodos de avaliação, no entanto, pode-se destacar a caminhabilidade, pois a caminhabilidade é a medida de quanto o ambiente construído suporta e encoraja o caminhar, proporcionando conforto e segurança para os pedestres, conectando as pessoas a destinos variados dentro de um período razoável de tempo e esforço e oferecendo um visual atrativo. A presente pesquisa busca desenvolver um procedimento para avaliar a caminhabilidade de cidades brasileiras utilizando Avaliação Multicritério. A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa constitui-se de: (1) Identificação dos indicadores que podem ser utilizados para avaliar a caminhabilidade, (2) Atribuição de pesos aos indicadores através da aplicação de questionários para especialistas em planejamento de transportes, (3) Coleta de dados das áreas de estudo selecionadas, (4) Normalização dos dados através da lógica *fuzzy*, (5) Integração dos indicadores através da Combinação Linear Ponderada e (6) Análise dos resultados obtidos. Como resultado, foi possível identificar os indicadores para realizar uma avaliação da caminhabilidade. Foram coletados os dados em três áreas de estudo referentes a cada um dos indicadores e realizada avaliação com as notas normalizadas através das funções *fuzzy* para cada um dos indicadores. A aplicação foi realizada em três áreas diferentes da cidade de Ribeirão Preto para assim verificar a eficácia do método e realizar uma comparação do nível de caminhabilidade entre uma área central e duas áreas periféricas. Através dos resultados obtidos nas áreas de pesquisa foi possível identificar que o nível de caminhabilidade do município é diferente entre os bairros, identificando que a área central e a área periférica ocupada por uma população de classe média/alta possui um nível de caminhabilidade superior a área periférica ocupada por uma população de classe média/baixa. A aplicação desta pesquisa pode ser utilizada como um modelo para analisar a caminhabilidade de áreas urbanas, podendo ser usado como ferramenta para definir melhorias visando aumentar as condições de segurança dos espaços para pedestres, aumentar a atratividade para este modo de transporte e estabelecer rotas mais acessíveis, com melhores condições de deslocamento. Os resultados da aplicação desta ferramenta poderão servir, também, como auxílio na tomada de decisões sobre investimentos na infraestrutura urbana para pedestres.

PALAVRAS CHAVE: Caminhabilidade. Análise Multicritério. Caminhada. Mobilidade sustentável.

ABSTRACT

To assess the quality of the walking environment, there are several assessment methods, however, walkability can be highlighted, as walkability is the measure of how much the built environment supports and encourages walking, providing comfort and safety for pedestrians, connecting people to various destinations within a reasonable period of time and effort and offering an attractive look. This research seeks to develop a procedure to assess the walkability of Brazilian cities using Multicriteria Assessment. The methodology used for the development of the research consisted of: (1) Identification of indicators that can be used to assess walking, (2) Assigning weights to the indicators through the application of questionnaires for specialists in transport planning, (3) Collection of data from the selected study areas, (4) Normalization of data through fuzzy logic, (5) Integration of indicators through Weighted Linear Combination and (6) Analysis of the results obtained. As a result, it was possible to identify the indicators to carry out a walkability assessment. Data were collected in three areas of study referring to each of the indicators and an evaluation was carried out with the normalized scores using fuzzy functions for each of the indicators. The application was carried out in three different areas to verify the effectiveness of the method and to make a comparison of the walkability level between a central area and two peripheral areas. Through the results obtained in the research areas, it was possible to identify that the level of walkability of the municipality is different between the neighborhoods, identifying that the central area and the peripheral area occupied by a middle/high class population has a higher level of walkability than the area occupied by a middle/lower class population. The application of this research can be used as a model to analyze the walkability of urban areas, and can be used as a tool to define improvements to increase the safety conditions of pedestrian spaces, increase the attractiveness of this mode of transport and establish more accessible routes, with better displacement conditions. The results of the application of this tool may also serve as an aid in making decisions about investments in urban infrastructure for pedestrians.

KEY WORDS: Walkability. Multicriteria Analysis. Walking. Sustainable mobility.

LISTA DE FIGURAS

4.1 – Localização da cidade de Ribeirão Preto	47
4.2 – Áreas selecionadas para análise na cidade de Ribeirão Preto	48
4.3 – Área central da cidade – Quadrilátero central	49
4.4 – Área no jardim Antártica na cidade de Ribeirão Preto	49
4.5 – Área no Bairro Nova Ribeirânea na cidade de Ribeirão Preto	50
4.6 – Etapas metodológicas da pesquisa	55
5.1 – Importância dos indicadores (Pesos)	59
5.2 – Média obtida das notas para N2 e N3 para cada um dos indicadores	62
5.3 – Normalização do indicador “Índice de Permeabilidade”	63
5.4 – Normalização do indicador “Índice de Entropia”	64
5.5 – Normalização do indicador “Densidade de Ocupação”	64
5.6 - Normalização do indicador “Porcentagem das vias seguras”	65
5.7 - Normalização do indicador “Criminalidade”	66
5.8 - Normalização do indicador “Qualidade do ambiente do pedestre”	67
5.9 - Normalização do indicador “Distancia até pontos de acesso ao transporte público”	68
5.10 - Normalização do indicador “Declividade das vias”	69
5.11 – Pontos para o cálculo das distâncias em linha reta e menor caminho	70
5.12 – Mapa de uso do solo	71
5.13 – Mapa de gabarito	72
5.14 – Mapa de hierarquia viária	74
5.15 – Escada em calçada na Rua Rui Barbosa	76
5.16 – Distância de caminhada para acessar um ponto de ônibus	77
5.17 – Mapa de declividade com inclinação das vias	78
5.18 – Pontos para o cálculo das distâncias em linha reta e menor caminho	79
5.19 – Mapa de uso do solo	80
5.20 – Mapa de gabarito	81
5.21 – Hierarquia viária	82
5.22 – Distância de caminhada para acessar um ponto de ônibus	85
5.23 – Mapa de declividade das vias	86
5.24 – Pontos para o cálculo das distâncias em linha reta e menor caminho	87
5.25 – Mapa de uso do solo	88
5.26 – Mapa de gabarito	89
5.27 – Hierarquia viária	90
5.28 – Distância de caminhada para acessar um ponto de ônibus	93
5.29 – Mapa de declividade das vias	94
A.1 – Frequências observadas para um determinado indicador	108
A.2 – Valores das cinco categorias do indicador	109

LISTA DE QUADROS

3.1 – Exemplo de pesquisas em que foi utilizada Avaliação Multicritério	37
4.1 – Escala de avaliação da caminhabilidade proposta pelo iCam	44
5.1 – Escala de avaliação da caminhabilidade proposta pelo iCam	96

LISTA DE TABELAS

2.1 – Critérios para avaliação da caminhabilidade	21
2.2 – Desenho das vias – Indicadores para avaliação	25
2.3 – Diversidade de usos – Indicadores para avaliação	27
2.4 – Densidade - Indicadores para avaliação	28
2.5 – Segurança – Indicadores para avaliação	29
2.6 – Seguridade – Indicadores para avaliação	30
2.7 – Ambiente do pedestre – Indicadores para avaliação	32
2.8 – Acesso a outros modos de transporte – Indicadores para avaliação	33
2.9 – Declividade – Indicadores para avaliação	34
2.10 – Critérios e indicadores que serão utilizados na pesquisa	34
4.1 – Critérios e indicadores que serão utilizados na pesquisa	41
4.2 – Níveis de impacto para a avaliação do Desenho Urbano – Índice de Permeabilidade	44
4.3 – Níveis de impacto para a avaliação da Diversidade de usos do solo – Índice de Entropia	44
4.4 – Níveis de impacto para a avaliação da Densidade de Ocupação	44
4.5 – Níveis de impacto para a avaliação da Segurança – Porcentagem das vias seguras	45
4.6 - Níveis de impacto para a avaliação da Seguridade - Criminalidade	45
4.7 – Níveis de impacto para a avaliação do Ambiente do Pedestre – Qualidade do ambiente do pedestre	45
4.8 – Níveis de impacto para a avaliação do Acesso a outros meios de transporte – Distância até pontos de transporte público	46
4.9 – Níveis de impacto para a avaliação da Declividade – Porcentagem do comprimento das vias com declividade adequada	46
5.1 – Médias, Desvios padrão e Amostra	57
5.2 – Área de formação dos especialistas respondentes	57
5.3 – Conhecimento dos especialistas sobre caminhabilidade	58
5.4 – importância dos indicadores na opinião dos especialistas (% de respostas)	58
5.5 – Área de formação dos especialistas respondentes	61
5.6 – Conhecimento dos especialistas sobre caminhabilidade	61
5.7 – Resultados obtidos para N2 e N3 para cada um dos indicadores	62
5.8 – Resultados obtidos para a segurança das vias	62
5.9 - Resultados obtidos para a segurança das vias	83
5.10 - Resultados obtidos para a segurança das vias	90
5.11 – Comparação das notas obtidas entre as áreas	94
A.1 Procedimentos para estimativa dos valores das categorias relacionadas ao indicador	109

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. OBJETIVO	16
1.2. JUSTIFICATIVA	16
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2. AVALIAÇÃO DA CAMINHABILIDADE	19
2.1. CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA AVALIAR A CAMINHABILIDADE DE UMA ÁREA	19
2.1.1. <i>A caminhabilidade em nível macro</i>	20
2.2. MEDIDAS OBJETIVAS PARA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE CAMINHABILIDADE	24
2.2.1. <i>Desenho urbano</i>	24
2.2.2. <i>Diversidade de usos do solo</i>	27
2.2.3. <i>Densidade</i>	29
2.2.4. <i>Segurança</i>	31
2.2.5. <i>Seguridade</i>	31
2.2.6. <i>Ambiente do pedestre</i>	32
2.2.7. <i>Acesso a outros modos de transporte</i>	34
2.2.8. <i>Declividade</i>	35
2.3. CRITÉRIOS E INDICADORES UTILIZADOS NA PESQUISA	36
3. AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO (AM)	38
3.1. ETAPAS PARA A AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO	39
3.1.1. <i>Especificação de critérios e indicadores para a avaliação</i>	39
3.1.2. <i>Definição dos pesos aos critérios</i>	40
3.1.3. <i>Normalização dos critérios</i>	40
3.1.4. <i>Integração dos critérios</i>	40
4. METODOLOGIA E ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	42
4.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	42
4.2. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS E INDICADORES A SEREM UTILIZADOS PARA AVALIAR A CAMINHABILIDADE	43
4.3. DEFINIÇÃO DOS PESOS DOS INDICADORES	43
4.3.1. <i>O questionário</i>	44
4.4. NORMALIZAÇÃO DOS INDICADORES	45
4.4.1. <i>Procedimento para definição das funções fuzzy</i>	45
4.5. INTEGRAÇÃO DOS INDICADORES DE AVALIAÇÃO	48
4.6. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	49
4.7. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	52
4.7.1. <i>Dados relativos ao desenho urbano</i>	53
4.7.2. <i>Dados relativos à diversidade de usos</i>	53
4.7.3. <i>Dados relativos à densidade de ocupação</i>	54
4.7.4. <i>Dados relativos à segurança</i>	54
4.7.5. <i>Dados relativos à seguridade</i>	54
4.7.6. <i>Dados relativos ao ambiente do pedestre</i>	55
4.7.7. <i>Dados relativos ao Acesso a outros modos de transporte</i>	55
4.7.8. <i>Dados relativos à Porcentagem de segmentos com declividade adequada</i>	56

	13
4.8. ESTIMATIVA DA CAMINHABILIDADE	56
4.9. ANÁLISE DOS RESULTADOS	56
4.10. RESUMO DAS ETAPAS DA METODOLOGIA	57
5. RESULTADOS	58
5.1. QUESTIONÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESO AOS INDICADORES	58
5.1.1. <i>Cálculo do Tamanho da Amostra</i>	58
5.1.2. <i>Resultados obtidos</i>	59
5.2. QUESTIONÁRIO PARA CALIBRAÇÃO DAS FUNÇÕES FUZZY	61
5.2.1. <i>Cálculo do Tamanho da Amostra</i>	62
5.2.2. <i>Resultados obtidos</i>	62
5.3. APLICAÇÃO DA PESQUISA NAS ÁREAS SELECIONADAS	71
5.4. INTEGRAÇÃO DOS INDICADORES DE AVALIAÇÃO	98
5.4.1. <i>Condição ótima</i>	98
5.4.2. <i>Condição identificada nas áreas avaliada</i>	99
5.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	99
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
REFERÊNCIAS	104
APÊNDICE A	110
MÉTODO DOS INTERVALOS SUCESSIVOS	110
APÊNDICE B	117
QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESO AOS INDICADORES	117
APÊNDICE C	121
QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA ATRIBUIR NOTAS AOS INDICADORES PARA NORMALIZAÇÃO ATRAVÉS DA LÓGICA FUZZY	121

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana refere-se à facilidade de deslocamentos de pessoas e bens no espaço urbano, esses deslocamentos podem ser através de veículos - motorizados ou não - que possibilitem esse ir e vir (FELIX, 2017). O processo de urbanização acelerado e sem planejamento adequado que se intensificou no Brasil após a revolução industrial, produziu efeitos diretos sob as condições de mobilidade, pois o crescimento horizontal das cidades criou cidades dispersas, com vazios urbanos e grandes distâncias de deslocamento (BRASIL, 2015a).

O crescimento disperso das cidades, em conjunto com as políticas de uso e ocupação do solo e de transportes, fez surgir à necessidade do uso de veículos motorizados para realizar os deslocamentos diários, pois ocasionou o distanciamento dos locais de trabalho e moradia (RODRIGUES *et al.*, 2014).

O planejamento das cidades se consolidou visando beneficiar a circulação dos veículos motorizados, intensificando o processo de espraiamento das cidades e da segregação socioespacial (MATÉ; DEBATIAN NETO; SANTIAGO, 2014). A ineficiência dos transportes públicos coletivos, juntamente com o aumento de renda da população, estimulou o crescimento da motorização individual que fez surgir diversos problemas como congestionamentos, poluição ambiental e sonora, acidentes e diminuição da qualidade de vida dos habitantes. (BRASIL, 2015a).

Os espaços viários tornam-se inadequados e não conseguem comportar os diferentes usos, priorizando o automóvel e excluindo os pedestres e ciclistas. Esta realidade mostra a necessidade de transformações dos espaços urbanos garantindo o acesso de todos aos espaços de circulação (ASSUNÇÃO; ARAÚJO, 2008). Neste sentido, faz-se necessária uma melhor distribuição de oportunidades de deslocamento. As políticas de mobilidade, acessibilidade e transporte devem promover ações de forma a garantir a mobilidade urbana sustentável, proporcionando o acesso amplo e democrático ao espaço (CHAPADEIRO, 2011).

As atuais condições de mobilidade urbana precisam evoluir para um modo mais sustentável e, neste sentido, o Ministério das Cidades traz um caderno de referência para a elaboração de um plano de mobilidade urbana, com princípios voltados ao planejamento da mobilidade que, de maneira geral, aborda a diminuição do número de viagens motorizadas, com um desenho urbano adequado a todos (sem priorizar o automóvel) e o estímulo aos deslocamentos por modos não motorizados, com o objetivo de diminuir os impactos ambientais e melhorar a qualidade de vida das pessoas (BRASIL, 2015b).

Segundo Siqueira e Lima (2015) a mobilidade urbana sustentável pode ser entendida como uma forma de proporcionar equilíbrio entre os deslocamentos, melhorando a circulação de pessoas e bens, “garantindo maior eficiência e dinamismo das funções urbanas, valorizando o espaço público, a sustentabilidade e o desenvolvimento das cidades”. Estimular os deslocamentos através de caminhadas e do uso de bicicletas é essencial para a mobilidade sustentável.

Uma parcela significativa da população brasileira realiza seus deslocamentos diários a pé, mas em algum momento do dia todos serão pedestres e irão se deslocar pela cidade, por isso torna-se fundamental o desenvolvimento de ferramentas para analisar a qualidade dos espaços urbanos, sob o ponto de vista dos pedestres, assim como para direcionar investimentos em infraestrutura destinados a melhorar as condições de deslocamento (ITDP, 2014).

Caminhar traz benefícios para a saúde e pode ser uma experiência prazerosa, além de ser um modo de transporte verde, que auxilia na conservação dos recursos naturais e reduz os congestionamentos (SOUTHWORTH, 2005). No entanto, para que seja possível caminhar é necessário proporcionar um ambiente seguro e convidativo, com uma boa estrutura de proteção e conforto ao pedestre, ou seja, um ambiente com um bom nível de caminhabilidade. O caminho deve permitir ao pedestre mobilidade e acessibilidade, em qualquer local da cidade. “Assim, a caminhabilidade deve proporcionar uma motivação para induzir mais pessoas a adotar o caminhar como forma de deslocamento efetiva, restabelecendo suas relações interdependentes com as ruas e os bairros” (GONÇALVES *et al.* 2015 p. 186).

A caminhabilidade (tradução livre do termo em inglês *walkability*) é uma medida utilizada para analisar o quanto um ambiente é seguro e atrativo para os pedestres, que indica a capacidade do ambiente construído para suportar e encorajar o caminhar. Um modelo para analisar a caminhabilidade pode ser usado como ferramenta para definir melhorias visando aumentar as condições de infraestrutura e segurança dos espaços para pedestres e aumentar a atratividade para este modo de transporte (SOUTHWORTH, 2005).

Nos últimos anos, diversos pesquisadores têm proposto indicadores de caminhabilidade com base em aspectos como: acessibilidade a destinos importantes, densidade populacional e de empregos, mistura de usos do solo e características da rede viária (WANG *et al.*, 2016; ANCIAES, NASCIMENTO e SILVA, 2017).

A caminhabilidade é um conceito complexo, que engloba vários aspectos. Por isso, um método adequado para avaliar a caminhabilidade em uma área deve permitir que estes diferentes aspectos sejam considerados simultaneamente. Assim, a presente pesquisa deverá utilizar o método de Avaliação Multicritério. Este método é muito comum para avaliação de

desempenho, e pode ser utilizado para diversas finalidades, tais como avaliação da qualidade de serviço, conforto, eficácia ou medidas de eficiência em transporte e em diferentes áreas (HAWAS; HASSAN; ABULIBDEH, 2016).

Através da utilização do método de Avaliação Multicritério será possível analisar os diferentes aspectos da caminhabilidade e desenvolver um procedimento para avaliá-la que possa ser aplicado em cidades brasileiras, podendo ser usado como ferramenta para definir melhorias visando aumentar as condições de segurança dos espaços para pedestres, aumentar a atratividade para este modo de transporte e estabelecer rotas mais acessíveis, com melhores condições de deslocamento.

1.1. Objetivo

O objetivo desta pesquisa é desenvolver um procedimento para avaliar a caminhabilidade de cidades brasileiras utilizando Avaliação Multicritério.

As seguintes perguntas deverão ser respondidas pela pesquisa:

- Quais as variáveis que podem ser utilizadas para avaliar a caminhabilidade em cidades brasileiras?
- Como estas variáveis podem ser agrupadas para resultar em um indicador de caminhabilidade?
- Como um indicador de avaliação da caminhabilidade pode ser utilizado como ferramenta de avaliação da qualidade do espaço urbano para pedestres por gestores públicos de modo a identificar as áreas que necessitam de investimentos?

1.2. Justificativa

Diante da percepção do crescimento dos problemas que as cidades enfrentam em decorrência do grande número de veículos motorizados em circulação, faz-se necessário refletir sobre a atual condição das cidades brasileiras e suas perspectivas para melhoria nas condições de mobilidade.

O ato de caminhar é um modo de transporte ativo (movido pela força do pedestre) que oferece diversos benefícios à população, traz economia nos custos com transporte, melhora a qualidade de vida, melhora a saúde dos indivíduos, reduz os impactos ambientais, diminui os

congestionamentos e promove a igualdade no acesso às atividades urbanas (NASCIMENTO, 2016).

Pesquisas realizadas em diversos países destacam que a implantação de medidas com objetivo de priorizar o deslocamento dos pedestres têm estimulado as pessoas a caminharem. Assim, pode-se dizer que em cidades onde existem características favoráveis aos pedestres, é maior o número de pessoas caminhando (ITDP, 2018). Pode-se citar o exemplo de cidades europeias, como Copenhague, Amsterdã, Zurique e Hamburgo, onde existem políticas de planejamento urbano voltadas ao deslocamento de pedestres e o número de pessoas que caminham é maior quando comparado a cidades onde não existem políticas para estimular o deslocamento a pé. Copenhague, por exemplo, implantou nos anos 1960 suas primeiras zonas exclusivas para pedestres, e atualmente, elas estão distribuídas por toda a cidade convivendo com os outros modos de transporte (RUIZ-PADILLO; URIARTE; PASQUAL, 2016).

No Brasil, vem crescendo o número de pesquisas sobre transporte sustentável, abordando temas relacionados ao deslocamento de pedestres e ciclistas. Pode-se citar, também, que medidas propostas pelo Ministério das Cidades (PlanMob) e pela lei 12.587/12 (que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana) visam estimular a implantação de políticas para estimular o desenvolvimento visando uma mobilidade urbana sustentável, tendo como uma das prioridades o transporte de pedestres. No entanto, ainda percebe-se que o planejamento urbano está voltado ao desenvolvimento para o transporte motorizado e que o país tem muito que evoluir neste aspecto (RUIZ-PADILLO; URIARTE; PASQUAL, 2016).

Neste contexto, esta pesquisa busca criar uma ferramenta para analisar a qualidade das áreas urbanas para caminhadas que possa ser utilizada para identificar áreas mais acessíveis, com melhores condições de deslocamento e também áreas com caminhabilidade deficiente que devem ser priorizadas para receber melhorias. Os resultados da aplicação desta ferramenta poderão servir como auxílio na tomada de decisões sobre investimentos na infraestrutura urbana para pedestres.

1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em sete capítulos, incluindo este primeiro capítulo introdutório. O segundo capítulo traz uma revisão bibliográfica sobre o conceito de caminhabilidade, apresentando os critérios que podem ser utilizados para avaliar a caminhabilidade e as medidas utilizadas para avaliá-los. No terceiro capítulo é apresentada uma introdução geral sobre avaliação multicritério, que será a metodologia utilizada para o

desenvolvimento desta pesquisa. No quarto capítulo está descrita a metodologia da pesquisa e suas etapas, além da apresentação das áreas de aplicação. O quinto capítulo apresenta os resultados obtidos no levantamento de dados. No sexto capítulo são apresentadas as considerações finais.

2. AVALIAÇÃO DA CAMINHABILIDADE

Para atingir os objetivos da pesquisa, foi realizada uma revisão bibliográfica, apresentada a seguir. A revisão teve como foco os seguintes temas: (1) Critérios utilizados para avaliar a caminhabilidade de uma área e (2) Medidas objetivas para avaliar os critérios que compõem a caminhabilidade.

2.1. Critérios utilizados para avaliar a caminhabilidade de uma área

De maneira simplificada, a caminhabilidade representa a qualidade de um espaço para caminhadas. Segundo Southworth (2005) a caminhabilidade é uma medida que indica a capacidade do ambiente construído para suportar e encorajar o caminhar, proporcionando conforto e segurança para os pedestres, conectando as pessoas a destinos variados dentro de um período razoável de tempo e esforço. Para este autor, os fatores que tornam uma cidade caminhável são: conectividade das ruas, interação com outros modos de transporte, uso misto do solo, segurança e ambiente de caminhada.

Segundo o ITDP (2018), um dos trabalhos pioneiros que apresenta e avalia a caminhabilidade foi publicado por Bradshaw em 1993, apresentando 10 categorias para avaliar a caminhabilidade em um bairro de Ottawa, Canadá. Neste trabalho o autor criou uma valorização das ruas, dos bairros e do meio ambiente com o objetivo de propor um índice para classificar uma área através de suas qualidades: motivação para caminhadas e infraestrutura física e social (BRADSHAW, 1993). O índice proposto por Bradshaw (1993) incluía quatro critérios: (1) Facilidade de acesso a destinos, (2) Ambiente sem poluição, sujeira e ruídos do tráfego motorizado, (3) Cultura local diversa que crie condições para atividades sociais e econômicas, e (4) Um ambiente físico “amigável” para a caminhada.

Ao longo do tempo foram realizadas inúmeras pesquisas sobre caminhabilidade, e pode-se perceber que elas abordam diversos aspectos e critérios de avaliação. Alguns estudos focam em medidas objetivas, propondo índices para avaliar a caminhabilidade, enquanto outros validam modelos existentes, ou ainda, analisam a opinião das pessoas sobre a caminhabilidade de um local. Os aspectos mais utilizados para avaliar a caminhabilidade são: Conectividade, Uso do solo misto e Densidade. Entretanto, os modelos existentes consideram uma grande variedade de indicadores para avaliação e tratam de diferentes escalas de abordagem.

Uma revisão preliminar da literatura permitiu identificar duas abordagens para descrever a avaliação da caminhabilidade: 1 – Abordagem em nível macro (macro caminhabilidade) e 2 – Abordagem em nível micro (micro caminhabilidade).

- A avaliação da macro caminhabilidade caracteriza a forma urbana de maneira geral através de um conjunto de indicadores como: diversidade de usos, tamanho das quadras, densidade urbana, etc. (DILL, 2004; FRANK *et al.*, 2009; DEUS, 2008; NANYA, 2016).
- A avaliação da micro caminhabilidade considera as características dos atributos físicos que são percebidos pelos pedestres e influenciam nos seus deslocamentos, como: qualidade da calçada, inclinação, tipo de pavimento, etc. (BRADSHAW, 1993; CURRIERO, 2013; NANYA, 2016).

Esta pesquisa terá foco nos indicadores de macro caminhabilidade, conforme detalhado a seguir.

2.1.1. A caminhabilidade em nível macro

Os indicadores utilizados para avaliar a caminhabilidade em nível macro podem variar entre os autores estudados. No entanto, de maneira geral, incluem os indicadores propostos por Cervero *et al.* (2009), os 5D's, ou seja, analisam o ambiente construído por meio de indicadores de densidade, diversidade, desenho urbano, distância até o sistema de transporte e destinos acessíveis. Assim como Cervero *et al.* (2009), diversos outros autores utilizam os 5 D's para a avaliar a caminhabilidade, como, por exemplo: Grieco (2015), McKinney (2014), Nyagah (2015), Grieco *et al.* (2017) e Motomura *et al.* (2018).

Em uma pesquisa realizada no Canadá, Thayer (2016) avaliou seis cidades utilizando um Sistema de Informações Geográficas - SIG para analisar a caminhabilidade das áreas e como se associam ao transporte ativo e coletivo. Para a realização da pesquisa o autor considerou como fatores para avaliação da caminhabilidade: a densidade populacional, a conectividade das vias e a diversidade de usos do solo. Também através da utilização de um SIG, Leslie *et al.* (2007) realizaram uma pesquisa na Austrália com o objetivo de desenvolver um índice de caminhabilidade, considerando os critérios: densidade habitacional, conectividade das vias, diversidade de usos do solo e área líquida ocupada por atividades comerciais (excluindo áreas de depósitos e estacionamentos).

Segundo Nanya (2016) os atributos utilizados para caracterizar a caminhabilidade em nível macro devem incluir a densidade urbana, a qualidade dos espaços para pedestres, a diversidade de usos do solo e as características do sistema viário. Segundo Amâncio (2005) os aspectos de qualidade dos espaços para pedestres podem ser avaliados através do desenho das vias, considerando os indicadores: porcentagem de quadras com calçadas, largura média das calçadas, porcentagem das quadras com iluminação, distância média entre postes de iluminação, porcentagem de interseções com semáforos e porcentagem de interseções com semáforos para pedestres.

Nyagah (2015) realizou um estudo baseado na percepção dos pedestres, com o objetivo de quantificar o ambiente da caminhada, criando um índice de caminhabilidade abrangente, refletindo as condições do ambiente e a percepção do pedestre. Para isso o autor utilizou a Lógica *Fuzzy* e considerou para avaliação: o uso do solo, a continuidade e a conectividade das vias.

Com o objetivo de criar um índice de caminhabilidade, Glazier *et al.* (2012) realizaram uma pesquisa em Toronto, Canadá, e consideraram os fatores: densidade populacional, densidade habitacional, disponibilidade de lojas e serviços a uma distância de até 10 minutos de caminhada e a conectividade das ruas.

Também utilizando um SIG, Frank *et al.* (2009) realizaram uma pesquisa, nos Estados Unidos, visando desenvolver e testar um índice de caminhabilidade para a identificação de bairros mais caminháveis. Para isto, utilizaram os critérios: densidade habitacional, diversidade de uso do solo e conectividade das ruas. Vargo, Stone e Glanz (2012) realizaram uma pesquisa em diferentes bairros da região metropolitana de Atlanta, Geórgia, avaliando a eficiência das medidas existentes para descrição da caminhabilidade em escala de vizinhança. Para a pesquisa foram utilizadas duas categorias de componentes relacionados à caminhabilidade: a conectividade das vias e a diversidade de usos do solo.

Chung (2011) propôs um índice de avaliação da caminhabilidade em um cenário TOD (*Transit Oriented Development*) e criou medidas de avaliação da caminhabilidade através de um SIG. Para a pesquisa foram considerados os seguintes critérios: diversidade de usos do solo, conectividade das ruas, densidade de ocupação e ambiente para pedestre. Visando a melhoria das condições de circulação de crianças em áreas escolares da Flórida, Coulias (2013) realizou uma pesquisa utilizando um SIG e dados levantados *in loco* para avaliar a caminhabilidade das áreas utilizando os seguintes fatores de avaliação: conectividade das ruas, densidade residencial e rotas para pedestres.

Também utilizando um SIG, McKinney (2014) realizou uma pesquisa em Tampa – São Petersburgo, com o objetivo de criar um índice para avaliação da caminhabilidade. O autor considera os seguintes critérios para a avaliação da caminhabilidade: densidade (habitacional, populacional e de empregos), diversidade de usos do solo, características do sistema viário (conectividade), acessibilidade aos destinos (distância e quantidade de destinos que podem ser acessados em uma área) e distância até o transporte coletivo (integração com outros modos de transporte).

Com a proposta de avaliar a caminhabilidade e o ambiente do pedestre, D’Orso e Migliore (2020), utilizaram um SIG para realizar uma avaliação nas áreas próximas de estações rodoviárias em Palermo, Itália; Os autores consideram que para uma avaliação da caminhabilidade é necessário considerar diversos indicadores e os agrupam em 3 fatores: Praticidade (avaliando limpeza das calçadas, existência de barreiras ou elementos que limitem a acessibilidade), Segurança (Avaliando indicadores como: presença de barreiras para proteção de veículos, volume de tráfego e velocidade dos veículos, iluminação pública, percepção de segurança pessoa) e Agradabilidade (Avaliando aspectos relacionados à atratividade da rota, como: a existência de mobiliário urbano, a existência de áreas verdes, a preservação da paisagem urbana, a existência de abrigo para sol e chuva).

O Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento – ITDP (2018) publicou um manual em que apresenta um índice de caminhabilidade (iCam) para ser utilizado nas cidades brasileiras e traz indicações de como o utilizar e parâmetros de avaliação. O índice foi criado com o objetivo de avaliar as condições e monitorar o impacto de ações de qualificação dos espaços públicos e indicar medidas que favorecem ou não o deslocamento de pedestres (caminhabilidade). Para a aplicação do índice, foram utilizados indicadores para a avaliação de calçadas (Largura e Pavimentação), mobilidade (Dimensão das quadras e Distância a pé ao transporte público), Segurança (Travessias, Tipologia das ruas e Iluminação) além de indicadores de micro caminhabilidade.

Segundo Keppe Junior (2007) a declividade da área também deve ser considerada para a avaliação da caminhabilidade. O autor destaca que a declividade pode ser entendida como inclinação longitudinal da área, sendo representado pela variação do perfil ao longo de sua extensão. Outros autores também destacam a importância de avaliar a declividade da área para melhor avaliação da caminhabilidade (NANYA, 2016; ABNT NBR 9050:2015).

Com base nos trabalhos citados, para esta pesquisa foram considerados oito critérios para avaliar caminhabilidade, conforme mostrado na Tabela 2.1. São apresentados também os autores que utilizaram estes critérios em suas pesquisas.

Tabela 2.1. Critérios para avaliação da caminhabilidade

CRITÉRIOS	AUTORES	
Desenho urbano	Chung, 2011	Nyagah, 2015
	Southworth, 2005	Coullias, 2013
	Leslie <i>et al.</i> 2007	Glazier <i>et al.</i> 2012
	Frank <i>et al.</i> 2009	Mc Kinney, 2014
	Vargo, Stone e Glanz, 2012	Thayer, 2016
	Smith e Clifton, 2004	Embarq, 2015
	Grieco <i>et al.</i> , 2017	Rebecchi <i>et al.</i> 2019 ITDP, 2018
Diversidade de usos do solo	Chung, 2011	Smith e Clifton, 2004
	Southworth, 2005	Mc Kinney, 2014
	Leslie <i>et al.</i> 2007	Thayer, 2016
	Frank <i>et al.</i> 2009	Nyagah, 2015
	Vargo, Stone e Glanz, 2012	ITDP, 2018
	D’Orso e Migliore, 2020	Rebecchi <i>et al.</i> 2019
Densidade de ocupação/habitação	Chung, 2011	Mc Kinney, 2014
	Leslie <i>et al.</i> 2007	Glazier <i>et al.</i> 2012
	Frank <i>et al.</i> 2009	Coullias, 2013
	Vargo, Stone e Glanz, 2012	Thayer, 2016
	Smith e Clifton, 2004	Xu, 2014
	Grieco <i>et al.</i> , 2017	Litman, 2016
	Amancio, 2005	Edwing e Cervero, 2010
	Nyagah, 2015	Rebecchi <i>et al.</i> 2019
Segurança	Southworth, 2005	Mc Kinney, 2014
	ITDP, 2018	Embarq, 2015
	Amancio, 2005	Ferreira e Sanches, 2001 Raia Jr. E Santos, 2005 D’Orso e Migliore, 2020
	Grieco <i>et al.</i> , 2017	
Seguridade	Nanya (2016)	Mc Kinney, 2014
	Grieco <i>et al.</i> , 2017	Ferreira e Sanches, 2001 D’Alessandro, Appolloni, Capasso, 2016
	ITDP, 2018	
Ambiente do pedestre	Chung, 2011	Southworth, 2005
	Coullias, 2013	ITDP, 2018
	Agampatian, 2014	Amancio, 2005
	Ferreira e Sanches, 2001	D’Alessandro, Appolloni, Capasso, 2016

D'Orso e Migliore, 2020		
Acesso a outros modos de transporte	Mc Kinney, 2014	Southworth, 2005
	Grieco <i>et al</i> , 2017	ITDP, 2018
		Rebecchi <i>et al.</i> 2019
Declividade	Nanya, 2016	Keppe Junior, 2007
	ABNT NBR 9050:2015	ITDP, 2018

2.2. Medidas objetivas para avaliação dos indicadores de caminhabilidade

Para cada um dos oito critérios mostrados na Tabela 2.1, são descritas as medidas objetivas para sua avaliação e definidos indicadores e valores de referência para avaliação. Os valores de referência são os valores encontrados na literatura que indicam as condições ideais a serem obtidas nas análises para uma situação ótima.

2.2.1. Desenho urbano

A distribuição espacial das vias e quadras está relacionada ao desenho urbano. Diversos autores consideram que um bom desenho urbano favorece a utilização de modos mais sustentáveis de deslocamentos, pois oferece mais opções de caminhos, encurtando trajetos (GEHL, 2010; GRIECO, 2015; RODRIGUES, 2013).

O desenho urbano influencia diretamente nas condições de conectividade, pois a mesma é uma medida que quantifica o quanto as vias estão interligadas. Em uma área com alta conectividade o deslocamento se torna mais fácil, pois permite acesso a destinos variados com um deslocamento de distâncias menores, o que influencia positivamente na caminhabilidade da área (AGAMPATIAN, 2014).

Os indicadores mais utilizados para caracterizar o desenho urbano e avaliar o quanto o ambiente é favorável ao deslocamento do pedestre são: (1) Densidade de quadras, (2) porcentagens de interseções em cruz, (3) porcentagem de área ocupada pelo sistema viário, (4) Comprimento médio da face da quadra, (5) número de segmentos de via/número de interseções e (6) índice de permeabilidade (MC KINNEY, 2014; AMANCIO, 2005; RODRIGUES, 2013).

(1) Densidade de quadras (número de quadras/ha)

A avaliação do número de quadras por hectare (densidade de quadras) está relacionada também ao tamanho da quadra, pois avalia a quantidade de quadras que pode haver em uma determinada área. Assim, quanto menores forem as quadras maior será esta relação. Segundo Grieco *et al.* (2017), pode-se avaliar o número de quadras por hectare de acordo com a Equação 2.1.

$$Dq = \frac{\text{Número de quadras}}{\text{Área (ha)}} \quad (2.1)$$

Onde: Dq = Densidade de quadras

(2) Porcentagem de interseções em cruz

Para avaliar a porcentagem de interseções em cruz considera-se a relação entre o número de interseções em cruz e o número total de interseções de uma área (Equação 2.2). Quanto maior o número de interseções em cruz, maior é a conectividade da área (AMANCIO, 2005). Os valores podem variar entre 0% e 100%, sendo que quanto mais próximo de 100% melhor é a conectividade (mais próxima de uma configuração em grelha). Segundo ITDP (2018), recomendam-se porcentagens iguais ou superiores a 70% para ter uma boa conectividade.

$$PIC = \left(\frac{\text{Número de interseções em cruz}}{\text{Número total de interseções}} \right) \times 100 \quad (2.2)$$

Onde: PIC = porcentagem de interseções em cruz.

(3) Porcentagem da área ocupada pelo sistema viário

O espaço urbano é um espaço escasso e valioso e deveria ser utilizado para as pessoas e não para a construção de grandes sistemas de vias. Assim, quanto maior a porcentagem da área ocupada pelo sistema viário, menor é a área destinada às construções e as pessoas (MC KINNEY, 2014). Segundo o ITDP (2018) o ideal é que esta porcentagem seja menor de 15%, sendo avaliada segundo Equação 2.3.

$$PASV = \left(\frac{\text{Soma da área total das vias}}{\text{Área total}} \right) \times 100 \quad (2.3)$$

Onde: PASV = porcentagem da área ocupada pelo sistema viário.

(4) Comprimento médio da face da quadra

A quadra é um elemento essencial na composição da cidade, pois através dela se forma o tecido urbano, que é delimitado por cruzamentos e travessias. É importante considerar sua dimensão, pois ela garante uma melhor condição de deslocamento aos pedestres, melhora a mobilidade e cria rotas mais diretas (ITDP, 2018).

Segundo ITDP, (2018) o tamanho das quadras está diretamente relacionado com uma melhor caminhabilidade da área. Assim o ideal é uma área formada por quadras pequenas, onde não haja ruas sem saída. Adota-se como referência que o comprimento médio ideal das faces das quadras em uma área deve ser menor que 110 metros e comprimentos médios inferiores a 150 metros podem ser considerados aceitáveis.

(5) Número de segmentos de via/Número de interseções

Segundo a EMBARQ (2015) avaliar a relação entre o número de segmentos de via e o número de interseções é importante, pois indica a existência de conexões mais diretas para acesso entre dois pontos da área (Equação 2.4). Para o autor, o valor ideal deve ser no mínimo, igual a 1,4.

$$\text{Conectividade: } \frac{\text{Total de segmentos}}{\text{Tota de interseções}} \quad (2.4)$$

(6) Índice de permeabilidade

O índice de permeabilidade pode ser utilizado para verificar a maior ou menor facilidade de deslocamento dos pedestres, pois para seu cálculo são consideradas características de diversos indicadores como: tamanho das quadras, o número de cruzamentos e a conectividade das via, entre outros (AMANCIO, 2005). Este índice pode ser calculado em função da distância, conforme equação 2.5.

$$IDPP = \frac{dd}{dr} \quad (2.5)$$

Onde: IDPP – Índice de permeabilidade para pedestres em função da distância de viagem no bairro ou setor.

dd – distância direta (em linha reta) entre a origem e o destino da viagem no bairro ou setor.

dr- distância real (pelo caminho mais curto) entre a origem e o destino da viagem no bairro ou setor.

Segundo Amancio (2005) o índice pode variar de 0 a 1, sendo atribuído 1 ao ambiente perfeitamente adequado ao pedestre, permitindo que eles cheguem aos seus destinos com uma menor distância percorrida.

A Tabela 2.2 mostra um resumo dos indicadores mais utilizados para avaliação do desenho das vias e os valores de referência (condições ideais) indicados pelos autores.

Tabela 2.2. Desenho das vias – Indicadores para avaliação

Indicador	Valor de referência	Fonte
Densidade de quadras	Mínimo de 84 quadras/ha	Grieco (2015) Amancio (2005) Mc Kinney (2014)
Porcentagem de interseções em cruz	$\geq 70\%$	Amancio (2005) Leslie <i>et al.</i> (2007)
Porcentagem da área ocupada pelo sistema viário	$\leq 15\%$	ITDP (2018)
Comprimento médio das quadras	Entre 110 e 150 m	ITDP (2018)
Número de segmentos de via/Número de interseções	Mínimo 1,4	Embarq (2015)
Índice de permeabilidade	$> 0,86$	Amancio (2005) Allan (2001)

Fonte: Elaboração própria

2.2.2. *Diversidade de usos do solo*

A diversidade de usos é uma medida que avalia a variedade de usos do solo em uma determinada área. Segundo Amancio (2005) a mistura de usos do solo implica na proximidade das atividades residenciais, comerciais e de serviços, diminuindo as distâncias entre origens e destinos das viagens. O autor destaca que o uso do solo misto incentiva a substituição de viagens em veículos motorizados pela caminhada. Segundo Frank *et al.* (2009) quanto maior a diversidade de usos do solo em um bairro, maior a probabilidade das pessoas caminharem para diferentes destinos.

Os indicadores mais utilizados para avaliar a diversidade de usos do solo são: (1) Índice de entropia e (2) Índice de dissimilaridade (McKINNEY, 2014; FRANK *et al.*, 2009; LESLIE *et al.*, 2007; DEUS, 2008; AGAMPATIAN, 2014).

(1) Índice de entropia

Para avaliar a diversidade de usos do solo, diversos autores utilizam o Índice de Entropia (McKINNEY, 2014; FRANK *et al.*, 2009; LESLIE *et al.*, 2007; DEUS, 2008;). Esse índice avalia o equilíbrio na distribuição dos tipos de uso de solo na área em estudo. O valor do Índice de Entropia varia entre 0 (uso do solo mais homogêneo) e 1 (uso do solo mais heterogêneo ou mais diversificado). A Equação 2.6 mostra como este índice pode ser calculado (AMANCIO, 2005).

$$E_i = \frac{-\sum_{j=1}^k (p_{ji}) (\ln p_{ji})}{(\ln k)} \quad (2.6)$$

Onde: E_i = Índice de entropia (i)

P_{ji} = Parcela de área construída ocupada pelo uso do solo (j)

k = Número de categorias de uso do solo consideradas

(2) Índice de Dissimilaridade

O índice de dissimilaridade considera o número de atividades com diferentes usos na área e também possui variação entre 0 e 1, como o índice de entropia, sendo 1 o uso do solo mais diversificado, e pode ser calculado através da equação 2.7 (AGAMPATIAN, 2014).

$$ID = 1 - \left\{ \frac{\left(\frac{r}{T} - \frac{1}{3} \right) + \left(\frac{c}{T} - \frac{1}{3} \right) + \left(\frac{o}{T} - \frac{1}{3} \right)}{\left(\frac{4}{3} \right)} \right\} \quad (2.7)$$

Onde: ID = índice de dissimilaridade

r = área ocupada pelo uso residencial

c = área ocupada por uso comercial/industrial

o = área ocupada por outros usos

$T = r+c+o$

A Tabela 2.3 mostra um resumo do indicador mais utilizado para avaliação da diversidade de usos do solo e os valores de referência indicados pelos autores.

Tabela 2.3. Diversidade de usos do solo – Indicadores para avaliação

Indicador	Medida de avaliação	Valor de referencia	Fonte
Índice de entropia	$E_i = \frac{-\sum_{j=1}^k (p_{ji}) (\ln p_{ji})}{(\ln k)}$	> 0,75	Mc Kinney, 2014; Frank et al. 2009; Leslie et al. 2007; Amancio, 2005; Cervero et al, 2009; Grieco et al. 2017
Índice de dissimilaridade	$ID = 1 - \left\{ \frac{\left(\frac{r}{T} - \frac{1}{3} \right) + \left(\frac{c}{T} - \frac{1}{3} \right) + \left(\frac{p}{T} - \frac{1}{3} \right)}{\left(\frac{4}{3} \right)} \right\}$	> 0,75	Agampatian, 2014 Grieco et al. 2017

Fonte: Elaboração própria

2.2.3. Densidade

“A densidade é uma medida da concentração de pessoas, residências ou empregos em uma dada área, e é uma das principais medidas utilizadas nos processos de planejamento urbano” (GRIECO *et al.*, 2017, p.157).

Segundo Xu (2014), pode-se dizer que, em geral, uma maior densidade significa uma melhor acessibilidade. A densidade pode ser expressa em termos de população, de unidades habitacionais, de empregos ou de área construída em relação à área total de uma zona. Em sua pesquisa, o autor utilizou para análise: densidade de empregos, densidade residencial e densidade populacional.

Segundo Grieco (2015) quanto menor a densidade, maiores são as distâncias criadas, o que faz com que o número de viagens motorizadas seja maior. No entanto, a autora considera que para estimular o deslocamento não motorizado é necessário aumentar a densidade, mas de forma que esteja associada a outros fatores, como a diversidade de usos, pois assim, aproxima as atividades e aumenta o número de atividades dentro de uma área, o que faz com que haja mais deslocamentos a pé e estimule as pessoas a utilizarem menos veículos individuais motorizados e a utilizarem mais o transporte coletivo (AMANCIO, 2005; EDWING e CERVERO, 2010). Litman (2016) afirma que aumentar a densidade em 10% tende a reduzir as viagens individuais motorizadas entre 1 a 3%.

Diversos indicadores podem ser utilizados para avaliar a densidade: o número de habitantes por unidade de área, o número de domicílios por unidade de área, o número de

empregos (totais ou no comércio) por unidade de área. A Equação 2.8 mostra como a densidade pode ser calculada (GRIECO *et al.* 2017; AMANCIO, 2015).

$$Dens = \frac{Ativ}{\acute{A}rea} \quad (2.8)$$

Onde: Dens = densidade

Ativ = Volume de atividades na zona (população, número de domicílios, número de empregos).

Área = área da zona de estudo (normalmente em hectares ou km²).

Outra forma de medir a densidade é através da densidade de ocupação que é a relação entre o total de área construída em uma região e a área total da região, ou seja, áreas com baixa densidade de ocupação possuem baixa taxa de área construída, podendo apresentar vazios urbanos, o que acaba aumentando as distâncias de viagem para os pedestres e, deste modo, desestimulando as caminhadas. Assim sendo, pode-se considerar que a densidade de ocupação é outro critério adequado para a avaliação da caminhabilidade. A Equação 2.9 mostra a fórmula para cálculo da densidade de ocupação (AMANCIO, 2005).

$$Doc = \frac{Ac}{As} \quad (2.9)$$

Onde: Doc= Densidade de ocupação

Ac= Área construída (ha)

As= Área do setor estudado (ha)

A Tabela 2.4 traz os indicadores mais utilizados em estudos para avaliação da densidade e o valor de referência indicado pelos autores.

Tabela 2.4. Densidade - Indicadores para avaliação

Indicador	Medida de avaliação	Valor de referência	Fonte
Densidade de ocupação	$Doc = \frac{Ac}{As}$	Acima de 0,60	Amancio, 2005
Densidade populacional	$Dens = \frac{popul}{\acute{A}rea}$	20.000 habitantes/Km ²	Grieco, <i>et al.</i> 2017

Fonte: Elaboração própria

2.2.4. *Segurança*

O indicador segurança na caminhabilidade aborda a questão dos acidentes de trânsito entre pedestres, ciclistas e veículos motorizados. Segundo Southworth (2005) para avaliar a segurança é necessário considerar a velocidade em que circulam os veículos motorizados. (MC KINNEY, 2014; ITDP, 2018).

Uma maneira simples para avaliar a segurança de uma área é utilizando a tipologia das vias e a velocidade de circulação dos veículos. Vias seguras são: as vias locais (com velocidade de circulação dos veículos abaixo de 40 km/h), as vias coletoras que tenham faixas de pedestre nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções e as vias arteriais que tenham faixas de pedestre e semáforo nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções.

A Tabela 2.5 mostra o indicador utilizado em estudos para avaliação da segurança e o valor de referência indicado pelos autores.

Tabela 2.5. Segurança - Indicadores para avaliação

Indicador	Valor de referência	Fonte
Porcentagem do comprimento de vias seguras	100% de vias seguras	Southworth (2005), Mc Kinney (2014), Embarq (2015)

Fonte: Elaboração própria

2.2.5. *Seguridade*

A seguridade está relacionada com a vulnerabilidade dos pedestres a assaltos e agressões, ou seja, com a sensação de segurança pessoal.

Diversos fatores influenciam na seguridade e ajudam a aumentar a sensação de segurança ou de insegurança. Segundo Gehl (2010) sentir-se seguro é essencial para as pessoas utilizarem o espaço urbano.

Para avaliar a seguridade podem ser considerados os dados de criminalidade registrados na área, pois a alta incidência de crimes como assaltos e agressões, pode caracterizar a área como insegura para o deslocamento dos pedestres.

A situação ideal é aquela em que não se verificam crimes na área. No entanto, numa situação real, a avaliação da seguridade de uma área pode ser estimada de forma comparativa com o restante da cidade. Isto pode ser feito utilizando-se o escore z, que avalia o quanto um determinado valor, em um conjunto de dados, está distante da média de todos os valores (Equação 2.10).

$$z = \frac{(x-\mu)}{\sigma} \quad (2.10)$$

Onde: z = Criminalidade de um determinado bairro

μ = média de criminalidade na cidade

σ = desvio padrão dos dados da criminalidade

Se o valor do escore z é igual a zero, o valor analisado (x) é igual à média. Valores do escore z acima de zero indicam que o valor analisado (x) está acima da média e valores de z menores que zero indicam que o valor analisado (x) está abaixo da média.

Assim sendo, para se avaliar a criminalidade, considerou-se o escore z como indicador de seguridade da área. Os dados de criminalidade podem ser obtidos através do *site* da secretaria de segurança pública do estado de São Paulo, que possuem os registros separados por município, por delegacia e que podem ser verificados por tipo de ocorrência, sendo considerados crimes como: homicídios, roubos, furtos, assaltos e estupros, podendo estes ser verificados por ano e mês de ocorrência.

A Tabela 2.6 traz o indicador mais utilizados em estudos para avaliação da seguridade e o valor de referência indicado pelos autores.

Tabela 2.6. Seguridade - Indicador para avaliação

Indicador	Valor de referência	Fonte
Escore Z	$Z < 0$	--

Fonte: Elaboração própria

2.2.6. Ambiente do pedestre

Um trajeto adequado à circulação dos pedestres deve ser contínuo, sem interrupções, com superfície regular, sem obstáculos, acessível e com iluminação adequada, para assim garantir uma caminhabilidade maior ao ambiente (SOUTHWOTH, 2005).

Para Agampatian (2014) a relação do ambiente com a caminhabilidade é muito importante. O autor destaca que diversos estudos têm avaliado esta relação considerando os aspectos de segurança e existência de calçadas. O autor aponta também que um bom projeto das vias, com escala adequada, planejamento das calçadas e das vias e uma gestão eficiente

(com sinalização adequada e implantação de medidas de moderação de tráfego) pode afetar positivamente a caminhabilidade.

Mc Kinney (2014) destaca também que é necessário avaliar as interseções existentes na área, pois estas podem estimular o deslocamento a pé. Para analisar as interseções, segundo Embarq (2015), é necessário verificar a existência de faixa de pedestre (em vias coletoras e arteriais), a presença de rampas para cadeirantes em todas as direções e a existência de uma ilha de refúgio em vias com mais de duas pistas de tráfego. Neste caso, o valor de referência ideal seria encontrar estas condições em no mínimo 80% das interseções. Amâncio (2005) ressalta ainda a importância de analisar a presença de semáforos nos cruzamentos, pois em vias de grande fluxo e com velocidades altas a sensação de insegurança nas travessias é maior.

Diversos autores consideram que para avaliar o ambiente do pedestre é necessário avaliar o grau de segurança e conforto que o local proporciona ao indivíduo durante seu deslocamento (ZABOT, 2013; BRADSHAW, 1993; PIRES, 2018). Para isso, foram identificados diversos fatores que podem ser avaliados, entre eles destacam-se: Iluminação pública, a calçada (existência, continuidade, ausência de obstáculos, com pavimento em bom estado de conservação, largura adequada e declividade) e as interseções (presença de semáforos, faixa de pedestres e rampas de acessibilidade) (AMANCIO, 2005; ZABOT, 2013; SARKAR, 1995; NANYA, 2016; PIRES, 2018; BRADSHAW, 1993; DEUS, 2008).

Para considerar que o ambiente do pedestre está adequado é necessário garantir que ele proporcione segurança e conforto aos indivíduos durante seus deslocamentos, para isso, alguns autores consideram importante considerar a existência de mobiliário urbano (D'ORSO e MIGLIORE, 2020; BRADSHAW, 1993; D'ALESSANDRO, APPOLLONI e CAPASSO, 2016), a presença de áreas verdes/arborização (D'ORSO e MIGLIORE, 2020; PIRES, 2018; AMANCIO, 2005, ZABOT, 2013; D'ALESSANDRO, APPOLLONI e CAPASSO, 2016), a existência de abrigo para sol e chuva (D'ORSO e MIGLIORE, 2020; ITDP, 2018), a manutenção da paisagem urbana (coleta de lixo e limpeza, edificações abandonadas/degradadas) (D'ORSO e MIGLIORE, 2020; ITDP, 2018).

A Tabela 2.7 traz os indicadores mais utilizados em estudos para o ambiente do pedestre em uma avaliação de macro caminhabilidade e o valor de referência indicado pelos autores (excluindo-se os fatores que já estão sendo avaliados em outros indicadores).

Tabela 2.7. Ambiente do pedestre - Indicadores para avaliação

Indicador	Valor de referência	Fonte
Qualidade do ambiente do Pedestre	Mínimo de 80% do comprimento de vias com calçada, sem a existência de obstáculos ou barreiras, com mobiliário urbano de apoio (bancos e lixeiras), com áreas verdes/arborização, com a manutenção da paisagem urbana em dia (coleta de lixo, limpeza e sem edificações abandonadas/degradadas) e no mínimo 40% com fachada visualmente ativa.	Embarq (2015), Deus (2008), Rebecchi <i>et al.</i> (2019), Amancio (2005) D’Orso e Migliore (2020), ITDP (2018).

Fonte: Elaboração própria

2.2.7. Acesso a outros modos de transporte

Segundo Southworth (2005) é necessário fornecer uma rede conectada para o deslocamento dos pedestres, mas também é necessário garantir que os pedestres estejam conectados com a cidade. Assim, para permitir a ligação a vários pontos da cidade é importante que o pedestre tenha acesso a outros modos de transporte, como ônibus, trem e metrô. Para isso é necessário que as estações estejam distribuídas a uma distância que garanta o acesso de pedestres com uma caminhada de no máximo 20 minutos.

O tempo de caminhada determina a distância de acesso do pedestre até o sistema de transporte, considerando a distância máxima que o pedestre tende a caminhar. Segundo Grieco *et al.* (2017) distâncias menores para acesso a outros modos de transporte fazem com que as pessoas utilizem mais o transporte público e transportes não motorizados.

O ITDP (2018) sugere uma medida para avaliar a disponibilidade de transporte público baseada na distância a ser percorrida pelo pedestre: distância até um ponto de ônibus de até 250 metros. Para a avaliação da área de cobertura dos pontos de ônibus existentes, o autor sugere que sejam traçados *buffers*, tendo os pontos de acesso ao transporte público como ponto central, para verificar quantos metros de raio são necessários para que toda a área esteja sendo atendida pelos pontos.

Baseado em Grieco *et al.* (2017) e ITDP (2018) atribui-se com medida de avaliação para o acesso a outros modos de transportes a distância a ser percorrida, a partir dos pontos de transporte público existentes. Para realizar a análise de uma área, é necessário traçar *buffers* para avaliar qual o raio necessário para que toda a área fosse coberta pelos pontos existentes, considerando que a distância ideal para o pedestre caminhar seja de até 250 metros para acessar um ponto de transporte coletivo, o ideal é que toda a área analisada seja coberta com os *buffers* com raio de 250 metros.

A Tabela 2.8 traz os indicadores mais utilizados em estudos para avaliação da acessibilidade a outros modos de transporte e o valor de referência indicado pelos autores.

Tabela 2.8. Acesso a outros modos de transporte - Indicadores de avaliação

Indicador	Valor de referência	Fonte
Distância até pontos de acesso ao transporte público	Menos de 250 metros de caminhada Verificados através de buffers, que com raio de 250 metros atendem a área toda.	ITDP, 2018

Fonte: Elaboração própria

2.2.8. Declividade

Um dos indicadores para avaliar a qualidade do ambiente para caminhadas é a declividade das calçadas, ou vias de circulação de pedestres, pois a inclinação pode ser um fator determinante para o deslocamento do pedestre, podendo ser tornar uma barreira intransponível, principalmente para portadores de necessidades especiais.

A declividade das calçadas, ou inclinação longitudinal, deve sempre acompanhar a inclinação das vias. Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9050:2015 (Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos) a inclinação longitudinal da superfície deve ser inferior a 5% para garantir a caminhabilidade do pedestre.

Segundo Embarq (2015), para avaliação da declividade das calçadas para garantir uma boa acessibilidade é necessário que a avaliação seja realizada em relação à porcentagem do comprimento total das vias com declividade adequadas, considerando que o ideal é ter 100% das vias com declividade adequada.

A Tabela 2.9 traz o resultado considerado ideal para utilização em avaliação da caminhabilidade segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9050:2015, para garantir conforto e segurança ao caminhar.

Tabela 2.9. Declividade - Indicador de avaliação

Indicador	Valor de referência	Fonte
Inclinação Longitudinal	Declividade >5%	ABNT NBR 9050:2015

Fonte: Elaboração própria

2.3. Critérios e indicadores utilizados na pesquisa

Com base nos critérios identificados no referencial teórico, pode-se observar que a caminhabilidade pode ser avaliada através de muitos indicadores, dependendo da finalidade do estudo. Desta forma, para atingir os objetivos da pesquisa optou-se pela utilização dos seguintes critérios: Desenho urbano, Diversidade de usos do solo, Densidade de ocupação, Segurança, Seguridade, Ambiente do pedestre, Acesso a outros meios de transporte e Declividade.

A escolha dos critérios selecionados se baseou em: possibilidade de conseguir os dados necessários para as análises, importância do critério para a avaliação da caminhabilidade e verificação da utilização do critério em pesquisas anteriores, dando prioridade aos critérios mais utilizados. A Tabela 2.10 apresenta os critérios e os indicadores que serão utilizados nesta pesquisa.

Tabela 2.10. Critérios e indicadores que serão utilizados na pesquisa e tipo de dado

Critério	Indicador de avaliação	Tipo de dado
Desenho urbano	Índice de permeabilidade	Quantitativo
Diversidade de usos	Índice de entropia	Quantitativo
Densidade	Densidade de ocupação	Quantitativo
Segurança	Porcentagem do comprimento de vias seguras	Quantitativo
Seguridade	Criminalidade	Quantitativo
Ambiente do pedestre	Qualidade do ambiente do pedestre	Qualitativo
Acesso a outros meios de transporte	Distância até pontos de acesso ao transporte público	Quantitativo
Declividade	Porcentagem do comprimento das vias com declividade adequada	Quantitativo

Fonte: Elaboração própria

Os indicadores podem incorporar tanto informações qualitativas, quanto informações quantitativas. Para a pesquisa qualitativa os resultados são buscados através da coleta de dados narrativos, sendo estudados através de particularidades e experiências individuais, enquanto que, para a pesquisa quantitativa os resultados são buscados através da coleta de dados numéricos, ou seja, os dados quantitativos podem ser coletados, analisados e sintetizados, já os qualitativos são, na sua maior parte, conceituais (ALVES, 2017).

3. AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO (AM)

A crescente percepção da necessidade de considerar a caminhabilidade no planejamento das cidades, estimulando o desenvolvimento da mobilidade sustentável e garantindo melhores condições de deslocamento à população, torna necessário o desenvolvimento de ferramentas de avaliação da caminhabilidade. No entanto, o gerenciamento de uma ampla variedade de informações, parâmetros e variáveis são necessários para as avaliações de caminhabilidade, por isso, nesta pesquisa será utilizado o método de Avaliação Multicritério, pois ele permite considerar mais de um aspecto e, portanto realizar avaliações segundo um conjunto de critérios (SINGH *et al.* 2015).

A Avaliação Multicritério é um método bastante utilizado para tomada de decisão, fornece um rico conjunto de técnicas e procedimentos para estruturação, concepção e priorização de alternativas. Envolve um conjunto de alternativas a serem comparadas e a avaliação do contexto do local (LOMBARDO, LAPUCCI e SANTUCCI, 2005). É uma metodologia muito usada quando se incluem variáveis qualitativas ou quantitativas na análise, sendo uma ferramenta em plena expansão de uso nos estudos de qualidade ambiental, sustentabilidade e planejamento de transportes (ALIYU e LUDIN, 2015). A análise multicritério consiste na aplicação de um conjunto de etapas para avaliar os critérios previamente definidos.

Com sua integração aos Sistemas de Informações Geográficas - SIGs, teve um avanço que permitiu a transformação de dados espaciais em mapas finais para tomadas de decisão (VALENTE, 2005). O procedimento baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes para a construção do resultado final. A análise é realizada através de matemática empregada e a simples Média Ponderada, mas há pesquisadores que utilizam a lógica *Fuzzy* para atribuir os pesos e notas (ANDRADE, 2013).

O Quadro 3.1 apresenta alguns exemplos da literatura em que foi utilizada a Avaliação Multicritério para abordar os mais diferentes tópicos.

Quadro 3.1. Exemplos de pesquisas em que foi utilizada a Avaliação Multicritério

REFERÊNCIA	OBJETIVO
Lombardo, Lapucci e Santucci e (2005)	Avaliação de risco de incêndio na região de Livorno, Itália.
Raaijmakers (2006)	Avaliação e gestão de riscos de alagamento na região do delta do rio Ebro, Espanha.
Rodrigues <i>et al.</i> (2014)	Avaliação da acessibilidade em um campus universitário em Braga – Portugal.
Tão (2012)	Definição de rotas turísticas na região vinhateira do Alto Douro, Portugal.
Singh <i>et al.</i> (2015)	Avaliação de áreas TOD (<i>Transit Oriented Development</i>) para duas cidades holandesas.
Aliyu e Ludin (2015)	Planejamento sustentável do uso do solo (revisão de métodos).
Andrade (2013)	Identificação de áreas onde o poder público deveria melhorar as condições de mobilidade e acessibilidade para os transportes públicos no Rio de Janeiro.

Fonte: Elaboração própria

3.1. Etapas para a Avaliação Multicritério

Para a Avaliação Multicritério devem ser desenvolvidas as seguintes etapas: (1) Especificação dos critérios e indicadores para a avaliação, (2) Definição dos pesos dos critérios, (3) Normalização dos critérios e (4) Integração dos critérios.

3.1.1. Especificação de critérios e indicadores para a avaliação

A base do processo de tomada de decisão é expressa pelos critérios que devem ser medidos e avaliados. O procedimento de avaliação multicritério baseado em SIG envolve um conjunto de alternativas geograficamente definidas e um conjunto de critérios de avaliação.

Os critérios são definidos com base nos objetivos da pesquisa e com base na análise da literatura existente. Para avaliação da caminhabilidade, em geral, os trabalhos publicados (MCKINNEY, 2014; SOUTHWORTH, 2005; GRIECO, 2015; AMANCIO, 2005; ITDP,

2018) consideram os critérios: conectividade, diversidade, densidade, ambiente do pedestre, segurança e acesso a outros meios de transporte. Para cada um dos critérios a ser analisado é definido os indicadores de avaliação.

3.1.2. Definição dos pesos aos critérios

Os critérios são importantes para auxiliar a atingir o objetivo da pesquisa, mas, no entanto, nem sempre, os critérios são igualmente importantes (MALCZEWSKI, 2014). Assim, devem ser atribuídos pesos para indicar a importância relativa de cada um deles. Uma dificuldade na análise multicritério é a etapa de determinação dos pesos, sendo necessário considerar diversas questões para a correta determinação de pesos, pois pode levar a produção de pesos inconsistentes, levando a resultados não confiáveis (RAAIJMAKERS, 2006).

Esta etapa é muito importante, pois determina o nível de importância de cada critério na avaliação. Diversos autores consideram que o método mais adequado para a determinação dos pesos é a consulta pública, podendo ser realizada através de uma reunião com especialistas na área do projeto, ou através da aplicação de questionários, para auxiliar na determinação dos pesos, ou podem ser avaliados através da comparação entre os pares (AHP) (RAAIJMAKERS, 2006; PRADO, 2016).

3.1.3. Normalização dos critérios

Após a realização do levantamento dos dados de cada critério, eles poderão estar em unidades diferentes e, desta forma, antes de integrá-los, é necessário realizar uma normalização dos dados (RAAIJMAKERS, 2006).

Eastman (2005) destaca que é possível realizar a normalização por uma escala numérica, baseada na lógica *fuzzy*. O objetivo da lógica *fuzzy* consiste em transformar qualquer escala em outra comparável em um intervalo padronizado (RODRIGUES *et al.*, 2002). Segundo Atkinson *et al.*, (2005) enquanto em uma teoria clássica a associação é feita como verdadeira ou falsa (1 ou 0), na lógica *fuzzy* a escala é contínua e expressa no intervalo entre 0 e 1. No entanto, existem outras formas de realizar a normalização dos critérios, como através da média ponderada dos critérios, mas a lógica *fuzzy* é, segundo Eastman (2005), o método mais adequado.

3.1.4. Integração dos critérios

Uma vez normalizados todos os critérios, é necessário integrá-los para que uma avaliação global possa ser obtida. Para isto, cinco métodos podem ser utilizados: (1) Método

Booleano, (2) Ponto ideal, (3) Combinação linear ponderada, (4) Análise de concordância e (5) Média ponderada ordenada (MALCZEWSKI, 2000).

- Método Booleano: Os critérios são transformados e combinados utilizando uma lógica binária (verdadeiro ou falso) por meio de um ou mais operadores lógicos (ATKINSON *et al.*, 2005; EASTMAN, 2005)
- Ponto ideal: É baseado no critério da distância a um ponto ideal ou ponto de referência. Um dos mais conhecidos modelos de ponto ideal é o TOPSIS (VERONESI, 2017).
- Combinação linear ponderada: Os critérios são padronizados em uma escala numérica, recebem pesos e são combinados através da média ponderada (VOOGD, 1982). Segundo Valente (2005) este método é bastante utilizado, pois permite uma interação mais fácil em ambiente SIG.
- Análise de concordância: Utiliza a comparação por pares para classificar um conjunto de alternativas. Os modelos mais utilizados são Electre e Promethee (ALIYU e LUDIN, 2015; VERONESI, 2017).
- Média ponderada ordenada: Técnica semelhante à combinação linear ponderada que, no entanto, diferencia-se pelo tratamento dado a cada critério (VERONESI, 2017). Neste método, existe um segundo grupo de pesos, chamados de ordenação e os pesos dos fatores (na combinação linear ponderada) passam, aqui, a ser chamados de pesos de compensação (VALENTE, 2005).

4. METODOLOGIA E ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa, que teve como objetivo principal desenvolver um procedimento para avaliar a caminhabilidade de cidades brasileiras utilizando Avaliação Multicritério, foi dividida conforme as etapas a seguir.

1. Revisão Bibliográfica
2. Definição dos critérios e indicadores a serem utilizados para descrever a caminhabilidade
3. Definição dos pesos dos indicadores
4. Normalização dos indicadores
5. Integração dos indicadores
6. Definição da área de estudo
7. Coleta e análise dos dados
8. Estimativa da Caminhabilidade (Avaliação Multicritério - AM)
9. Análise dos resultados obtidos

Cada uma das etapas está descrita a seguir.

4.1. Revisão Bibliográfica

A primeira parte da pesquisa foi a realização de uma Revisão Bibliográfica, que teve como objetivo o aprofundamento dos conhecimentos sobre o tema: critérios e indicadores que podem ser utilizados para analisar a caminhabilidade das cidades e os procedimentos para aplicação da Avaliação Multicritério. Estes dois tópicos foram descritos nos capítulos anteriores.

A partir da Revisão Bibliográfica foram identificadas duas escalas que podem ser utilizadas para descrever a caminhabilidade: a abordagem em nível macro (macro caminhabilidade) e a abordagem em nível micro (micro caminhabilidade), como foi descrito no item 2.1.

Nesta pesquisa foi utilizada a escala da macro caminhabilidade, porque os critérios e variáveis incluídos nesta escala podem descrever o espaço urbano de forma mais geral, adequando-se melhor aos objetivos da pesquisa.

4.2. Definição dos critérios e indicadores a serem utilizados para avaliar a caminhabilidade

A partir da revisão bibliográfica foram identificados diversos critérios que podem ser utilizados para a avaliação da caminhabilidade, sendo que a análise dos critérios é realizada através dos indicadores de avaliação, também identificados na revisão bibliográfica. Pode-se verificar que diversos critérios e indicadores são utilizados em avaliações de caminhabilidade mas, no entanto, para a realização desta pesquisa optou-se por selecionar os indicadores que foram mais citados entre os autores estudados e que são possíveis de avaliar considerando o tempo disponível e a viabilidade de se conseguir os dados para análise.

Cada indicador é caracterizado por uma escala de medida, que pode ser quantitativa ou qualitativa, e por um intervalo de variação, compreendido entre o melhor e o pior nível.

A Tabela 4.1 apresenta os critérios de avaliação da macro caminhabilidade e os indicadores que serão utilizados para avaliação.

Tabela 4.1. Critérios e indicadores que serão utilizados na pesquisa

Critério	Indicador de avaliação
Desenho urbano	Índice de permeabilidade
Diversidade de usos	Índice de entropia
Densidade	Densidade de ocupação
Segurança	Porcentagem do comprimento de vias seguras
Seguridade	Criminalidade
Ambiente do pedestre	Qualidade do ambiente do pedestre
Acesso a outros meios de transporte	Distância até pontos de acesso ao transporte público
Declividade	Porcentagem do comprimento das vias com declividade adequada

4.3. Definição dos pesos dos indicadores

Para esta pesquisa a atribuição de pesos aos indicadores foi realizada através de consulta a especialistas. Segundo Raaijmakers (2006) e Prado (2016) a consulta a especialistas é considerada um dos métodos mais confiáveis para atribuição de peso aos indicadores, uma vez que não deixa margem para dúvidas e não permite que os pesos se tornem subjetivos.

A consulta aos especialistas foi realizada *online*, através da aplicação de um questionário previamente elaborado utilizando *Google Forms*, na qual o link do questionário é enviado ao *email* dos especialistas selecionados. Os especialistas são pesquisadores na área de mobilidade urbana sustentável, participantes dos congressos da ANPET (Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes).

O questionário foi elaborado com base em escalas de diferencial semântico. Neste tipo de escala, cada indicador avaliado é polarizado em dois adjetivos (ou frases descritivas) opostos e contrários (OSGOOD *et al.*, 1957).

Assim, para avaliar a importância que os especialistas atribuem aos indicadores foi solicitado que avaliassem todos os indicadores em uma escala com as seguintes opções: Totalmente sem importância (1), Pouco importante (2), Indiferente (3), Importante (4) e Muito importante (5). Os números entre parênteses indicam a codificação utilizada para a análise dos dados.

Através desse procedimento, as importâncias dos indicadores são obtidas em forma de categorias ordenadas (escala ordinal). No entanto, a partir de uma escala ordinal pode-se obter apenas a ordem de importância que os entrevistados atribuíram aos indicadores de caminhabilidade, mas não é possível saber o quanto um indicador é mais importante que o outro (o peso relativo dos indicadores).

Para transformar esta escala ordinal em uma escala intervalar (que permite obter os pesos relativos) foi utilizado o Método dos Intervalos Sucessivos (GUILFORD, 1975; PROVIDELO e SANCHES, 2011). Este método está descrito em detalhes no Apêndice A.

4.3.1. O questionário

O questionário foi elaborado a fim de obter dois conjuntos de informações:

- A opinião dos especialistas sobre as importâncias relativas dos indicadores;
- O perfil dos respondentes

Para a identificação das notas atribuídas pelos especialistas o questionário foi elaborado e aplicado conforme descrito no item 4.3. Para conhecer o perfil dos especialistas respondentes, foram incluídas questões relacionadas à área de atuação, área de formação e como o especialista avalia seu conhecimento em relação à caminhabilidade. As respostas a estas questões foram utilizadas para definir o perfil dos especialistas participantes da pesquisa.

No total, foram apresentados oito indicadores para avaliação. Os indicadores avaliados são mostrados na Tabela 4.1 e o questionário completo está apresentado no Apêndice B.

4.4. Normalização dos indicadores

Quando se realiza uma pesquisa como a avaliação multicritério, ao final do levantamento são obtidos dados em unidades diferentes para cada indicador, por isso é necessário realizar a normalização destes dados para que eles possam ser integrados.

Jiang e Eastman (2000) afirmam que a forma mais comum de normalização é reescalonar a faixa de valores de cada indicador em uma mesma base numérica. Nesta pesquisa, para a normalização dos indicadores foram definidas funções *fuzzy*.

4.4.1. Procedimento para definição das funções *fuzzy*

A partir da revisão bibliográfica foram identificados os indicadores de avaliação da caminhabilidade e também foram levantados os valores de referência para cada um deles. Os valores de referência são os valores indicados na revisão bibliográfica, que definem, para cada indicador, a situação ideal (à qual é atribuído o valor 1) e a pior situação (à qual é atribuído o valor 0).

Para a definição dos valores correspondentes às situações intermediárias (<1 e >0) foi realizada uma pesquisa com especialistas, através de um questionário aplicado *online*, utilizando *Google Forms*. Os especialistas foram selecionados entre os participantes dos congressos da ANPET (Associação Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes) que aceitaram participar da pesquisa.

Nesta consulta foi utilizado o método da pontuação direta. Este método é amplamente utilizado para a construção de funções *fuzzy*, por ser simples e direto (ENSSLIN *et al.*, 2001; LOSS, 2018). Inicialmente, ordenam-se os indicadores (qualitativos ou quantitativos) em níveis de impacto definindo-se o pior e o melhor níveis, aos quais são associados os valores 0 e 1, respectivamente. Em seguida, os respondentes são questionados a expressar numericamente o valor de referência dos demais níveis em relação aos níveis de referência 0 e 1.

Nas Tabelas 4.2 a 4.9 são apresentadas as descrições dos níveis de impacto referentes aos indicadores. O questionário completo está disponível no apêndice C.

Nas tabelas pode-se observar que são apresentados os valores de referência e as descrições dos indicadores correspondentes à pior situação (N1 =0) e à melhor situação (N4

=1). Os respondentes deveriam atribuir valores (entre 0 e 1) para os demais níveis (N2 e N3), cujas descrições também são fornecidas. A partir das médias dos valores atribuídos pelos especialistas foram criadas as funções *fuzzy* para normalização dos valores de referência dos indicadores.

Tabela 4.2. Níveis de impacto para avaliação do Desenho urbano – Índice de permeabilidade

Nível	Descrição
N4 (melhor situação =1)	Índice de permeabilidade entre 0,86 e 1,00
N3 = ?	Índice de permeabilidade entre 0,76 e 0,85
N2 = ?	Índice de permeabilidade 0,51 a 0,75
N1 (Pior situação = 0)	Índice de permeabilidade entre 0,0 e 0,50

As descrições dos níveis de impacto foram baseadas em Allan (2001) e Amancio (2005).

Tabela 4.3. Níveis de impacto para avaliação da Diversidade de Usos do Solo – Índice de entropia

Nível	Descrição
N4 (melhor situação =1)	Índice de entropia entre 0,75 e 1,0
N3 = ?	Índice de entropia $>0,50$ e $\leq 0,75$
N2 = ?	Índice de entropia $>0,25$ e $\leq 0,50$
N1 (Pior situação = 0)	Índice de entropia $\leq 0,25$

As descrições dos níveis de impacto foram baseadas em Grieco (2017), Amâncio (2005), Rebecchi *et al.* (2019) e Frank *et al.* (2009).

Tabela 4.4. Níveis de impacto para avaliação da Densidade de ocupação

Nível	Descrição
N4 (melhor situação =1)	Densidade de ocupação $> 60\%$
N3 = ?	Densidade de ocupação $> 45\%$ e $\leq 60\%$
N2 = ?	Densidade de ocupação $> 30\%$ e $\leq 45\%$
N1 (Pior situação = 0)	Densidade de ocupação $\leq 30\%$

As descrições dos níveis de impacto foram baseadas em Grieco *et al.* (2017) e Nyagah (2015).

Tabela 4.5. Níveis de impacto para avaliação da segurança – Porcentagem do comprimento de vias seguras

Nível	Descrição
-------	-----------

N4 (melhor situação =1)	Porcentagem do comprimento de vias seguras >90%
N3 = ?	Porcentagem do comprimento de vias seguras > 80% e <90%
N2 = ?	Porcentagem do comprimento de vias seguras >70% e <80%
N1 (Pior situação = 0)	Porcentagem do comprimento de vias seguras < 70%

As descrições dos níveis de impacto foram baseadas em Amancio (2005), Grieco *et al.* (2017), Southworth (2005) e ITDP (2018).

Tabela 4.6. Níveis de impacto para avaliação da seguridade – Criminalidade

Nível	Descrição
N4 (melhor situação =1)	Escore $Z \leq 0$
N3 = ?	Escore $Z > 0$ e ≤ 1
N2 = ?	Escore $Z > 1$ e < 2
N1 (Pior situação = 0)	Escore $Z \geq 2$

Tabela 4.7. Níveis de impacto para avaliação do ambiente do pedestre – Qualidade do ambiente do Pedestre

Nível	Descrição
N4 (melhor situação =1)	$\geq 80\%$ do comprimento de vias com calçada, bancos, lixeiras, arborização e limpeza em dia e sem a existência de obstáculos e edificações abandonadas ou degradadas e $\geq 40\%$ com fachada visualmente ativa.
N3 = ?	$\geq 65\%$ do comprimento de vias com calçada, bancos, lixeiras, arborização e limpeza em dia e sem a existência de obstáculos e edificações abandonadas ou degradadas e $\geq 30\%$ com fachada visualmente ativa.
N2 = ?	$\geq 50\%$ do comprimento de vias com calçada, bancos, lixeiras, arborização e limpeza em dia e sem a existência de obstáculos e edificações abandonadas ou degradadas e $\geq 20\%$ com fachada visualmente ativa.
N1 (Pior situação = 0)	$< 50\%$ do comprimento de vias com calçada, bancos, lixeiras, arborização e limpeza em dia e sem a existência de obstáculos e edificações abandonadas ou degradadas e $< 20\%$ com fachada visualmente ativa.

As descrições dos níveis de impacto foram baseadas em IDTP (2018) e EMBARQ (2015).

Tabela 4.8. Níveis de impacto para avaliação do acesso a outros modos de transporte – Distância até pontos de transporte público

Nível	Descrição
N4 (melhor situação =1)	Distância de caminhada ≤ 250 metros
N3 = ?	Distância de caminhada >250 m e ≤ 350 m
N2 = ?	Distância de caminhada >350 m e ≤ 500 m
N1 (Pior situação = 0)	Distância de caminhada >500 metros

As descrições dos níveis de impacto foram baseadas em ITDP (2018) e Grieco *et al.* (2017).

Tabela 4.9. Níveis de impacto para avaliação da declividade – Porcentagem do comprimento das vias com declividade adequada

Nível	Descrição
N4 (melhor situação =1)	Inclinação adequada entre 90 e 100%
N3 = ?	Inclinação adequada $> 85\%$ e $<90\%$
N2 = ?	Inclinação adequada $> 80\%$ e $<85\%$
N1 (Pior situação = 0)	Inclinação adequada $< 80\%$

As descrições dos níveis de impacto foram baseadas em Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9050:2015.

4.5. Integração dos indicadores de avaliação

Após a normalização dos indicadores é necessário realizar a integração dos mesmos e, para isso foi utilizada a Combinação Linear Ponderada. Para realizar a aplicação da Combinação Linear Integrada é necessário multiplicar o peso de cada um dos indicadores, obtido através dos questionários aplicados a especialistas (conforme item 4.3), pelo resultado obtido por cada um dos indicadores através da normalização (conforme item 4.4).

O resultado obtido através da integração foi avaliado segundo escala proposta pelo iCam (ITDP, 2018), na qual a nota varia entre 0 e 3, considerando que valores <1 podem ser considerados como caminhabilidade “insuficiente” e 3 como caminhabilidade ótima, conforme pode ser observado no quadro 4.1.

Quadro 4.1. Escala de avaliação da caminhabilidade proposta pelo iCam.

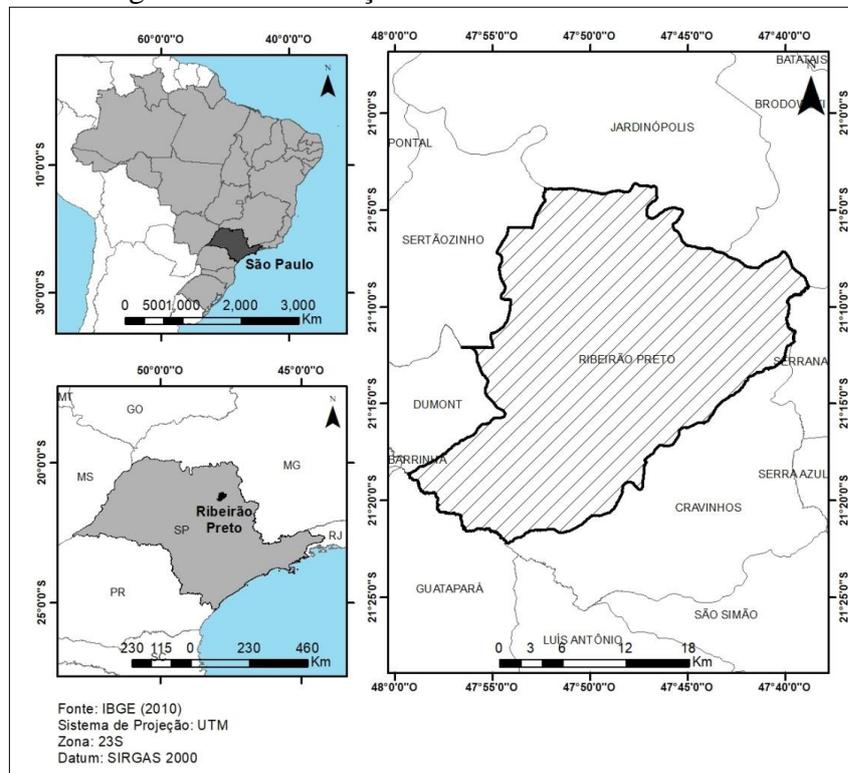
Nível de caminhabilidade
Ótimo: 3
Bom: ≥ 2 e < 3
Suficiente: ≥ 1 e < 2
Insuficiente: < 1

Fonte: ITDP (2018)

4.6. Definição da área de estudo

Para verificar se o método proposto para avaliar a caminhabilidade está adequado foi feita uma aplicação na cidade de Ribeirão Preto, SP. Esta cidade está localizada a 315 km da capital e tem uma população de cerca de 700 mil habitantes (IBGE, 2019). A Figura 4.1 mostra a localização da cidade.

Figura 4.1. Localização da cidade de Ribeirão Preto

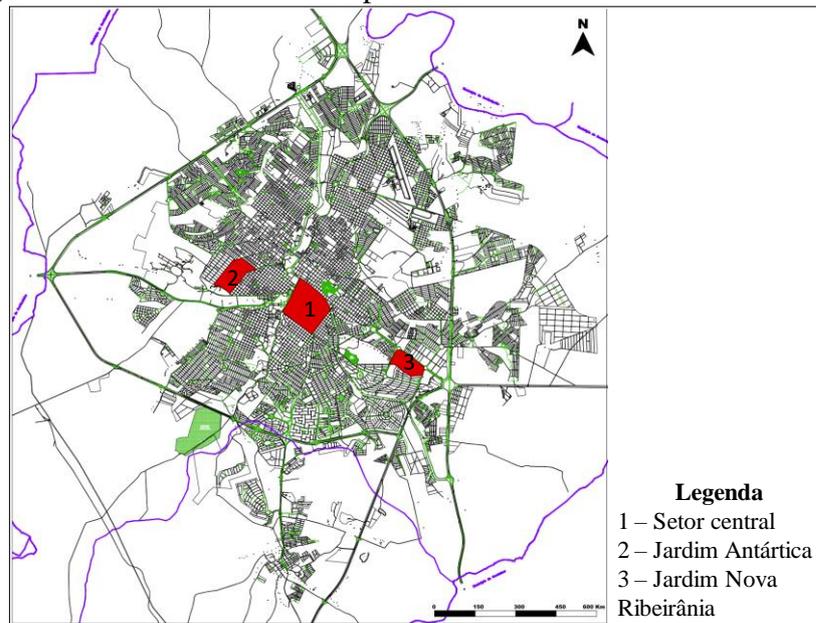


Fonte: IBGE, 2010

Por ser a cidade sede da região metropolitana, possui um alto fluxo de pessoas provenientes de outras cidades, para os mais variados fins (trabalho, compras, lazer, educação, saúde, entre outros). Esse aspecto reflete na circulação de pessoas no centro da cidade, onde se localizam a Prefeitura Municipal, o Mercado, a Biblioteca Municipal, o Calçadão, a Estação Rodoviária, o Terminal Urbano, o Shopping Santa Úrsula e também diversas opções de lazer e cultura, ou seja, um cenário propício para a avaliação, pois muitas pessoas circulam a pé.

Em geral, o centro das cidades possui maior oferta de infraestrutura e melhor manutenção. Por isso, além de avaliar uma área do centro da cidade de Ribeirão Preto, esta pesquisa também avaliou duas áreas periféricas (sendo uma ocupada por uma população de classe econômica média/baixa e uma de classe econômica média/alta). Assim, foi possível comparar como são as condições de caminhabilidade entre as áreas avaliadas. As áreas selecionadas para análise são mostradas na Figura 4.2.

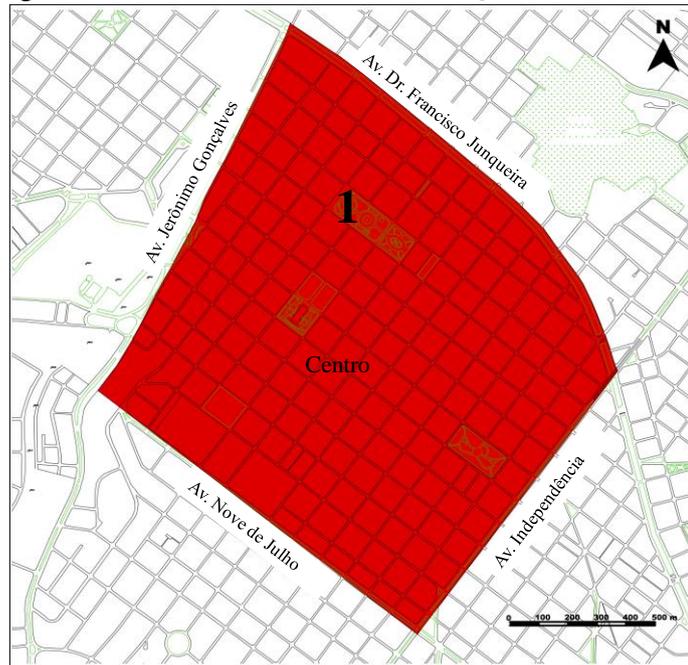
Figura 4.2. Áreas selecionadas para análise na cidade de Ribeirão Preto



Fonte: PMRP, 2018 – Editado pela autora, 2020.

A primeira área selecionada para a realização da pesquisa fica na região central da cidade de Ribeirão Preto e é conhecida como quadrilátero central, pois a área é delimitada por quatro grandes avenidas da cidade: Avenida Francisco Junqueira, Avenida Independência, Avenida Nove de Julho e Avenida Jerônimo Gonçalves. A Figura 4.3 mostra um detalhamento dessa área que possui cerca de dezenove mil habitantes (IBGE, 2010).

Figura 4.3. Área central da cidade – Quadrilátero central



Fonte: PMRP, 2018 – Editado pela autora, 2020.

A segunda área selecionada para avaliação na cidade de Ribeirão Preto foi escolhida por apresentar características de usos diferentes da área central e permitir a comparação entre a caminhabilidade no centro e em um bairro da periferia da cidade ocupado por uma população com menor poder aquisitivo. A área está localizada no setor Oeste da cidade, sendo o bairro Jardim Antártica, conforme figura 4.4.

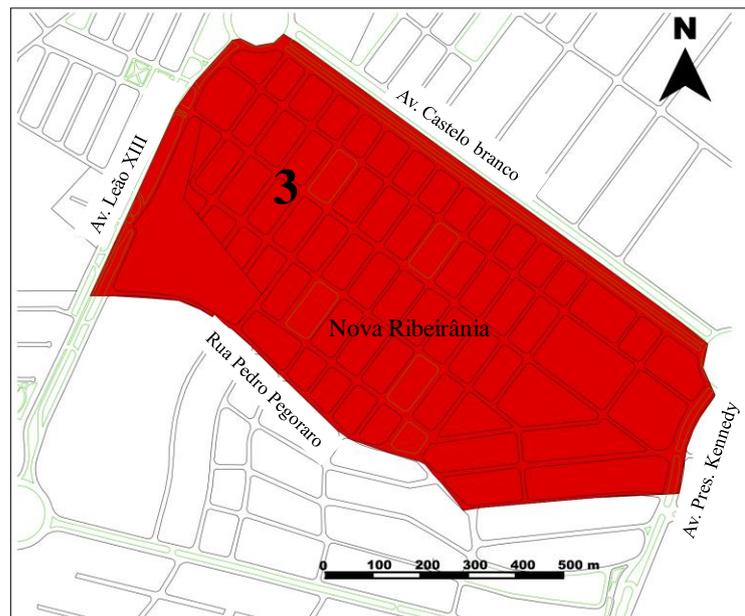
Figura 4.4. Área no Jardim Antártica na cidade de Ribeirão Preto



Fonte: PMRP, 2018 – Editado pela autora, 2020.

A terceira área utilizada para avaliação foi escolhida por apresentar uso e ocupação do solo diferente das duas áreas anteriores. Trata-se de uma área periférica, ocupada por uma população com maior poder aquisitivo. Esta escolha permitiu comparar as condições de caminhabilidade entre o centro e os bairros periféricos e também entre duas periferias ocupadas por diferentes classes sociais. A área está localizada no setor leste da cidade, sendo o bairro Nova Ribeirânia, conforme figura 4.5.

Figura 4.5. Área no bairro Nova Ribeirânia na cidade de Ribeirão Preto



Fonte: PMRP, 2018 – Editado pela autora, 2020.

4.7. Coleta e análise dos dados

Para a realização da avaliação multicritério é necessário o levantamento de diversos tipos de informações a respeito da área estudada, conforme apresentado na Tabela 4.1. Para tanto foi criado um banco de dados espacial (georreferenciado), com diversas camadas de dados que incluem as informações básicas sobre as áreas a serem estudadas, ou seja, os valores dos indicadores que foram utilizados na Avaliação Multicriterial. As análises necessárias foram realizadas através do *software* QGIS.

Três fontes foram utilizadas para a obtenção dos dados necessários: (1) informações do Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, (2) informações fornecidas pela Secretaria de Planejamento do município e (3) informações coletadas *in loco*.

Foi realizado um levantamento junto aos órgãos competentes do município que poderiam fornecer as bases cadastrais necessárias para o desenvolvimento da pesquisa, sendo

estas: o mapa do sistema viário da cidade, o mapa de uso e ocupação do solo nas áreas avaliadas e o mapa da cidade georreferenciado para realizar a inserção dos dados no QGIS. A Secretaria de Planejamento da cidade possui o mapa do sistema viário do município já georreferenciadas no *software* AutoCAD. No entanto os dados referentes ao uso e ocupação do solo não estavam disponíveis e foram coletados in loco.

4.7.1. Dados relativos ao desenho urbano

Para avaliar o critério desenho urbano, foi utilizado o indicador “índice de permeabilidade”, analisado com base em um mapa digitalizado georreferenciado, já disponível na Secretaria de Planejamento do município. Através do mapa foi possível identificar a relação entre a distância de caminhada em linha reta entre cada origem e destino e a distância real de caminhada pelo caminho mais curto.

4.7.2. Dados relativos à diversidade de usos

Com as informações referentes ao uso do solo nas áreas estudadas foi possível avaliar a porcentagem de área ocupada por cada uso e realizar o cálculo do índice de entropia. Para a realização destes cálculos foi realizada a aplicação de uma equação, que precisa dos dados referentes à metragem quadrada de cada um dos usos existentes no local, sendo considerados: uso residencial, comercial/serviços e institucional; e também foi identificada a informação da área total construída e a área total avaliada, assim foi possível realizar o cálculo referente ao índice de entropia e identificar a diversidade da área.

As informações referentes a cada um dos usos do solo não está disponível nas bases cadastrais georreferenciadas dos órgãos competentes, mas a área central foi estudada em um projeto de requalificação da área central da cidade, realizado através das secretarias de cultura, planejamento e gestão pública e de obras do município que produziu um caderno com avaliações da área que contém as informações necessárias para introduzir no QGIS, no entanto para as outras área estudadas foi necessário realizar o levantamento.

Para o levantamento das informações das áreas avaliadas foram utilizadas as informações do *Google Street View*, através da identificação do uso das edificações (comercial, residencial, serviços.) através das fachadas e de sua altura a partir da quantidade de pavimentos. Estes dados foram inseridos na base de dados georreferenciadas que possui todos os terrenos e a projeção das edificações do município, assim foi possível realizar o cálculo da metragem de

cada um dos usos existentes no local a partir da metragem quadrada da projeção e da quantidade de pavimentos identificada.

4.7.3. Dados relativos à densidade de ocupação

Para realizar a análise de densidade de ocupação foi necessário levantar a área construída total de cada uma das áreas analisadas para fazer a proporção entre a área total avaliada, sendo que a secretaria de planejamento do município não disponibilizou estes dados, fazendo-se necessário coletar as informações. Para a coleta de dados foram utilizadas as informações do *Google Street View* (Atualização 2020), identificando a quantidade de pavimentos das edificações para multiplicar pela área da projeção existente.

4.7.4. Dados relativos à segurança

A segurança das áreas foi avaliada através da porcentagem do comprimento de vias seguras, considerando para avaliação a porcentagem do comprimento das vias que podem ser consideradas seguras. Considera-se que as ruas seguras são: Todas as vias locais, com velocidades abaixo de 40 Km/h, as vias coletoras que tenham faixas de pedestre nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções; e as vias arteriais que tenham faixas de pedestre e semáforo nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções. Foi necessário realizar o levantamento das vias arteriais e coletoras, pois assim foi possível caracterizar as vias como seguras para fazer o cálculo da porcentagem.

Pode-se identificar que já existe um estudo do fluxo das vias do município, no entanto não há um estudo sobre a presença de faixas de pedestre, rampas e semáforos, sendo necessário realizar o levantamento destas informações para conseguir calcular a porcentagem do comprimento das vias que podem ser consideradas seguras. Para os levantamentos das informações foi utilizado o *Google Street View* (Atualização 2020).

4.7.5. Dados relativos à seguridade

Para a avaliação da seguridade foi utilizada a criminalidade identificada na área através dos registros das delegacias que atendem as áreas analisadas. Para isto foi necessário analisar os dados da criminalidade da cidade toda e de cada área estudada, para que pudesse ser realizada uma comparação entre os dados obtidos, para identificar quais áreas possuem maiores taxas de criminalidade, pois quando ocorrem muitos crimes em uma área, ela tende a ser evitada pelos

pedestres, pois transmite maior sensação de insegurança. Para realização da análise da criminalidade foi utilizado o Escore Z.

Os dados referentes à criminalidade em Ribeirão Preto são disponibilizados pela secretaria de segurança pública, sendo estes dados discriminados por tipo de crime e por delegacia na qual foi registrado, permitindo realizar as comparações necessárias.

4.7.6. Dados relativos ao ambiente do pedestre

Foram analisadas as informações qualitativas do ambiente do pedestre. Para realizar a análise foi necessário coletar informações das áreas avaliadas. Para o levantamento foram utilizadas as informações do *Google Street View*, sendo que estes foram digitalizados para as bases de dados no QGIS.

As informações necessárias para a avaliação do ambiente do pedestre são: Existência de calçadas em todos os segmentos, sem obstáculos ou barreiras, Existência de mobiliário urbano de apoio ao pedestre (bancos e lixeiras), existência de arborização/vegetação, Condição da manutenção da área (coleta de lixo, limpeza, sem edificações abandonadas ou degradadas), existência de edificações com fachadas visualmente ativas, sendo avaliada a porcentagem do comprimento de via que atende aos itens citados.

4.7.7. Dados relativos ao Acesso a outros modos de transporte

Para realizar a análise referente ao acesso a outros modos de transporte é necessário determinar a distância que o pedestre caminha até um ponto de transporte coletivo, para isso é necessário realizar a medição do raio de abrangência dos pontos de acesso. No caso de Ribeirão Preto, o transporte público só é realizado por ônibus, então será realizada a medição do raio de abrangência destes pontos, sendo que o ideal é que o pedestre não precise caminhar mais de 250 metros para acessar o transporte coletivo (Valor considerado o ideal para distâncias de caminhada até pontos de acesso ao transporte público, ITDP, 2016).

Para a medição foi utilizado às informações de localização dos pontos de ônibus da empresa que opera no município, sendo atualmente a empresa RITMO (Rede Integrada do Transporte Municipal por Ônibus), e foram traçados *buffers* a partir dos pontos de ônibus para identificar em qual raio de abrangência toda a área avaliada é atendida pelo transporte público.

4.7.8. Dados relativos à Porcentagem de segmentos com declividade adequada

Para analisar a declividade da área foi necessário determinar a inclinação, sendo realizado para cada trecho de via. Para o cálculo da inclinação é necessário uma base de dados topográfica da área, sendo que a prefeitura já possui esta informação, assim foi necessário realizar o cálculo de inclinação considerando o comprimento do trecho de via e quantos metros possuem de inclinação. Para a análise dos dados foi calculada a porcentagem do comprimento das vias que pode ser considerado com declividade adequada.

4.8. Estimativa da caminhabilidade

No intuito de abordar um conjunto de fatores que influenciam na caminhabilidade no ambiente urbano, este trabalho apresenta um modelo multicritério de avaliação da caminhabilidade que agrega múltiplos atributos às ferramentas de análise.

Para a análise da caminhabilidade das áreas foi realizada uma Avaliação Multicritério, conforme as etapas apresentadas no item 3.1. De acordo com o apresentado, o método consiste na aplicação de diversas etapas, no entanto, as etapas podem ser realizadas através de mais de uma possibilidade de análise. Para a realização da avaliação foram selecionados os procedimentos que mais se adequavam aos objetivos da pesquisa.

4.9. Análise dos resultados

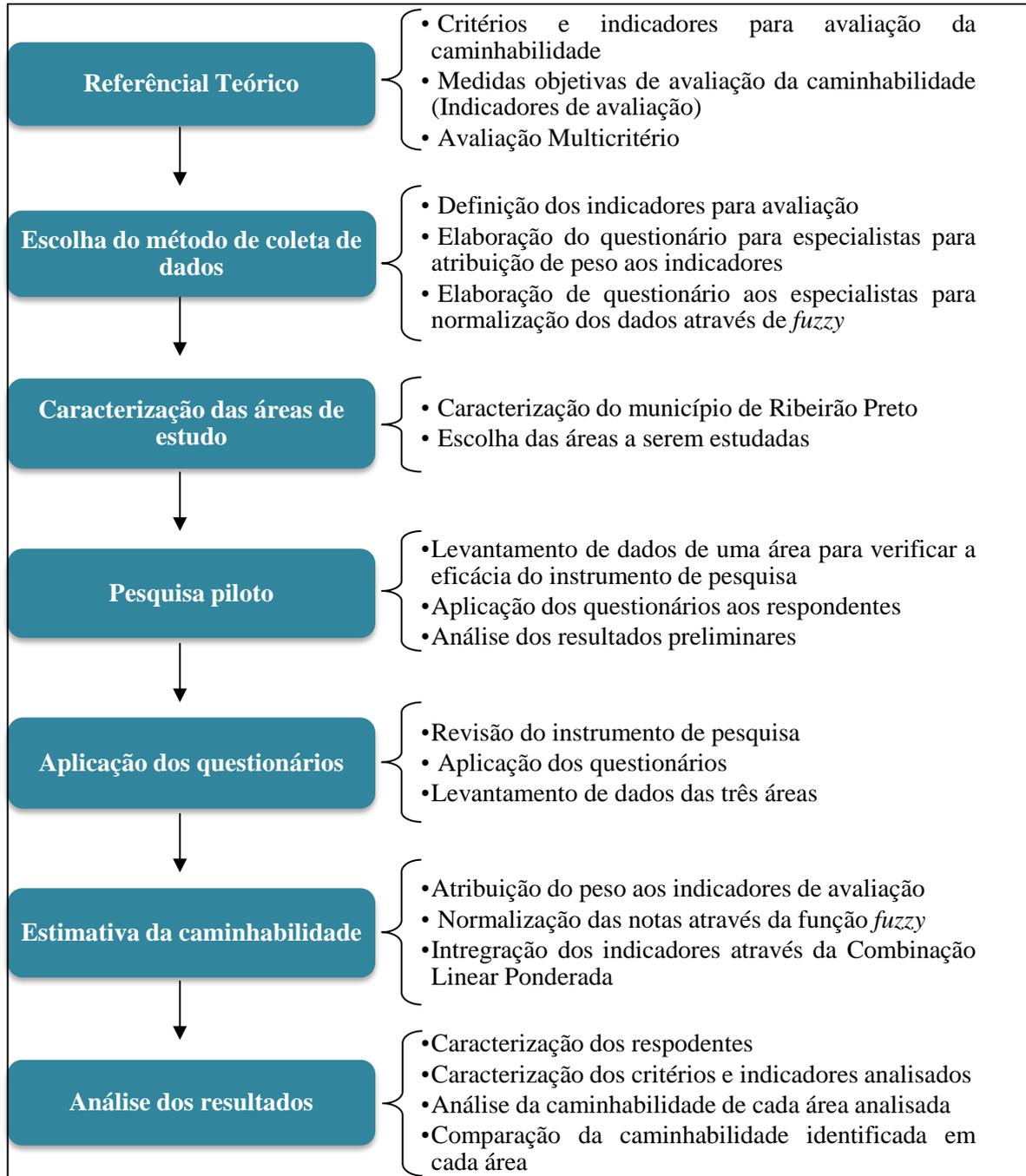
Com a aplicação das etapas da pesquisa foram obtidos diversos dados para análise, sendo estes dados resultantes da aplicação dos questionários e também obtidos com a coleta de dados dos indicadores nas áreas.

Os dados coletados nas áreas foram avaliados de acordo com os valores de referência identificados na revisão bibliográfica, normalizados utilizando *Fuzzy*, recebendo notas entre 0 (pior situação) e 1 (situação ideal), de acordo com as condições identificadas. Após a atribuição das notas, foi realizada a integração dos indicadores através da Combinação Linear Ponderada. Os resultados obtidos foram utilizados para avaliar as condições de caminhabilidade segundo escala de avaliação proposta pelo índice de Caminhabilidade (iCam) realizado pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP).

4.10. Resumo das etapas da metodologia

A figura 4.6 apresenta um esquema das etapas que foram realizadas para o desenvolvimento da metodologia.

Figura 4.6. Etapas metodológicas da pesquisa



5. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos, sendo estes adquiridos através da pesquisa com a aplicação dos questionários aos especialistas e a coleta de dados das áreas selecionadas.

5.1. Questionário para atribuição de peso aos indicadores

Os questionários foram elaborados conforme descrito no item 4.3. Inicialmente foi aplicado um questionário piloto, sendo obtidas 30 respostas, através dos quais foi possível verificar a compreensão do questionário e identificar a opinião dos respondentes. Além disso, o questionário piloto também foi utilizado para determinar o tamanho da amostra para aplicação do questionário final.

5.1.1. Cálculo do Tamanho da Amostra

Para o cálculo amostral foi considerado uma margem de erro de 5% e com o nível de confiança de 95%, sendo calculado através da equação 5.1.

$$n = \left(\frac{z_c \sigma}{E} \right)^2 \quad (5.1)$$

Onde:

n = tamanho da amostra;

z_c = escore z correspondente ao nível de confiança que se deseja (95%)

σ = desvio padrão da população

E = margem de erro

Ao aplicar a equação de acordo com as médias e desvios padrões das questões presentes no instrumento de pesquisa foi estimado o tamanho da amostra para se obter a precisão desejada. A tabela 5.1 demonstra as médias, desvios padrão e os tamanhos das amostras para uma margem de erro aceitável de 5%. Para definir o tamanho da amostra final, considerou-se o maior valor obtido, no caso 66 questionários.

Tabela 5.1. Médias, desvios padrão e Amostra

Indicadores	Média	Desvio padrão	Amostra Necessária
Conectividade	4,60	0,66	31
Diversidade de usos	4,51	0,62	29
Densidade de ocupação	4,27	0,84	59
Segurança	4,39	0,83	54
Seguridade	4,72	0,45	14
Qualidade do ambiente do pedestre	4,66	0,48	16
Facilidade de acesso ao transporte coletivo	4,00	0,83	66
Declividade das vias	4,21	0,78	53

5.1.2. Resultados obtidos

Além da importância atribuída a cada indicador, o questionário aplicado aos especialistas, solicitava que eles indicassem também seu nível de conhecimento sobre o tema caminhabilidade, a instituição em que atuam e sua área de formação. O questionário completo está disponível no apêndice B.

Através dos resultados obtidos com a caracterização dos especialistas foi possível identificar que a maioria dos respondentes são vinculados a alguma universidade, em geral pesquisadores, e uma parte menor dos respondentes atuam em órgãos públicos relacionados diretamente com transportes. Quanto à área de formação dos especialistas a tabela 5.2 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 5.2. Área de formação dos especialistas respondentes

Área de formação	Respondentes	%
Arquitetura e Urbanismo	10	15,1
Engenharia de Transportes	15	22,7
Engenharia Civil	30	45,4
Demais áreas	11	16,7

Pode-se perceber que a maioria dos respondentes possui formação em Engenharia Civil (45,4%), Engenharia de Transportes (22,7%) e Arquitetura e Urbanismo (15,1%).

Os respondentes avaliaram seu próprio conhecimento em relação à caminhabilidade, sendo perguntados “Como você avalia seu conhecimento em relação à caminhabilidade?” sendo esta avaliação em uma escala de 1 (Muito Baixo) a 5 (Muito alto), sendo que para a análise dos resultados obtidos dos questionários foram excluídas as respostas dos respondentes que

declararam possuir conhecimento baixo ou muito baixo sobre o assunto. Os resultados são mostrados na tabela 5.3.

Tabela 5.3. Conhecimento dos especialistas sobre a caminhabilidade

Conhecimento dos especialistas	%
Muito baixo	0
Baixo	0
Mediano	13 (19,7%)
Alto	35 (53,0%)
Muito alto	18 (27,3%)

Pode-se perceber que a maior parte dos respondentes (80,3%) declarou ter um conhecimento Alto ou Muito alto sobre caminhabilidade o que é adequado, pois auxilia na melhor compreensão das perguntas e proporciona um resultado mais confiável.

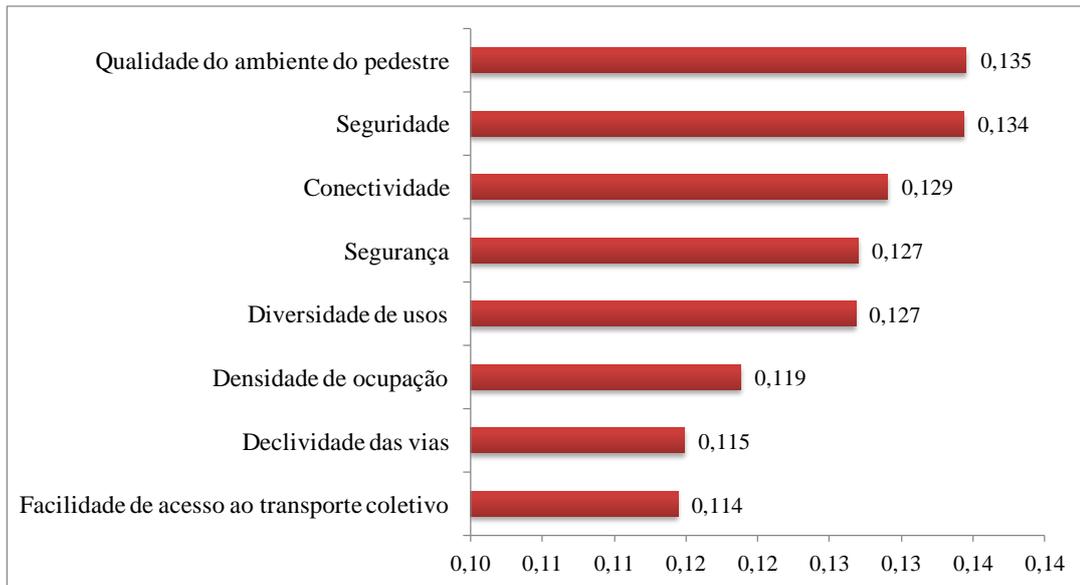
Quanto à avaliação dos indicadores, os resultados obtidos com a aplicação dos questionários (66 respondentes) podem ser observados na Tabela 5.4. A tabela mostra a porcentagem de respostas sobre a importância atribuída pelos especialistas a cada um dos indicadores, de acordo com a codificação adotada: 1 (Totalmente sem importância), 2 (Pouco importante), 3 (Indiferente), 4: (Importante) e 5 (Muito importante).

Tabela 5.4. Importância dos indicadores na opinião dos especialistas (% de respostas)

	1	2	3	4	5
Conectividade	1,5	1,5	4,5	33,3	59,1
Diversidade de usos	1,5	1,5	4,5	40,9	51,5
Densidade de ocupação	1,5	1,5	12,1	47,0	37,9
Segurança	1,5	1,5	9,1	27,3	60,6
Seguridade	1,5	1,5	3,0	21,2	72,7
Qualidade do ambiente do pedestre	1,5	1,5	1,5	25,8	69,7
Facilidade de acesso ao transporte coletivo	1,5	1,5	19,7	43,9	33,3
Declividade das vias	1,5	1,5	19,7	42,4	34,8

Com os dados coletados através da escala de diferencial semântico foi realizada a aplicação do Método de Intervalos Sucessivos (ver Apêndice A) para identificar o peso dos indicadores. Os resultados da análise são mostrados na figura 5.1. Quanto maior o valor, maior a importância do indicador.

Figura 5.1. Importância dos indicadores (Pesos)



Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados mostram que os indicadores: “Qualidade do ambiente do pedestre” “Seguridade” e “Conectividade” foram os que receberam maior destaque na opinião dos respondentes sendo os considerados mais importantes. Enquanto os indicadores “Declividade das vias” e “Facilidade de acesso ao transporte coletivo” foram os que receberam os menores pesos, o que pode estar associado a falta de opção do pedestre quanto a estes indicadores, como pode ser percebido na revisão bibliográfica, na qual pode-se perceber que apesar dos pedestre preferirem vias com declividades menores, em geral, optam por um caminho mais curto independente da declividade do local.

Pode-se perceber que a diferença entre os valores obtidos pelos indicadores é pequena, pois, de acordo com os respondentes, todos os indicadores apresentados são importantes para a realização de uma avaliação da caminhabilidade.

5.2. Questionário para calibração das funções *fuzzy*

Os questionários foram elaborados conforme descrito no item 4.4. Inicialmente foi aplicado um questionário piloto (sendo obtidas 30 respostas), através dos quais foi possível verificar a compreensão do questionário e identificar a opinião dos respondentes. Além disso, o questionário piloto também foi utilizado para determinar o tamanho da amostra para aplicação do questionário final.

5.2.1. Cálculo do Tamanho da Amostra

Para o cálculo amostral foi considerado uma margem de erro de 5% e com o nível de confiança de 95%, sendo calculado através da equação 5.2.

$$n = \left(\frac{z_c \sigma}{E} \right)^2 \quad (5.2)$$

Onde:

n = tamanho da amostra;

z_c = escore z correspondente ao nível de confiança que se deseja (95%)

σ = desvio padrão da população

E = margem de erro

Ao aplicar a equação de acordo com as médias e desvios padrões das questões presentes no instrumento de pesquisa foi estimado o tamanho da amostra para se obter a precisão desejada. Para o cálculo foi considerado um erro aceitável de 5%, assim foi possível obter o tamanho da amostra. Para definir o tamanho da amostra final, considera-se o maior valor obtido, no caso 91 questionários, sendo este o número de questionários necessários para ser aplicados para conseguir um resultado com a margem de erro aceitável estimada.

5.2.2. Resultados obtidos

Além das notas à N2 e N3 a cada um dos indicadores, o questionário aplicado aos especialistas, solicitava que eles indicassem também seu nível de conhecimento sobre o tema caminhabilidade, a instituição em que atuam e sua área de formação. O questionário completo está disponível no apêndice C.

Através dos resultados obtidos com a caracterização dos especialistas foi possível identificar que a maioria dos respondentes são vinculados a alguma universidade, em geral pesquisadores, e uma parte menor dos respondentes atuam em órgãos públicos relacionados diretamente com transportes. Quanto à área de formação dos especialistas a tabela 5.5 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 5.5. Área de formação dos especialistas respondentes

Área de formação	Respondentes	%
Arquitetura e Urbanismo	20	22,0
Engenharia de Transportes	13	14,2
Engenharia Civil	30	33,0
Engenharia*	20	22,0
Demais áreas	8	8,8

*Não informaram qual a especialidade da engenharia

Pode-se perceber que a maioria dos respondentes possui formação em Engenharia Civil (33,0%), Engenharia (22,0%) e Arquitetura e Urbanismo (22,0%).

Os respondentes avaliaram seu próprio conhecimento em relação à caminhabilidade, sendo perguntados “Como você avalia seu conhecimento em relação à caminhabilidade?” sendo esta avaliação em uma escala de 1 (Muito Baixo) a 5 (Muito alto), sendo que para a análise dos resultados obtidos dos questionários foram excluídas as respostas dos respondentes que declararam possuir conhecimento baixo ou muito baixo sobre o assunto. Os resultados são mostrados na tabela 5.6.

Tabela 5.6. Conhecimento dos especialistas sobre a caminhabilidade

Conhecimento dos especialistas	%
Muito baixo	0
Baixo	0
Mediano	17 (18,7%)
Alto	53 (58,2%)
Muito alto	21 (23,1%)

Pode-se perceber que a maior parte dos respondentes (81,3%) declarou ter um conhecimento Alto ou Muito alto sobre caminhabilidade o que é adequado, pois auxilia na melhor compreensão das perguntas e proporciona um resultado mais confiável.

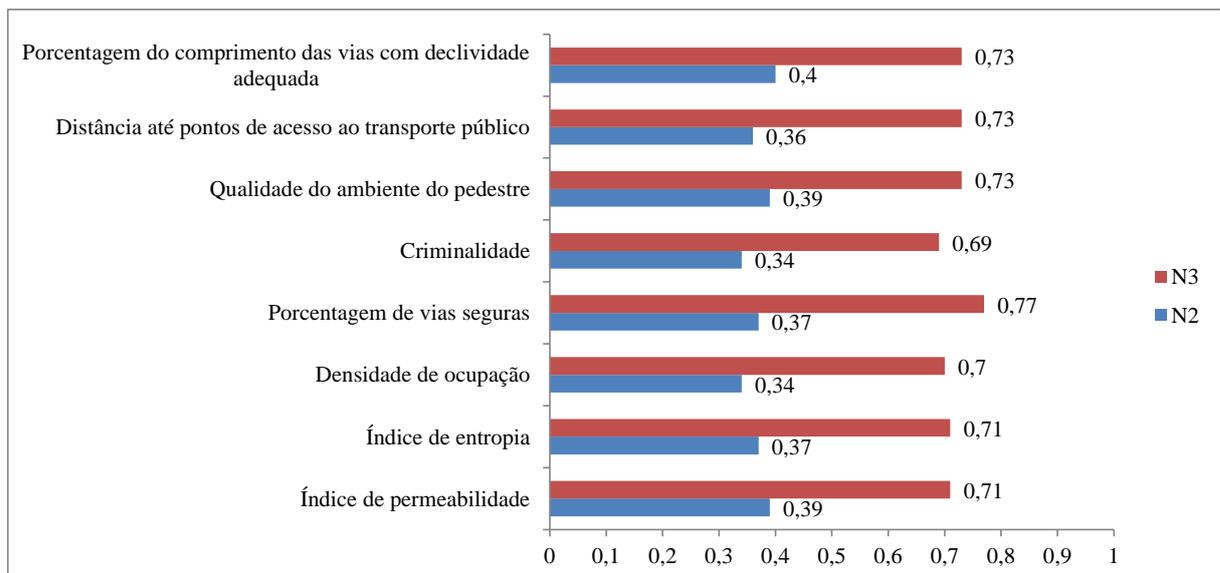
Os especialistas atribuíram notas para os níveis N2 e N3 para cada um dos indicadores, sendo estas notas >0 e <1 . A Tabela 5.7 apresenta os resultados obtidos para cada um dos indicadores.

Tabela 5.7. Resultados obtidos para N2 e N3 para cada um dos indicadores

Indicador	N2	N3
	Média (Desv. Padrão)	Média (Desv. Padrão)
Índice de permeabilidade	0,39 (0,10)	0,71 (0,09)
Índice de entropia	0,37 (0,08)	0,71 (0,09)
Densidade de ocupação	0,34 (0,07)	0,70 (0,09)
Porcentagem do comprimento de vias seguras	0,37 (0,10)	0,77 (0,09)
Criminalidade	0,34 (0,08)	0,69 (0,12)
Qualidade do ambiente do pedestre	0,39 (0,10)	0,73 (0,10)
Distância até pontos de acesso ao transporte público	0,36 (0,09)	0,73 (0,09)
Porcentagem do comprimento das vias com declividade adequada	0,40 (0,10)	0,73 (0,08)

As médias obtidas para N2 são inferiores às obtidas para N3, pois as notas variam de 0 (N1) à 1 (N4), assim os níveis têm notas crescentes de N1 à N4. As notas obtidas para cada um dos indicadores apresentaram médias semelhantes, pois se percebeu que os respondentes tendem a fazer uma distribuição proporcional da nota entre os níveis avaliados.

Figura 5.2. Média obtida das notas para N2 e N3 para cada um dos indicadores



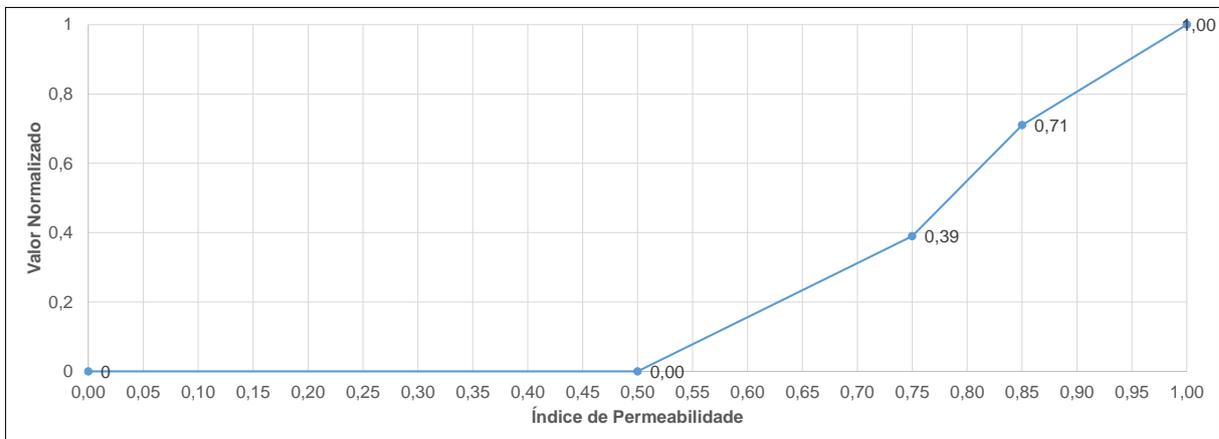
Pode-se perceber na figura 5.2 que os indicadores que receberam maiores notas dos especialistas em um dos níveis avaliados (N2 ou N3) nem sempre também receberam as maiores notas para o outro nível, pois a atribuição das notas não está associada à importância dos

indicadores, mas sim aos valores de referência que foram apresentados aos especialistas, conforme apresentado no item 4.4.1.

Os resultados obtidos pela normalização através das funções *fuzzy*, apresentando as notas entre 1 e 0, são apresentados nas figuras de 5.3 a 5.10.

A figura 5.3, representa a curva de normalização de *fuzzy* para o indicador índice de permeabilidade. É possível perceber que quando o valor do índice de permeabilidade for inferior a 0,50 o valor normalizado será sempre zero, e à medida que o valor do índice de permeabilidade aumenta o valor normalizado vai aumentando até atingir 1, condição ideal.

Figura 5.3. Normalização do indicador “Índice de Permeabilidade”



Para:

$$x \leq 0,50$$

$$y = 0,00$$

$$0,50 < x \leq 0,75$$

$$y = \frac{x - 0,50}{0,641}$$

$$0,75 < x \leq 0,85$$

$$y = \left(\frac{x - 0,75}{3,125} \right) + 0,39$$

$$0,85 < x \leq 1,00$$

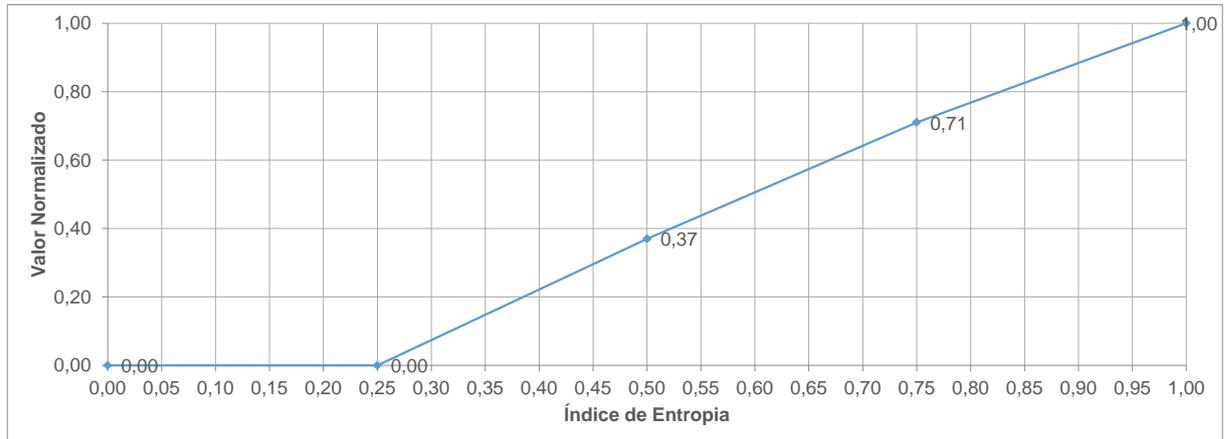
$$y = \left(\frac{x - 0,85}{0,517} \right) + 0,71$$

x: valor do Índice de Permeabilidade

y: valor normalizado do Índice de Permeabilidade

De acordo com a figura 5.4, considera-se que na medida em que o índice de entropia diminui (indicando piora na diversidade de usos) o valor normalizado diminui. Para área com índice de entropia inferior a 25% (0,25) o valor normalizado é igual a 0,0.

Figura 5.4. Normalização do indicador “Índice de entropia”



Para:

$$x \leq 0,25$$

$$y = 0,00$$

$$0,25 < x \leq 0,50$$

$$y = \frac{x - 0,25}{0,676}$$

$$0,50 < x \leq 0,75$$

$$y = \left(\frac{x - 0,50}{0,735} \right) + 0,37$$

$$0,75 < x \leq 1,00$$

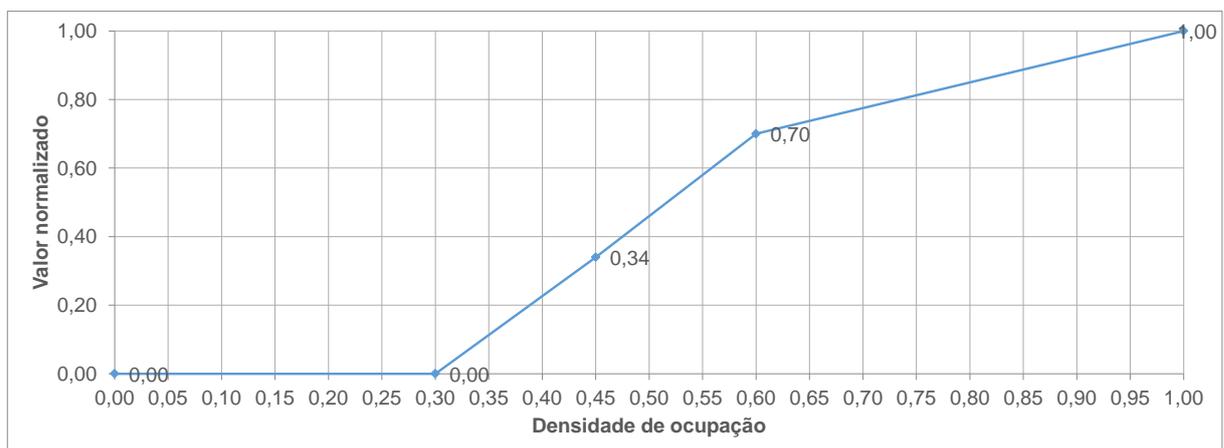
$$y = \left(\frac{x - 0,75}{0,862} \right) + 0,71$$

x: valor do Índice de Entropia

y: valor normalizado do Índice de Entropia

Conforme mostra a figura 5.5, considera-se que quando a densidade de ocupação é de até 0,30 (30%) o valor normalizado é zero (indicando pior condição de densidade), e à medida que a densidade de ocupação aumenta o valor normalizado vai aumentando de acordo com os valores obtidos por N2 e N3 até atingir 1 – condição ideal.

Figura 5.5. Normalização do indicador “Densidade de ocupação”



Para:

$$x \leq 0,30 \quad y = 0,00$$

$$0,30 < x \leq 0,45 \quad y = \frac{x - 0,30}{0,441}$$

$$0,45 < x \leq 0,60 \quad y = \left(\frac{x - 0,45}{0,417} \right) + 0,34$$

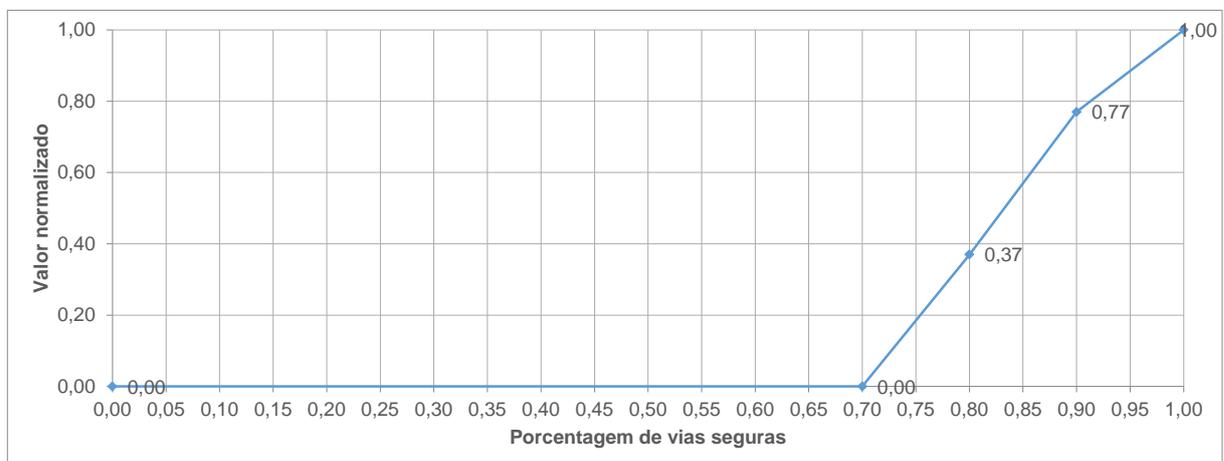
$$0,60 < x \leq 1,00 \quad y = \left(\frac{x - 0,60}{1,333} \right) + 0,71$$

x: valor da Densidade de Ocupação

y: valor normalizado da Densidade de ocupação

De acordo com a figura 5.6, considera-se que quando 100% do comprimento das vias podem ser consideradas seguras o valor normalizado é igual a 1,0. Na medida em que a porcentagem do comprimento de vias seguras vai diminuindo (indicando piora nas condições de segurança), o valor normalizado diminui. Para áreas com menos de 70% das vias seguras o valor normalizado é 0,0.

Figura 5.6. Normalização do indicador “Porcentagem do comprimento de vias seguras”



Para:

$$x \leq 0,70 \quad y = 0,00$$

$$0,70 < x \leq 0,80 \quad y = \frac{x - 0,70}{0,270}$$

$$0,80 < x \leq 0,90 \quad y = \left(\frac{x - 0,80}{0,25} \right) + 0,37$$

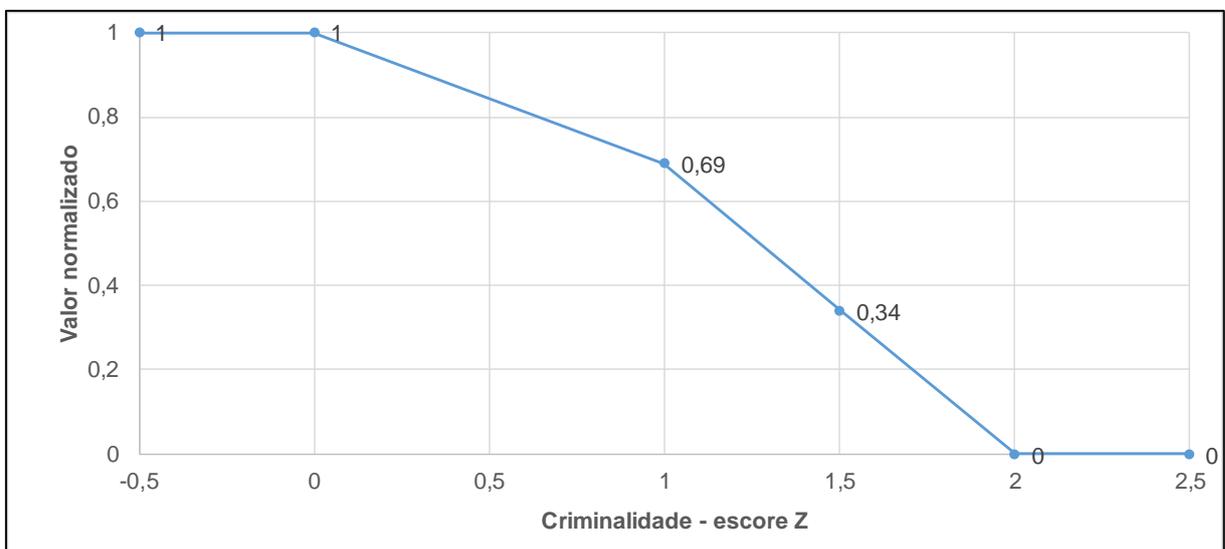
$$0,90 < x \leq 1,00 \quad y = \left(\frac{x - 0,90}{0,435} \right) + 0,77$$

x: valor da porcentagem do comprimento de vias seguras

y: valor normalizado da porcentagem do comprimento de vias seguras

Conforme pode ser observado na figura 5.7, considera-se que quando o valor de Z, obtido através do cálculo do escore z, for igual ou menor que zero, o valor normalizado é igual a 1,0. Na medida em que o valor obtido em Z aumenta (indicando aumento da criminalidade em relação à média do município, ou seja, piora na seguridade), o valor normalizado diminui. Quando o valor obtido em Z for maior ou igual a dois, o valor normalizado é igual a 0,0.

Figura 5.7. Normalização do indicador “Criminalidade”



Para:

$$x \geq 2,00 \quad y = 0,00$$

$$2,0 < x \leq 1,5 \quad y = \frac{x - 2,0}{-1,470}$$

$$1,5 < x \leq 1,0 \quad y = \left(\frac{x - 1,5}{-1,428} \right) + 0,34$$

$$1,0 < x \leq 0,0 \quad y = \left(\frac{x - 1,0}{-3,225} \right) + 0,69$$

$$x < 0,00 \quad y = 1,00$$

x: valor do escore Z

y: valor normalizado do escore Z

Conforme apresentado na figura 5.8, considera-se que quando a porcentagem de comprimento das vias adequadas for igual à 100%(1,0) o valor normalizado é igual a 1,0. Na medida em que a porcentagem de via considerada adequada diminui (indicando piora na

qualidade do ambiente do pedestre) o valor normalizado diminui. Quando a área tiver a porcentagem de vias consideradas adequadas inferiores a 50%, o valor normalizado é 0,0.

Figura 5.8. Normalização do indicador “Qualidade do ambiente do pedestre”



Para:

$$x \leq 0,50$$

$$y = 0,00$$

$$0,50 < x \leq 0,65$$

$$y = \frac{x - 0,50}{0,50}$$

$$0,65 < x \leq 0,80$$

$$y = \left(\frac{x - 0,65}{0,441} \right) + 0,39$$

$$0,80 < x \leq 1,00$$

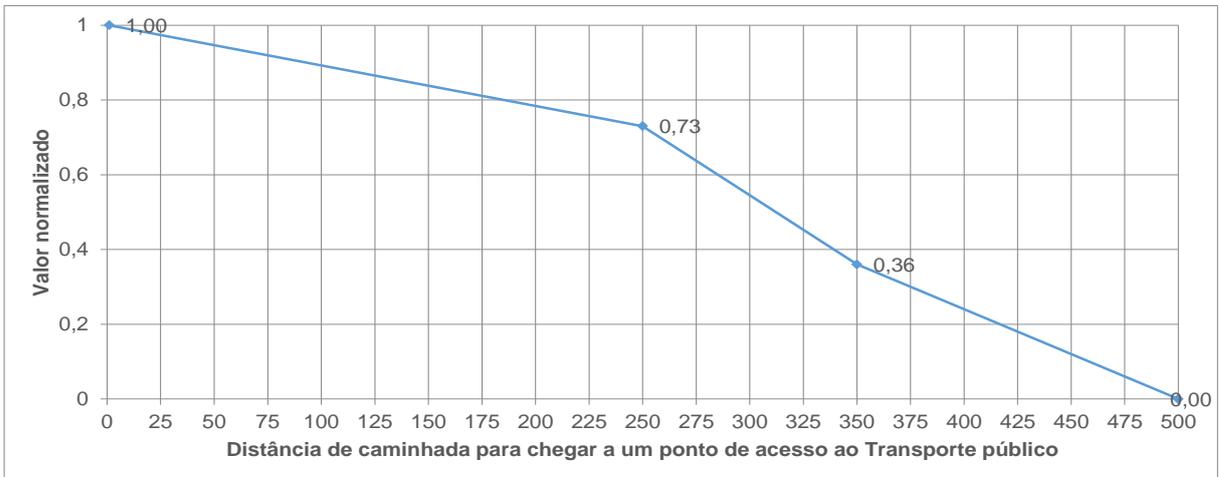
$$y = \left(\frac{x - 0,80}{0,741} \right) + 0,73$$

x: valor da Qualidade do ambiente do pedestre

y: valor normalizado da Qualidade do ambiente do pedestre

De acordo com a figura 5.9, pode-se perceber que quanto maior a distância de caminhada até um ponto de transporte público menor é o valor normalizado. Para distâncias de caminhada de 500 metros ou mais o valor normalizado é igual a 0,0.

Figura 5.9. Normalização do indicador “Distância até pontos de acesso ao transporte público”



Para:

$$x \geq 500$$

$$y = 0,00$$

$$500 < x \leq 350$$

$$y = \frac{x - 500}{-416,66}$$

$$350 < x \leq 250$$

$$y = \left(\frac{x - 350}{-270,27} \right) + 0,36$$

$$250 < x \leq 0,0$$

$$y = \left(\frac{x - 250}{-925,92} \right) + 0,73$$

x: valor da Distância de caminhada para chegar a um ponto de acesso ao transporte público

y: valor normalizado da Distância de caminhada para chegar a um ponto de acesso ao transporte público.

Como pode ser observado na figura 5.10, considera-se que quando a porcentagem de comprimento das vias com declividade adequada é igual a 100%, o valor normalizado é igual a 1,0. À medida que a porcentagem de vias com declividade adequada diminui (indicando piora na qualidade da declividade para o deslocamento), o valor normalizado diminui. Para áreas com menos de 80% dos segmentos com declividade adequada o valor normalizado é igual a 0,0.

Figura 5.10. Normalização do indicador “Declividade das vias”



Para:

$$x \leq 0,80$$

$$y = 0,00$$

$$0,80 < x \leq 0,85$$

$$y = \frac{x - 0,80}{0,125}$$

$$0,85 < x \leq 0,90$$

$$y = \left(\frac{x - 0,85}{0,151} \right) + 0,40$$

$$0,90 < x \leq 1,00$$

$$y = \left(\frac{x - 0,90}{0,370} \right) + 0,73$$

x: valor da Porcentagem do comprimento de vias com declividade adequada

y: valor normalizado da Porcentagem do comprimento de vias com declividade adequada

A partir da definição das notas já normalizadas no intervalo de 0 a 1, foi possível aplicar as notas aos dados obtidos nas áreas analisadas, conforme apresentado no item 5.3.

5.3. Aplicação da pesquisa nas áreas selecionadas

Para a aplicação da metodologia proposta foram escolhidas três áreas, no município de Ribeirão Preto (conforme apresentadas no item 4.6). Com base nos critérios identificados para a avaliação da caminhabilidade, são apresentados a seguir os dados levantados nas áreas e os resultados obtidos para cada um dos indicadores de avaliação.

Para a avaliação dos dados levantados nas áreas serão utilizadas as notas normalizadas no intervalo de 0 a 1 dos valores de referência atribuídos a cada um dos indicadores através da aplicação do questionário apresentado no item anterior.

A seguir são apresentados os resultados obtidos em cada uma das áreas avaliadas e em seguida é apresentada uma comparação dos resultados obtidos.

5.3.1. Resultados obtidos na área 1 (área central)

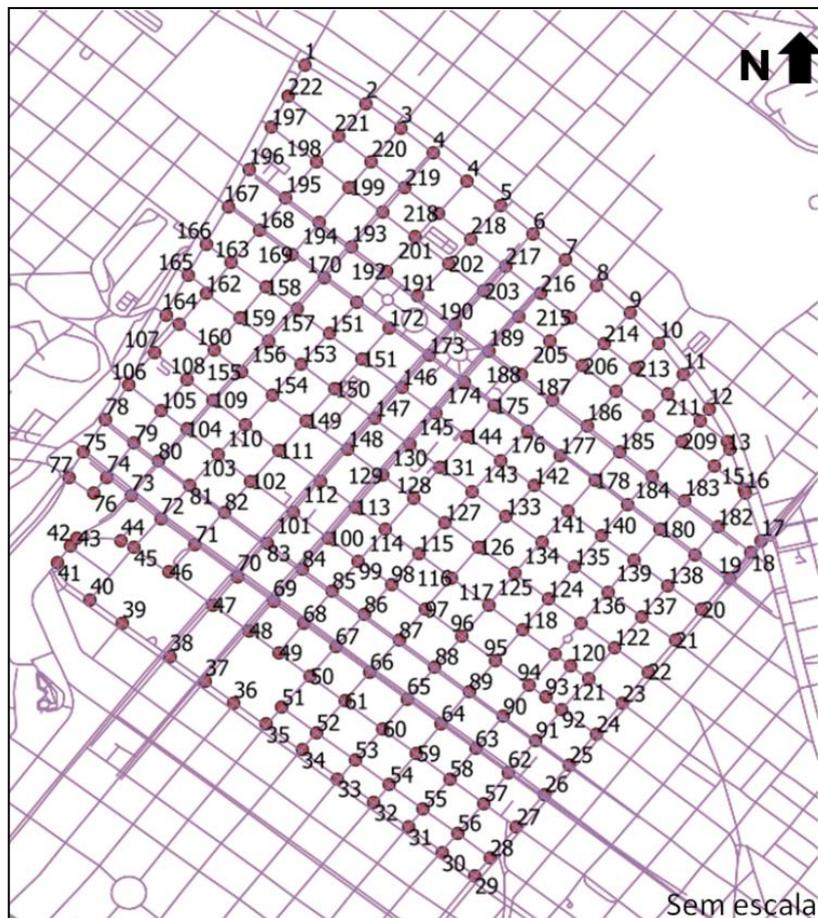
5.3.1.1. Índice de permeabilidade

O cálculo do índice de permeabilidade da área foi realizado para identificar a maior ou menor facilidade de deslocamento de pedestres. Segundo Amancio (2005), o índice pode variar de 0 a 1, sendo atribuído 1 ao ambiente perfeitamente adequado ao pedestre, permitindo que eles cheguem aos seus destinos com uma menor distância percorrida.

A figura 5.11 mostra todas as interseções na área 1, utilizadas para o cálculo das distâncias (em linha reta e pelo menor caminho) para realização do cálculo do índice de permeabilidade.

Através do QGis foram calculadas as distâncias (linha reta e menor caminho) considerando as rotas de uma interseção até todas as demais interseções. Os valores foram calculados para cada uma das rotas e posteriormente foi calculada a média dos valores obtidos para obter o valor médio do índice de permeabilidade para a área avaliada.

Figura 5.11. Pontos para o cálculo das distâncias em linha reta e menor caminho



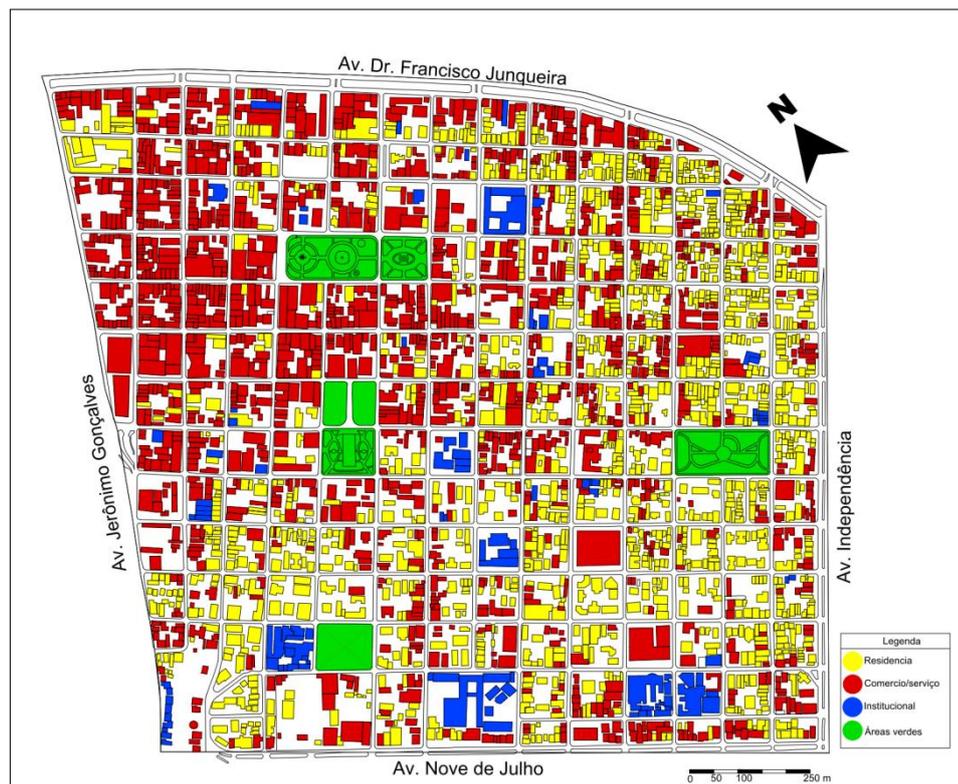
Fonte: QGis – Com intervenção do autor

Os valores obtidos variam entre 0 e 1, considerando que quanto mais próximo de 1 melhor é a permeabilidade da área. Para a área avaliada foi obtido o valor médio igual a 0,79 para a permeabilidade. Realizando a normalização através das funções *fuzzy* (figura 5.3), pode-se obter o total de 0,403 para a permeabilidade da área.

5.3.1.2. Diversidade de usos

Para realizar a análise da diversidade de usos foi realizado o cálculo do índice de entropia. Para a realização do cálculo foram identificados os usos existentes em cada uma das edificações na área analisada e realizado o cálculo da metragem ocupada por cada uso. Para a avaliação da área foram considerados três usos: Comercial/Serviços, Residencial e Institucional. A figura 5.12 apresenta o mapa de uso do solo da área analisada.

Figura 5.12. Mapa de uso do solo



Fonte: PMRP, com intervenção da autora

Após a identificação da área ocupada por cada um dos usos foi calculado o índice de entropia, assim identificando como é a diversidade da área.

Usos identificados	área (ha)	p	ln (p)	p*ln(p)
Residência	147,6	0,549	-0,60038	-0,32937
Comércio/Serviços	108,3	0,403	-0,90955	-0,36628
Institucional	13,1	0,049	-3,02221	-0,14716
Soma	269,0	1,000		-0,84281

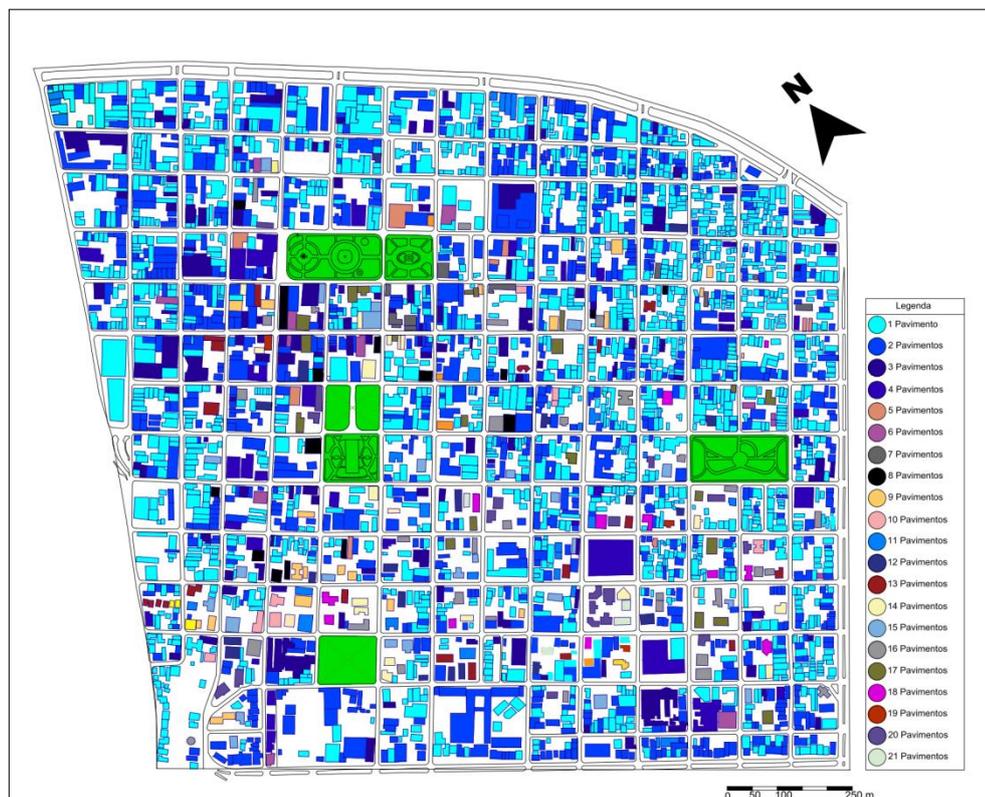
$$E_i = \frac{-\sum_{j=1}^k (p_{ji})(\ln p_{ji})}{(\ln k)} \quad E_i = \frac{0,84281}{\ln(3)} = \frac{0,84281}{1,09861} = 0,77$$

Foram consideradas três categorias de uso do solo (residencial, comercial/serviços e institucional) e pode-se identificar que para a área avaliada o valor do índice de entropia é de 0,77. Realizando a normalização do resultado através das funções *fuzzy* (figura 5.4), obteve-se uma nota total de 0,733 para a diversidade da área, podendo ser considerado uma boa diversidade de usos, estimulando o deslocamento de pedestres na área.

5.3.1.3. Densidade de ocupação

Para a realização do cálculo foi necessário estimar a área total construída no setor avaliado. A figura 5.13 apresenta o mapa de gabarito da área, ou seja, a projeção de cada uma das edificações com a quantidade de pavimentos que possuem.

Figura 5.13. Mapa de gabarito



Fonte: Elaborado pela autora

Verificou-se que a área analisada possui 206ha, sendo destes 37ha relativos ao sistema viário e 169ha correspondentes às quadras. Considerando a área de projeção ocupada por cada edificação e multiplicando pela quantidade de pavimentos das edificações, pode-se concluir que a área ocupada no setor corresponde a 269ha, sendo a área ocupada maior que a área das quadras devido ao grande número de edificações com mais de um pavimento. A partir dos valores obtidos foi possível aplicar a equação para calcular a densidade de ocupação.

$$Doc = \frac{269}{206} = 1,3 = 130\%$$

Realizando a normalização através de *fuzzy* (figura 5.5) pode-se obter a nota 1,0 para a densidade de ocupação da área, considerando que a densidade de ocupação da área seria a condição ideal para estimular o deslocamento de pedestres na área.

5.3.1.4. Porcentagem do comprimento de vias seguras

Para a avaliação da segurança foi avaliada a porcentagem do comprimento de vias que podem ser consideradas seguras. A figura 5.14 apresenta o mapa de hierarquia viária, e pode-se perceber que há vias locais, coletoras e arteriais na área estudada, além de haver uma área de vias de circulação exclusiva de pedestres, pois há um “calçadão” nesta área.

Para identificação das ruas seguras adotou-se que as vias seguras são: as vias locais, com velocidades abaixo de 40 Km/h, as vias coletoras que tenham faixas de pedestre nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções, e as vias arteriais que tenham faixas de pedestre e semáforo nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções.

Para realizar a análise foi estimado o comprimento total de cada tipologia de via e calculada porcentagem destes comprimentos de via que podem ser considerados seguros.

As vias locais possuem velocidade de circulação de até 40 km/h e não necessitam de infraestrutura específica para ser consideradas seguras, assim como o calçadão. Para as vias coletoras e arteriais foram examinadas as interseções com relação à presença de rampas de acessibilidade e faixas de pedestre em todos os sentidos.

Figura 5.14. Mapa de Hierarquia viária



Fonte: PMRP, adaptado pela autora

Tabela 5.8. Resultados obtidos para a segurança das vias

Comprimento total de vias	40.500 metros
Vias consideradas seguras	94,9%
Vias não seguras	5,1%
Vias locais e o calçada	43,8%
Vias coletoras	41,0%
Vias arteriais	15,2%

Conforme pode ser observado na tabela 5.8, do total do comprimento de vias 94,9% podem ser consideradas seguras, sendo deste total: 43,8% vias locais (e o calçada) que são consideradas seguras para a circulação de pedestre sem a necessidade de infraestrutura específica, 41% vias coletoras e 15,2% vias arteriais, sendo nestas, necessária a existência de infraestrutura específica para garantir a segurança dos pedestres como rampas de acessibilidade, faixa de pedestre em todos os sentidos e semáforos. A área apresenta faixas de pedestre na maioria dos cruzamentos entre as vias coletoras ou entre os cruzamentos de vias coletoras com arteriais. No entanto 5,10% das vias apresentam algum problema, sendo o principal identificado falta de rampas de acessibilidade ou falta de faixa de pedestre em todos os sentidos da travessia.

Percebe-se que por se tratar de uma importante área central e que passou por processo de requalificação há poucos anos (processo que não foi concluído de acordo com projeto, mas se iniciou em 2012 e teve a conclusão em 2017) a área apresenta calçadas em boas condições (em muitos locais), faixas de pedestres e rampas de acessibilidade, e semáforos em vias arteriais, também com semáforo de pedestre em alguns pontos para facilitar o deslocamento dos pedestres.

Realizando a normalização do resultado através das funções *fuzzy* (figura 5.6) a área obteve um total de 0,885, podendo considerar que a área possui uma boa condição de segurança para o deslocamento dos pedestres.

5.3.1.5. Criminalidade

Para a avaliação da seguridade foi utilizado o indicador “criminalidade”, sendo realizada uma avaliação através da utilização do escore *Z*. O escore *Z* mede em desvio padrão o quão distante o dado obtido está afastado de sua média de referência. Para a pesquisa foi utilizada a média da criminalidade no município como média de referência, sendo analisado conforme apresentado na tabela 4.6.

Através da aplicação dos valores na equação do escore *z*, pode-se identificar o valor de $Z = -0,22$ para a área, o que significa que a média de criminalidade da área é um pouco menor que a média de criminalidade do município. Realizando a normalização do resultado através de *fuzzy* (figura 5.7) o resultado obtido foi 1,0, considerando que a área possui boas condições de seguridade.

5.3.1.6. Qualidade do ambiente do pedestre

Para avaliação do ambiente do pedestre em escala de macro caminhabilidade foi utilizado o indicador “Qualidade do Ambiente do pedestre”, conforme tabela 4.7, pois para avaliar adequadamente o ambiente do pedestre é necessário realizar uma avaliação qualitativa e observar um conjunto de fatores, como por exemplo: A existência de calçada, sem obstáculos ou barreiras, a existência de mobiliário urbano (banco e lixeira), arborização/áreas verdes, coleta de lixo adequada e sem a presença de edificações abandonadas e a existências de edificações com fachada ativa. Sendo utilizada para análise a porcentagem do comprimento de vias que atendem as condições citadas.

Não foram identificados dados já coletados sobre o ambiente do pedestre, assim houve a necessidade de coletar estas informações. Para o levantamento destes dados foi utilizado o *Google Street View*.

A área analisada é formada por quadras de aproximadamente 100 x 100 metros o que facilita o deslocamento dos pedestres garantindo uma boa continuidade dos trajetos, mas quanto à existência de calçada em todos os segmentos, percebeu-se que existe calçada em todos os segmentos, no entanto, existem pontos em que as calçadas apresentam degraus, o que pode ser entendido como um obstáculo (como pode ser observado na figura 5.15), principalmente para cadeirantes e pessoas com dificuldade de locomoção. Pode-se perceber também que a área formada por maioria de comércio apresenta muitas edificações com fachada ativa, ou seja, na qual há interação entre o exterior e o interior da edificação, mas o mesmo não se observa na área com mais residências, principalmente nos edifícios residenciais.

Foram identificados poucos mobiliários urbanos de apoio ao pedestre na área (bancos e lixeiras), estando a maioria localizados na área do calçadão, e algumas lixeiras em frente a edifícios ou shopping, mas considerando o alto fluxo de pessoas por ser uma área central, percebe-se que há poucas lixeiras.

Na área há poucas edificações degradadas ou abandonadas, a coleta de lixo acontece diariamente, portanto não há acúmulo de lixo ou entulhos e a arborização da área se concentra nas praças existentes e nas áreas mais residenciais, nas áreas ocupadas por comércios pode-se perceber que é pequena a presença de árvores.

A figura 5.15 apresenta um dos pontos de maior declividade da área, no entanto a calçada foi transformada em uma escada, fazendo com que o trajeto não seja acessível para muitas pessoas. O problema acontece nas ruas paralelas que apresentam declividades semelhantes.

Figura 5.15. Escada em calçada na Rua Rui Barbosa



Fonte: Google Street View – Atualização 2017

Na área pode-se observar um grande número de edificações com fachada ativa, sendo estas principalmente às edificações comerciais que em geral são voltadas para a rua, além de bares e restaurantes.

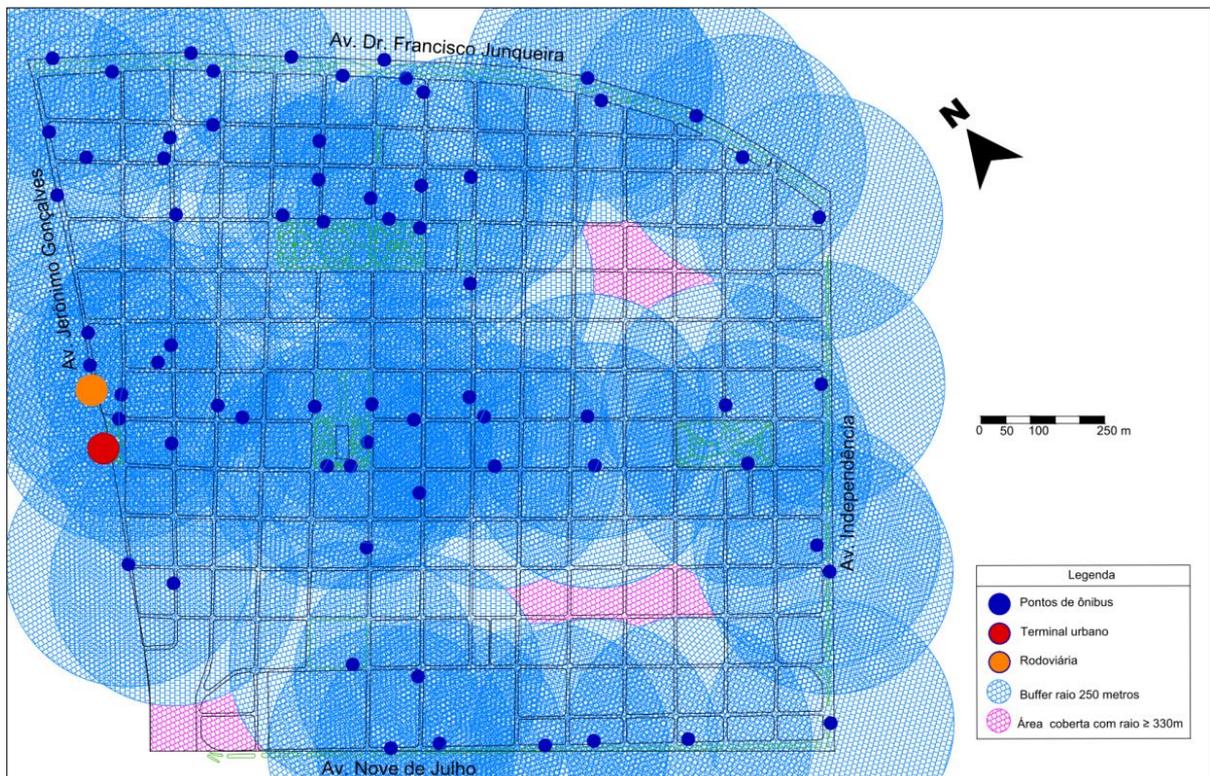
Em geral foi possível identificar 70% do comprimento de vias possui calçada, sem a existência de obstáculos ou barreiras, com mobiliário urbano de apoio (bancos ou lixeiras), com áreas verdes/arborização, com a manutenção da paisagem urbana em dia (coleta de lixo, limpeza e sem edificações abandonadas/degradadas) e 65% com fachada visualmente ativa.

Realizando a normalização do resultado a partir da função *fuzzy* (figura 5.8) o resultado obtido foi 0,503, podendo considerar que a área possui condições medianas de qualidade para o deslocamento do pedestre, ou seja, poderia ser melhor.

5.3.1.7. Distância até pontos de acesso ao transporte público

Para a avaliação do acesso a outros meios de transporte foi analisada a distância que o pedestre precisa caminhar até um ponto de transporte coletivo, no caso de Ribeirão Preto, pontos de ônibus. Para isto foram traçados *buffers* para avaliar qual o raio necessário para que toda a área fosse coberta pelos pontos de ônibus existentes.

Figura 5.16. Distância de caminhada para acessar um ponto de ônibus



Fonte: Elaborado pela autora

Pode-se perceber na figura 5.16 que a área é bem servida de pontos de acesso ao transporte coletivo, de acordo com os valores de referência, o ideal é que os pedestres caminhem até 250 metros para acessar outros meios de transporte. Pode-se observar na figura que com um raio de 250 metros a partir dos pontos de ônibus a maioria da área é atendida pelos pontos de ônibus existentes, no entanto, há uma má distribuição dos pontos de ônibus, pois há pontos de ônibus muito próximos em uma parte da área e faltam em outra parte da área fazendo com o que o pedestre precise caminhar até 330 metros para acessar um ponto de ônibus.

Realizando a normalização do resultado através de *fuzzy* (figura 5.9), obteve-se um resultado de 0,434, considerando que o pedestre precisa caminhar até 330 metros para acessar um ponto de transporte coletivo, por ser uma área central está condição poderia ser melhor, pois há uma má distribuição nos pontos de acesso ao transporte público na área.

5.3.1.8. Porcentagem de segmentos com declividade adequada

Para a análise da declividade no estudo da caminhabilidade foi considerado o indicador “porcentagem de segmentos com declividade adequada”. Foi possível identificar o quanto de inclinação há em cada um dos segmentos de via.

Segundo ABNT NBR 9050:2015 a inclinação máxima ideal para o deslocamento dos pedestres deve ser de 5%. Na área foram encontradas declividades de até 11%, o que faz com que o trajeto seja muito cansativo para os pedestres.

Figura 5.17. Mapa declividade com inclinação das vias



Fonte: Elaborado pela autora

Realizando o cálculo da porcentagem dos segmentos de via da área que apresentam inclinação superior a 5% pode-se identificar que 4,5% do comprimento das vias possuem inclinação superior a 5% segmentos, conforme pode ser visto na figura 5.17.

Realizando a normalização do resultado através de *fuzzy* (figura 5.10), pode-se obter para os 95,5% de vias com declividade adequadas a nota 0,865, ou seja, pode-se dizer que a área possui boas condições de declividade para o deslocamento dos pedestres.

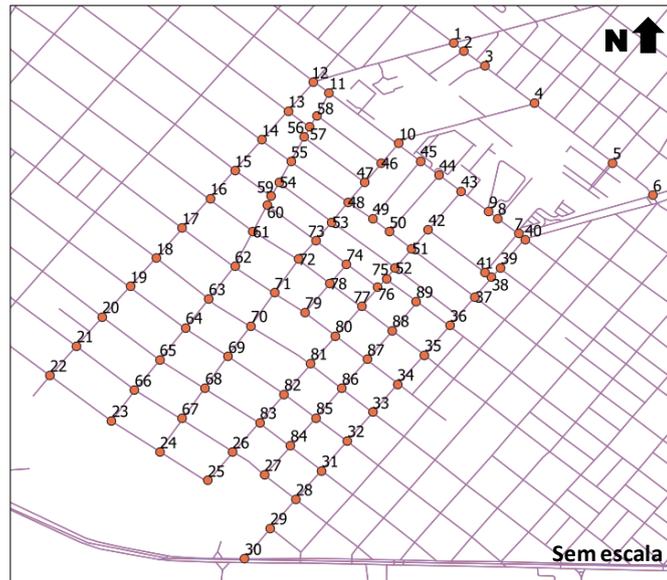
5.3.2. Resultados obtidos na área 02 (Jardim Antártica)

5.3.2.1. Índice de permeabilidade

O cálculo do índice de permeabilidade da área foi realizado para identificar a maior ou menor facilidade de deslocamento de pedestres. Segundo Amancio (2005) o índice pode variar de 0 a 1, sendo atribuído 1 ao ambiente perfeitamente adequado ao pedestre, permitindo que eles cheguem aos seus destinos com uma menor distância percorrida.

A figura 5.18 apresenta todas as interseções na área 2, utilizadas para o cálculo das distâncias (em linha reta e pelo menor caminho) para aplicação da equação do índice de permeabilidade.

Figura 5.18. Pontos para o cálculo das distâncias em linha reta e menor caminho



Fonte: QGis – Com intervenção da autora.

Através do QGis foram calculadas as distâncias (linha reta e menor caminho) considerando as rotas de uma interseção até todas as demais interseções. Os valores calculados de cada uma das rotas foram calculados de acordo com a equação do índice de permeabilidade e posteriormente foi calculada a média dos valores obtidos para obter um único valor de índice de permeabilidade para a área avaliada.

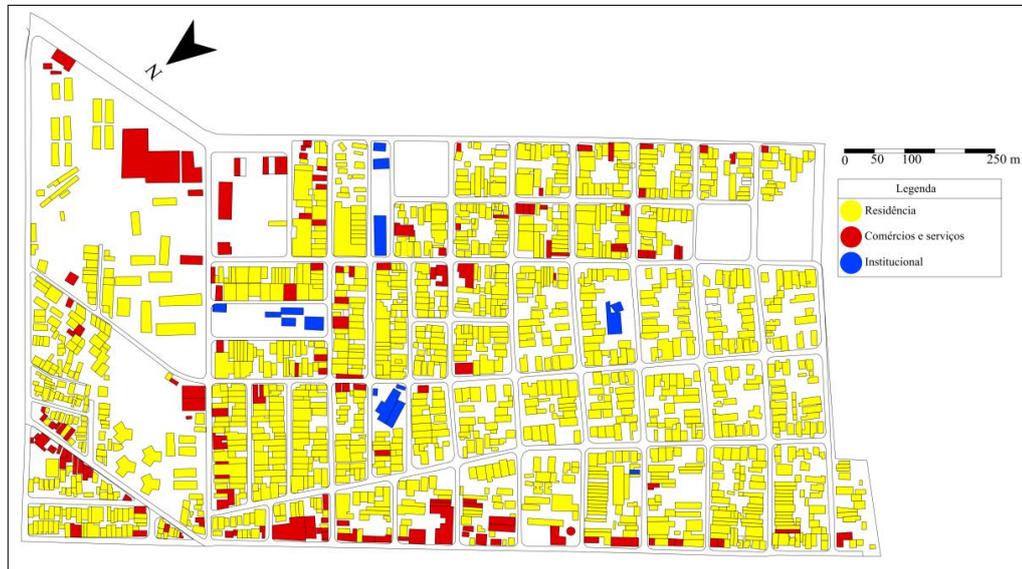
Os valores obtidos variam entre 0 e 1, considerando que quanto mais próximo de 1 melhor é a permeabilidade da área. Para a área avaliada foi obtido o valor de 0,81 para a permeabilidade, realizando a normalização deste valor através de *fuzzy*, pode-se obter a nota 0,409, ou seja, a área poderia ter condições de permeabilidade melhores para estimular o deslocamento dos pedestres.

5.3.2.2. Diversidade de usos

Para realizar a análise da diversidade de usos foi realizado o cálculo do índice de entropia. Para a realização do cálculo foram identificados os usos existentes em cada uma das edificações na área analisada e realizado o cálculo da metragem ocupada por cada uso. Para a

avaliação da área foram considerados três usos: Comercial/Serviços, residencial e institucional. A figura 5.19 apresenta o mapa de uso do solo da área analisada.

Figura 5.19. Mapa de uso do solo



Fonte: Elaborado pela autora

Após a identificação da área ocupada por cada um dos usos foi realizada a aplicação dos resultados na equação do índice de entropia, assim identificando como é a diversidade da área.

Usos identificados	área (ha)	p	ln (p)	p*ln(p)
Residência	33	0,911	-0,09366	-0,08528
Comércio/Serviços	2,6	0,072	-2,63465	-0,18902
Institucional	0,64	0,018	-4,03645	-0,07128
Soma	36,24	1,000		-0,34558

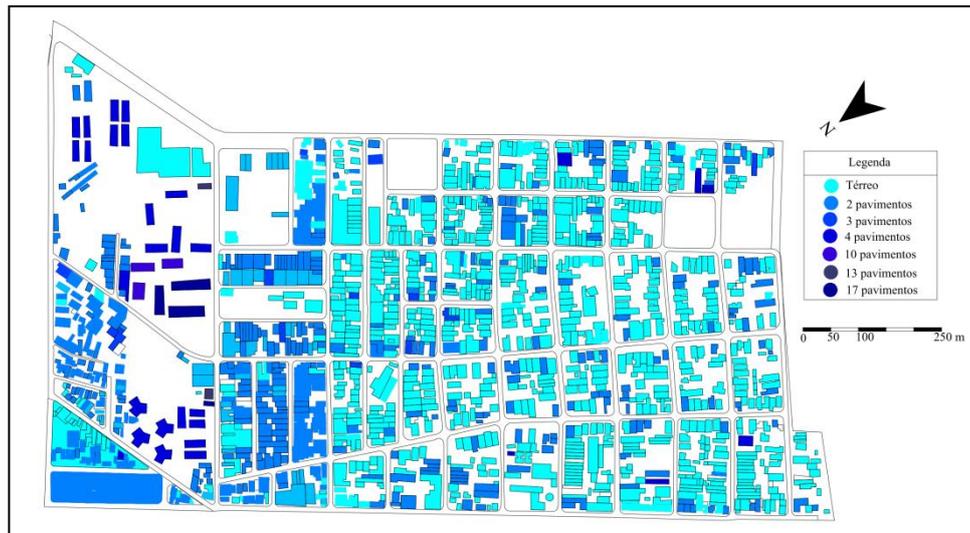
$$E_i = \frac{-\sum_{j=1}^k (p_{ji}) (\ln p_{ji})}{(\ln k)} \quad E_i = 0,31$$

Foram consideradas três categorias de uso do solo (residencial, comercial/serviços e institucional) e pode-se identificar que para a área avaliada o valor do índice de entropia é de 0,31. Realizando a normalização do resultado do índice de entropia através da função *fuzzy*, pode-se obter um total de 0,089 para a área, ou seja, a diversidade de usos da área é muito ruim, o que não incentiva o deslocamento a pé na área.

5.3.2.3. Densidade de ocupação

Para a realização do cálculo foi necessário identificar a área total construída no setor avaliado. A figura 5.20 apresenta o mapa de gabarito da área, ou seja, a projeção de cada uma das edificações com a quantidade de pavimentos que possuem.

Figura 5.20. Mapa de gabarito



Fonte: Elaborado pela autora

Foi possível identificar que a área estudada possui 96 ha, sendo destes 16 ha compostos pelo sistema viário e 80 ha formados pelas quadras. Pode-se identificar que a área ocupada no setor corresponde a 36,27 ha. A partir dos valores obtidos foi possível aplicar a fórmula para calcular a densidade de ocupação.

$$Doc = \frac{36,27}{96} = 0,38 = 38\%$$

A área possui densidade de ocupação de 38%, realizando a normalização deste valor através de *fuzzy*, pode-se obter a nota 0,181 para a densidade de ocupação da área, ou seja, a área possui baixa densidade de ocupação, o que favorece a presença de vazios urbanos que trazem insegurança no deslocamento do pedestre.

5.3.2.4. Porcentagem do comprimento de vias seguras

Para a avaliação da segurança foi avaliado a porcentagem do comprimento de vias que podem ser consideradas seguras. A figura 5.21 apresenta o mapa de hierarquia viária, e pode-se perceber que há vias locais, coletoras e arteriais na área estudada.

Para identificação das ruas seguras adotou-se que as vias seguras são: Vias locais, com velocidades abaixo de 40 Km/h, as vias coletoras que tenham faixas de pedestre nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções, e as vias arteriais que tenham faixas de pedestre e semáforo nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções.

Figura 5.21. Hierarquia viária



Fonte: Elaborado pela autora

Para realizar a análise foi identificado o comprimento total de cada tipologia de via, então as vias podem ser avaliadas e é possível identificar a porcentagem destes comprimentos de via que podem ser considerados seguros.

As vias locais possuem velocidade de circulação de até 40 Km/h e não necessitam de infraestrutura específica para ser consideradas seguras. Para as vias coletoras e arteriais foram verificadas as interseções referente à presença de rampas de acessibilidade e faixa de pedestre em todos os sentidos, o resultado encontrado na área pode ser observado na tabela 5.9.

Tabela 5.9. Resultados obtidos para a segurança das vias

Comprimento total de vias	17.270 metros
Vias consideradas seguras	82%
Vias identificados problemas	18%
Vias locais	71%
Vias coletoras	26%
Vias arteriais	3%

Conforme pode ser observado na tabela 5.9, do total do comprimento de vias 82% podem ser consideradas seguras, sendo deste total: 71% vias locais que são consideradas seguras para a circulação de pedestre sem a necessidade de infraestrutura específica, 26% vias coletoras e 3% vias arteriais. A área apresenta faixas de pedestre na maioria dos cruzamentos entre as vias coletoras ou entre os cruzamentos de vias coletoras com arteriais, no entanto, em 18% apresenta algum problema, sendo o principal identificado falta de rampas de acessibilidade ou falta de faixa de pedestre em todos os sentidos.

Realizando a normalização do valor obtido através da função *fuzzy* (figura 5.6) pode-se obter o total de 0,45.

5.3.2.5. Criminalidade

Para a avaliação da seguridade foi utilizado o indicador “criminalidade”, sendo realizada uma avaliação através da utilização do escore Z. O Escore z mede em desvio padrão o quão distante o dado obtido está afastado de sua média de referência. Para a pesquisa foi utilizado a média da criminalidade no município como média de referência, sendo analisado conforme apresentado na tabela 4.6.

Através da aplicação dos valores na equação do escore z, pode-se identificar o valor de $Z = +1,21$ para a área, o que significa que a média de criminalidade da área é maior que a média de criminalidade do município.

Realizando a normalização do valor obtido no escore z através de *fuzzy* (figura 5.7), foi obtida a nota 0,543, indicando que a área oferece condições médias de seguridade para o deslocamento dos pedestres.

5.3.2.6. Qualidade do ambiente do pedestre

Para avaliação do ambiente do pedestre em escala de macro caminhabilidade foi utilizado o indicador “Qualidade do Ambiente do pedestre”, pois para avaliar adequadamente o ambiente do pedestre é necessário realizar uma avaliação qualitativa e observar um conjunto de fatores, como por exemplo: A existência de calçada, sem obstáculos ou barreiras, a existência de mobiliário urbano (banco e lixeira), arborização/áreas verdes, coleta de lixo adequada e sem a presença de edificações abandonadas e a existências de edificações com fachada ativa. Sendo utilizada para análise a porcentagem do comprimento de vias que atendem as condições citadas.

Não foram identificados dados já coletados sobre o ambiente do pedestre, assim houve a necessidade de coletar estas informações. Para o levantamento destes dados foi utilizado o *Google Street View*.

Foi possível observar que a maior parte da área possuem calçadas, no entanto, em diversos pontos existem degraus/desníveis entre as calçadas das edificações, formando obstáculos para o deslocamento dos pedestres. Pode ser observado que a área é bem arborizada e possui uma quantidade suficiente de lixeiras para atender os pedestres, no entanto, foram observadas poucas edificações com fachada ativa.

Em geral foi possível identificar 75% do comprimento de vias possui calçada, sem a existência de obstáculos ou barreiras, com mobiliário urbano de apoio (bancos ou lixeiras), com áreas verdes/arborização, com a manutenção da paisagem urbana em dia (coleta de lixo, limpeza e sem edificações abandonadas/degradadas) e 18,5% com fachada visualmente ativa.

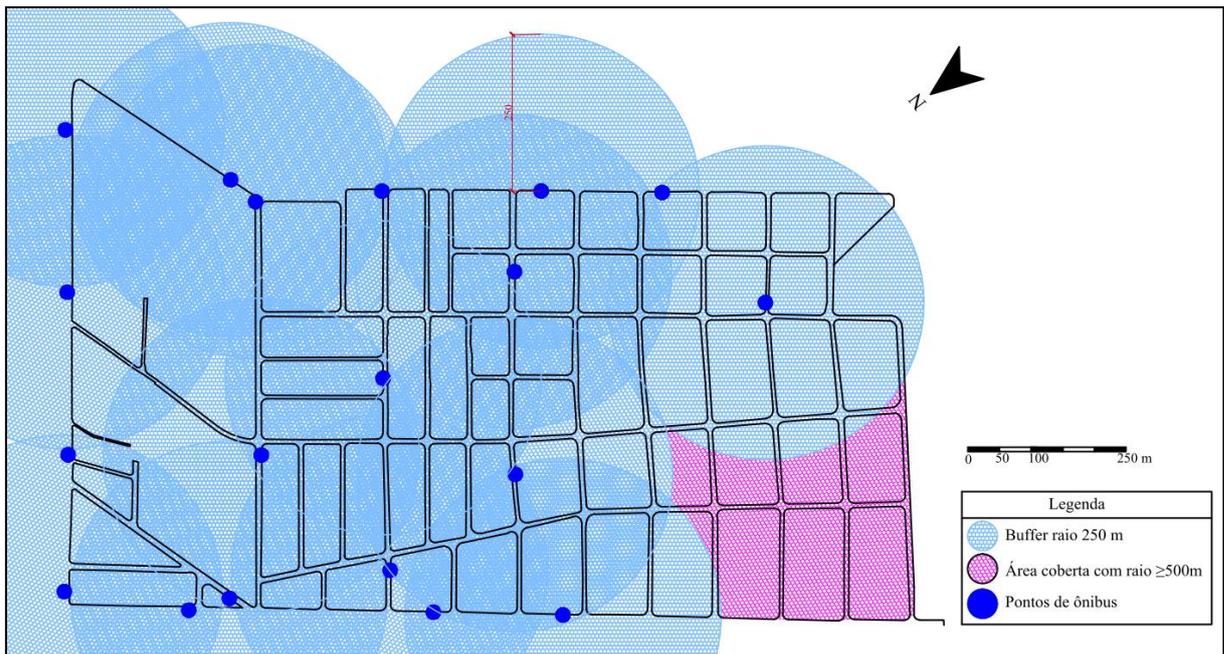
Realizando a normalização do resultado obtido através da função *fuzzy* (figura 5.8), foi possível obter 0,617 de nota para a qualidade do ambiente do pedestre.

5.3.2.7. Distância até pontos de acesso ao transporte público

Para a avaliação do acesso a outros meios de transporte foi analisada a distância que o pedestre precisa caminhar até um ponto de transporte coletivo, no caso de Ribeirão Preto, pontos de ônibus. Para isto foram traçados *buffers* para avaliar qual o raio necessário para que toda a área fosse coberta pelos pontos de ônibus existentes.

Pode-se perceber na figura 5.22 que a área é bem servida de pontos de acesso ao transporte coletivo, de acordo com os valores de referência, o ideal é que os pedestres caminhem até 250 metros para acessar outros meios de transporte. Pode-se observar na figura que com um raio de 250 metros a partir dos pontos de ônibus a maioria da área é atendida pelos pontos de ônibus existentes, no entanto, há uma má distribuição dos pontos de ônibus, pois há pontos de ônibus muito próximos em uma parte da área e faltam em outra parte da área fazendo com o que o pedestre precise caminhar mais de 500 metros para acessar um ponto de ônibus.

Figura 5.22. Distancia de caminhada para acessar um ponto de ônibus



Fonte: Elaborado pela autora

Realizando a normalização do resultado obtido através de *fuzzy* (figura 5.9) pode-se obter a nota 0,0, ou seja, a área possui condições ruins de acesso a outros meios de transporte, fazendo com que o pedestre caminhe distâncias longas para acessar um ponto de transporte coletivo.

5.3.2.8. Porcentagem de segmentos com declividade adequada

Para a análise da declividade no estudo da caminhabilidade foi considerado o indicador “porcentagem de segmentos com declividade adequada”. Foi possível identificar o quanto de inclinação há em cada um dos segmentos de via.

Segundo ABNT NBR 9050:2015 a inclinação máxima ideal para o deslocamento dos pedestres deve ser de 5%. Na área foram encontradas declividades de até 7,7%, o que faz com que o trajeto seja muito cansativo para os pedestres.

Realizando o cálculo da porcentagem dos segmentos de via da área que apresentam inclinação superior a 5% pode-se que identificar que 15% do comprimento das vias possuem inclinação superior a 5%, conforme pode ser visto na figura 5.23.

Realizando a normalização do resultado obtido através de *fuzzy* (figura 5.10) foi possível identificar a nota 0,40, indicando que a declividade da área não é a mais favorável para estimular o deslocamento de pedestres.

Figura 5.23. Mapa declividade das vias



Fonte: Elaborado pela autora

5.3.3. Resultados obtidos na área 03 (Nova Ribeirânia)

5.3.3.1. Índice de permeabilidade

O cálculo do índice de permeabilidade da área foi realizado para identificar a maior ou menor facilidade de deslocamento de pedestres. Segundo Amancio (2005) o índice pode variar de 0 a 1, sendo atribuído 1 ao ambiente perfeitamente adequado ao pedestre, permitindo que eles cheguem aos seus destinos com uma menor distância percorrida.

A figura 5.24 mostra todas as interseções na área 3, utilizadas para o cálculo das distâncias (em linha reta e pelo menor caminho) para aplicação da equação do índice de permeabilidade.

Figura 5.24. Pontos para o cálculo das distâncias em linha reta e menor caminho



Fonte: QGis – Com intervenção da autora

Através do QGis foram calculadas as distâncias (linha reta e menor caminho) considerando as rotas de uma interseção até todas as demais interseções. Os valores calculados de cada uma das rotas foram aplicados na equação do índice de permeabilidade, posteriormente foi calculada a média dos valores obtidos para obter um único valor de índice de permeabilidade para a área avaliada.

Os valores obtidos variam entre 0 e 1, considerando que quanto mais próximo de 1 melhor é a permeabilidade da área. Para a área avaliada foi obtido o valor de 0,83 para a permeabilidade. Na qual foi realizada a normalização através da função *fuzzy* (figura 5.3) e pode ser obtida a nota 0,416, podendo ser considerada mediana a condição de permeabilidade da área.

5.3.3.2. Diversidade de usos

Para realizar a análise da diversidade de usos foi realizado o cálculo do índice de entropia. Para a realização do cálculo foram identificados os usos existentes em cada uma das edificações na área analisada e realizado o cálculo da metragem ocupada por cada uso. Para a avaliação da área foram considerados três usos: Comercial/Serviços, residencial e institucional. A figura 5.25 apresenta o mapa de uso do solo da área analisada.

Figura 5.25. Mapa de uso do solo



Fonte: Elaborado pela autora

Após a identificação da área ocupada por cada um dos usos foi realizada a aplicação dos resultados na fórmula do índice de entropia, assim identificando como é a diversidade da área.

Usos identificados	área (ha)	p	ln (p)	p*ln(p)
Residência	28,06	0,485	-0,72334	-0,35091
Comércio/Serviços	25,04	0,433	-0,83721	-0,36244
Institucional	4,74	0,082	-2,50164	-0,20501
Soma	57,84	1,000		-0,91836

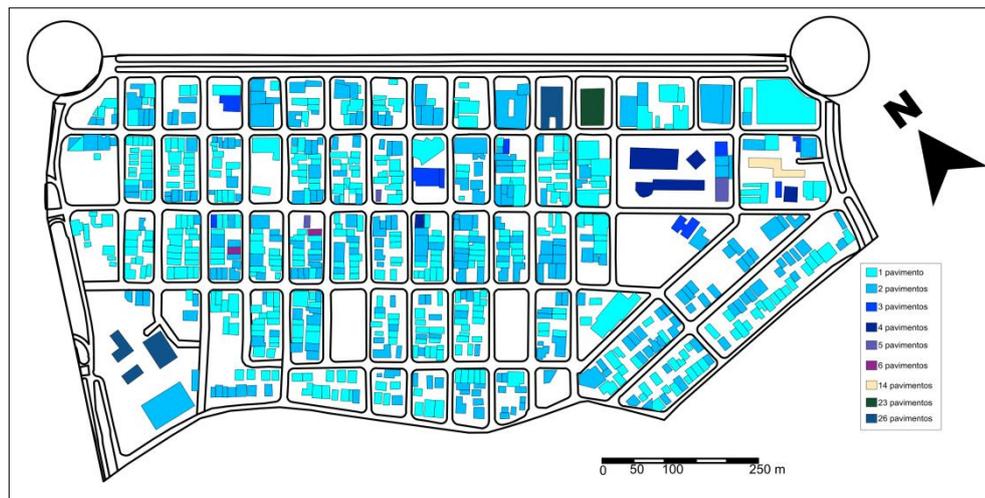
$$E_i = \frac{-\sum_{j=1}^k (p_{ji}) (\ln p_{ji})}{(\ln k)} \quad E_i = 0,83$$

Foram consideradas três categorias de uso do solo (residencial, comercial/serviços e institucional) e pode-se identificar que para a área avaliada o valor do índice de entropia é de 0,83. Através da normalização a partir de *fuzzy* (figura 5.4) foi possível atribuir a nota 0,803, ou seja, a diversidade da área é considerada boa para incentivar o deslocamento de pedestres.

5.3.3.3. Densidade de ocupação

Para a realização do cálculo foi necessário identificar a área total construída no setor avaliado. A figura 5.26 apresenta o mapa de gabarito da área, ou seja, a projeção de cada uma das edificações com a quantidade de pavimentos que possuem.

Figura 5.26. Mapa de gabarito



Fonte: Elaborado pela autora.

Foi possível identificar que a área estudada possui 70,38 ha, sendo destes 19,5 ha compostos pelo sistema viário e 50,88 ha formados pelas quadras. Pode-se identificar que a área ocupada no setor corresponde a 58,74 há, sendo este valor maior que a área das quadras, pois há uma grande quantidade de edificações com mais de um pavimento na área. A partir dos valores obtidos foi possível aplicar a fórmula para calcular a densidade de ocupação.

$$Doc = \frac{58,74}{70,38} = 0,83 = 83\%$$

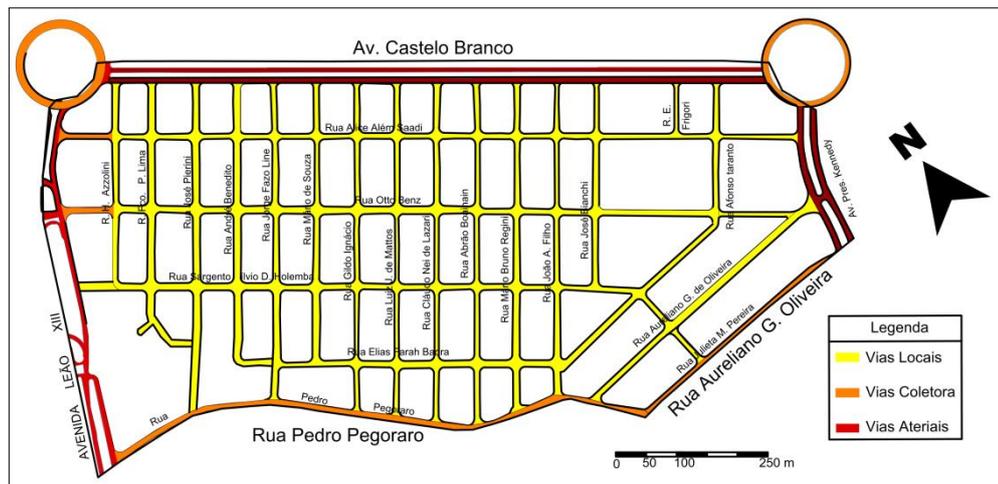
Realizando a normalização através de *fuzzy* (figura 5.5) foi possível obter o total de 0,882 para a densidade de ocupação da área, podendo ser considerada uma boa densidade para incentivar o deslocamento a pé.

5.3.3.4. Porcentagem do comprimento de vias seguras

Para a avaliação da segurança foi avaliado a porcentagem do comprimento de vias que podem ser consideradas seguras. A figura 5.27 apresenta o mapa de hierarquia viária, e pode-se perceber que há vias locais, coletoras e arteriais na área estudada.

Para identificação das ruas seguras adotou-se que as vias seguras são: Vias locais, com velocidades abaixo de 40 Km/h, as vias coletoras que tenham faixas de pedestre nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções, e as vias arteriais que tenham faixas de pedestre e semáforo nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções.

Figura 5.27. Hierarquia viária



Fonte: Elaborado pela autora.

Para realizar a análise foi identificado o comprimento total de cada tipologia de via, então as vias podem ser avaliadas e é possível identificar a porcentagem destes comprimentos de via que podem ser considerados seguros.

As vias locais possuem velocidade de circulação de até 40 Km/h e não necessitam de infraestrutura específica para ser consideradas seguras. Para as vias coletoras e arteriais foram verificadas as interseções referente à presença de rampas de acessibilidade e faixa de pedestre em todos os sentidos.

Tabela 5.10. Resultados obtidos para a segurança das vias

Comprimento total de vias	14.700 metros
Vias consideradas seguras	86,5%
Vias identificados problemas	13,5%
Vias locais	76,58%
Vias coletoras	14,35%
Vias arteriais	9,07%

Conforme pode ser observado na tabela 5.10, do total do comprimento de vias 86,5% podem ser consideradas seguras, sendo deste total: 76,58% vias locais que são consideradas seguras para a circulação de pedestre sem a necessidade de infraestrutura específica, 14,35% vias coletoras e 9,07% vias arteriais. A área apresenta faixas de pedestre na maioria dos cruzamentos entre as vias coletoras ou entre os cruzamentos de vias coletoras com arteriais, no entanto, em 13,5% apresenta algum problema, sendo o principal identificado falta de rampas de acessibilidade ou falta de faixa de pedestre.

Realizando a normalização do resultado obtido através das funções *fuzzy* (figura 5.6) foi possível obter a nota 0,57, considerando que a área pode melhorar as condições de segurança da área para estimular o deslocamento de pedestres.

5.3.3.5. Criminalidade

Para a avaliação da seguridade foi utilizado o indicador “criminalidade”, sendo realizada uma avaliação através da utilização do escore Z.

O Escore z mede em desvio padrão o quão distante o dado obtido está afastado de sua média de referência. Para a pesquisa foi utilizado a média da criminalidade no município como média de referência, sendo analisado conforme apresentado na tabela 4.6.

Através da aplicação dos valores na equação do escore z, pode-se identificar o valor de $Z = +0,20$ para a área, o que significa que a média de criminalidade da área é maior que a média de criminalidade do município. Considerando o resultado obtido em Z, foi realizada a normalização através de *fuzzy* (figura 5.7) e pode-se obter a nota 0,938. Podendo considerar que a área oferece boas condições de seguridade para o deslocamento dos pedestres.

5.3.3.6. Qualidade do ambiente do pedestre

Para avaliação do ambiente do pedestre em escala de macro caminhabilidade foi utilizado o indicador “Qualidade do Ambiente do pedestre”, pois para avaliar adequadamente o ambiente do pedestre é necessário realizar uma avaliação qualitativa e observar um conjunto de fatores, como por exemplo: A existência de calçada, sem obstáculos ou barreiras, a existência de mobiliário urbano (banco e lixeira), arborização/áreas verdes, coleta de lixo adequada e sem a presença de edificações abandonadas e a existências de edificações com fachada ativa. Sendo utilizada para análise a porcentagem do comprimento de vias que atendem as condições citadas.

Não foram identificados dados já coletados sobre o ambiente do pedestre, assim houve a necessidade de coletar estas informações. Para o levantamento destes dados foi utilizado o *Google Street View*.

Foi possível observar que a maior parte da área possuem calçadas, em bom estado de conservação e apresenta problemas em poucos pontos. Pode ser observado que a área é bem arborizada e possui uma boa quantidade de lixeiras para atender os pedestres, no entanto, foram observadas poucas edificações com fachada ativa.

Em geral foi possível identificar 89,2% do comprimento de vias possui calçada, sem a existência de obstáculos ou barreiras, com mobiliário urbano de apoio (bancos ou lixeiras), com áreas verdes/arborização, com a manutenção da paisagem urbana em dia (coleta de lixo, limpeza e sem edificações abandonadas/degradadas) e 36,3% com fachada visualmente ativa.

Realizando a normalização através de *fuzzy* (figura 5.8) foi possível obter o total de 0,851, considerando que a área oferece boas condições quanto à qualidade do ambiente para o pedestre o que estimula o deslocamento de pedestres na área.

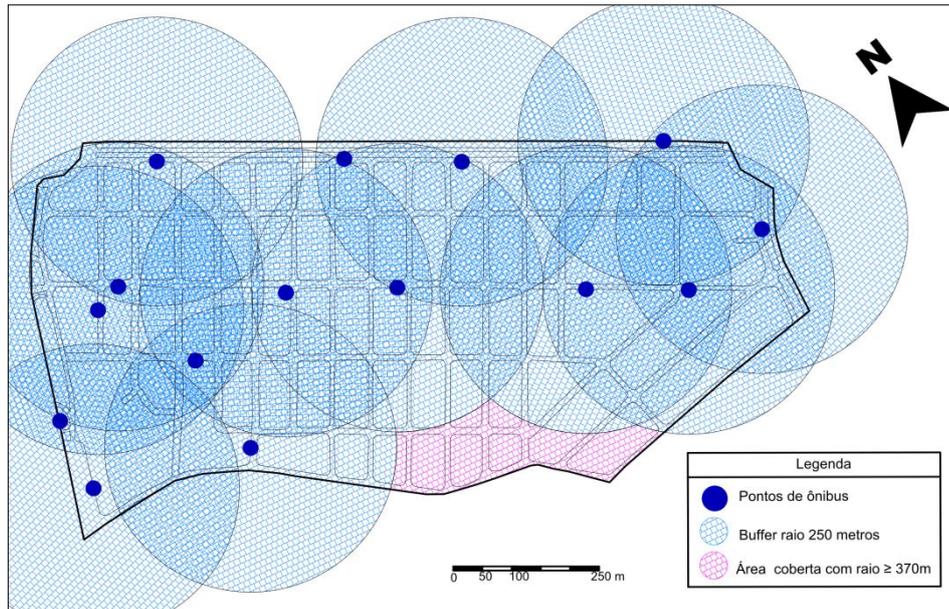
5.3.3.7. Distância até pontos de acesso ao transporte público

Para a avaliação do acesso a outros meios de transporte foi analisada a distância que o pedestre precisa caminhar até um ponto de transporte coletivo, no caso de Ribeirão Preto, pontos de ônibus. Para isto foram traçados *buffers* para avaliar qual o raio necessário para que toda a área fosse coberta pelos pontos de ônibus existentes.

Pode-se perceber na figura 5.28 que a área é bem servida de pontos de acesso ao transporte coletivo, de acordo com os valores de referência, o ideal é que os pedestres caminhem até 250 metros para acessar outros meios de transporte. Pode-se observar na figura que com um raio de 250 metros a partir dos pontos de ônibus a maioria da área é atendida pelos pontos de ônibus existentes, no entanto, há uma má distribuição dos pontos de ônibus, pois há pontos de ônibus muito próximos em uma parte da área e faltam em outra parte da área fazendo com o que o pedestre precise caminhar mais de 370 metros para acessar um ponto de ônibus.

Realizando a normalização através de *fuzzy* (figura 5.9) é possível obter o total de 0,312 para a área, pois a má distribuição dos pontos de ônibus faz com que os pedestres precisem caminhar grandes distâncias para ter acesso a estes pontos de acesso a outros meios de transporte.

Figura 5.28. Distancia de caminhada para acessar um ponto de ônibus



Fonte: Elaborado pela autora

5.3.3.8. Porcentagem de segmentos com declividade adequada

Para a análise da declividade no estudo da caminhabilidade foi considerado o indicador “porcentagem de segmentos com declividade adequada”. Foi possível identificar o quanto de inclinação há em cada um dos segmentos de via.

Segundo ABNT NBR 9050:2015 a inclinação máxima ideal para o deslocamento dos pedestres deve ser de 5%. Na área a declividade máxima encontrada foi de 5% em um trecho, nos demais todas as declividades são inferiores, percebendo que a área é bem plana o que favorece o deslocamento do pedestre fazendo com que a caminhada não se torne cansativa.

Realizando o cálculo da porcentagem dos segmentos de via da área que apresentam inclinação superior a 5% pode-se que identificar que 100% do comprimento das vias possuem inclinação inferior ou igual a 5%, conforme pode ser visto na figura 5.29. Realizando a normalização do resultado obtido através de *fuzzy* (figura 5.10) obteve-se a nota 1,0, ou seja, a declividade é considerada ideal para um bom deslocamento dos pedestres.

Figura 5.29. Mapa declividade das vias



Fonte: Elaborado pela autora

5.3.4. Comparação dos resultados obtidos

A tabela 5.11 apresenta as notas obtidas por cada uma das áreas estudadas para cada um dos indicadores avaliados.

Tabela 5.11. Comparação das notas obtidas entre as três áreas

Indicador	Área 1	Área 2	Área 3
Índice de permeabilidade	0,403	0,409	0,416
Índice de entropia	0,733	0,089	0,803
Densidade de ocupação	1,000	0,181	0,882
Porcentagem do comprimento de vias seguras	0,885	0,450	0,570
Criminalidade	1,000	0,543	0,938
Qualidade do ambiente do pedestre	0,503	0,617	0,851
Distância até pontos de acesso ao transporte público	0,434	0,000	0,312
Porcentagem do comprimento das vias com declividade adequada	0,865	0,400	1,000

Foram escolhidas três áreas para avaliação para que pudesse ser realizada uma comparação das condições de caminhabilidade entre o setor central da cidade e uma área periférica ocupada por uma população de classe econômica predominante baixa e uma periferia ocupada por uma população de classe econômica predominante média/alta.

De acordo com os resultados obtidos em cada uma das áreas foi possível perceber que às condições de caminhabilidade são diferentes nas distintas áreas da cidade de Ribeirão Preto. A área 1 (Setor central) e área 3 apresentaram, no geral, notas semelhantes. Pode-se perceber que a área central recebe maior manutenção, comparado a bairros periféricos, além disso, o fato do centro ter passado por um processo de requalificação há poucos anos também trouxe melhorias para a área, no caso da área 3, é uma área ocupada por classe social média/alta e apresenta calçadas bem cuidadas, com lixeira e árvores, assim como a manutenção também é presente.

No entanto a área 2, foi a área que apresentou as menores notas, e pode perceber que a área apresenta maior degradação do ambiente e das calçadas, além de menor arborização e lixeiras nas calçadas, e maior presença de degraus e obstáculos nas calçadas, e fica evidente a menor manutenção da área.

5.4. Integração dos indicadores de avaliação

Após a normalização dos indicadores, realizada através das funções *fuzzy*, é necessário realizar a integração dos mesmos e, para isso será utilizada a Combinação Linear Ponderada. Para sua aplicação é necessário multiplicar o valor obtido em cada indicador pelo seu peso e então somar os resultados.

5.4.1. Condição ótima

Realizando a integração através da Combinação Linear Integrada, os valores (notas) obtidos em cada um dos indicadores são multiplicados pelo seu peso, considerando que a notas máximas que cada indicador pode obter é 1. Para que a área analisada obtenha uma nota máxima, ou seja, atinja uma condição ótima (ideal), todos os indicadores precisariam obter nota 1, conforme exemplo na equação 5.3.

$$\text{Condição ótima} = (1 \times 0,129) + (1 \times 0,127) + (1 \times 0,119) + (1 \times 0,127) + (1 \times 0,134) + (1 \times 0,135) + (1 \times 0,114) + (1 \times 0,115) = 1,00 \quad (5.3)$$

5.4.2. Condição identificada nas áreas avaliada

Realizando a aplicação dos resultados obtidos, em cada um dos indicadores das áreas avaliadas, na equação da Combinação Linear Ponderada, podem-se obter os resultados apresentados nas equações a seguir.

$$\text{Área 1} = (0,403 \times 0,129) + (0,733 \times 0,127) + (1 \times 0,119) + (0,885 \times 0,127) + (1 \times 0,134) + (0,503 \times 0,135) + (0,434 \times 0,114) + (0,865 \times 0,115) = \mathbf{0,727}$$

$$\text{Área 2} = (0,409 \times 0,129) + (0,089 \times 0,127) + (0,181 \times 0,119) + (0,45 \times 0,127) + (0,543 \times 0,134) + (0,617 \times 0,135) + (0 \times 0,114) + (0,4 \times 0,115) = \mathbf{0,345}$$

$$\text{Área 3} = (0,416 \times 0,129) + (0,803 \times 0,127) + (0,882 \times 0,119) + (0,57 \times 0,127) + (0,938 \times 0,134) + (0,851 \times 0,135) + (0,312 \times 0,114) + (1 \times 0,115) = \mathbf{0,724}$$

5.5. Análise dos resultados

O resultado obtido através da integração será avaliado segundo escala proposta pelo iCam (ITDP, 2018), na qual a nota varia entre 0 e 3, considerando que valores <1 podem ser considerados como caminhabilidade “insuficiente” e 3 como caminhabilidade “ótima”, conforme pode ser observado no quadro 5.1.

Quadro 5.1. Escala de avaliação da caminhabilidade proposta pelo iCam.

Nível de caminhabilidade
Ótimo: 3
Bom: ≥ 2 e < 3
Suficiente: ≥ 1 e < 2
Insuficiente: < 1
Fonte: ITDP (2018)

A área central (área 1) obteve uma pontuação final de 0,727, assim, realizando a proporcionalidade para aplicação da escala de avaliação do iCam obteve-se uma pontuação de 2,18, identificando que a caminhabilidade da área pode ser considerada “Boa”.

Na área do Jardim Antártica (área 2), a pontuação obtida foi de 0,345, após realizar a proporcionalidade a pontuação obtida foi de 1,03, identificando que a caminhabilidade da área pode ser considerada “Suficiente”.

Na área do Jardim Nova Ribeirânia (Área 3), a pontuação obtida foi de 0,724 e após a realização da proporcionalidade para avaliação segundo escala iCam obteve-se a pontuação de 2,17, o que classifica que a caminhabilidade da área pode ser considerada “Boa”.

Pode-se perceber que das três áreas avaliadas, nenhuma apresentou um nível de caminhabilidade “excelente”, pois todas apresentaram problemas em alguns indicadores e podem ser melhoradas para proporcionar um ambiente mais adequado ao deslocamento dos pedestres.

Pode-se perceber que a área 1, por ser a área central da cidade apresenta uma manutenção mais frequente devido ao alto fluxo de pessoas circulando, além disso a área passou por um processo de revitalização há poucos anos. A área 2 foi a área avaliada que apresentou a pior condição de caminhabilidade, por ser uma área periférica a área recebe menos manutenção, além disso, percebe-se que por se tratar de uma área ocupada por população de classe média/baixa se torna uma área ainda mais esquecida pelo poder público e também mais degradada pela própria população. A área 3, também refere-se a um bairro periférico, no entanto, é uma periferia da cidade ocupada por classe média/alta, e a área é bem cuidada, arborizada, com calçadas em ótimo estado de conservação, o que se dá também aos cuidados dos próprios moradores do local.

A partir dos resultados obtidos, pode-se perceber que há diferenças nos níveis de caminhabilidade nos diferentes bairros analisados. As áreas 1 e 3, podem ser consideradas com nível de caminhabilidade “Bom”, e receberam pontuações bem semelhantes, no entanto, a área 2, obteve uma pontuação inferior às outras áreas avaliadas, sendo considerada caminhabilidade “suficiente”, com uma pontuação muito baixa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa buscou estudar o tema da avaliação da caminhabilidade em áreas urbanas através da Avaliação Multicritério, com o objetivo principal de desenvolver uma metodologia de avaliação da caminhabilidade possível de ser utilizado em cidades brasileiras.

O modelo desenvolvido se destaca por ser capaz de identificar problemas nas áreas avaliadas e apresentar onde pode ser melhorado, auxiliando como ferramenta na tomada de decisão pois auxilia a identificar onde aplicar recursos para melhoria das áreas avaliadas. Além disso, o modelo desenvolvido permite realizar a comparação dos níveis de caminhabilidade entre áreas distintas, o que é interessante, pois permite que seja identificado bairros e setores da cidade na qual sejam necessários maior atenção e necessitem de mais recurso.

Os resultados aqui alcançados representam relevância científica voltada ao campo do desenvolvimento da mobilidade urbana, devido à possibilidade de sua aplicação prática podendo ser usada como ferramenta para auxiliar a identificar áreas com caminhabilidade deficientes, que devem ser priorizadas para receber melhorias, além de servir como auxílio na tomada de decisões sobre investimentos na infraestrutura urbana para pedestres, aumentando a atratividade para este meio de transporte.

Esta pesquisa considerou a opinião de especialistas em transportes para atribuição dos pesos aos indicadores, como sugestão para trabalhos futuros, poderia ser estendida a aplicação desta pesquisa também avaliando a opinião dos pedestres quanto à importância dos indicadores, pois estes estão diretamente vivenciando a aplicação de cada um dos indicadores na caminhabilidade das áreas.

6.1. Considerações sobre a pesquisa

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do modelo teve início com a identificação dos critérios e indicadores que poderiam ser utilizados para avaliação da caminhabilidade em nível macro (macro caminhabilidade). Foi realizada a escolha de três áreas no município de Ribeirão Preto para aplicação da pesquisa e identificar se o nível de caminhabilidade é diferente nos diferentes bairros da cidade, e em seguida foi iniciada a aplicação das etapas da Avaliação Multicritério.

Um questionário foi elaborado para identificar a importância relativa (Pesos) de cada um dos indicadores utilizados para avaliação da caminhabilidade. Nesta etapa, os participantes

(especialistas em transportes) foram questionados sobre a importância que eles atribuíam a cada um dos indicadores para uma avaliação da caminhabilidade. Nos dados obtidos foi realizada a aplicação do Método dos intervalos Sucessivos para atribuição do peso.

A próxima etapa foi realizar um questionário para calibração das funções *fuzzy* para normalização dos dados. Dentre os métodos disponíveis para normalização dos dados obtidos, definiu-se pela realização das funções *fuzzy* e para realização desta etapa foi elaborado um questionário para aplicação em especialistas em transportes. Através da revisão bibliográfica foram identificados os indicadores de avaliação e os valores de referencia para cada um deles (os valores de referencia são os valores que definem para cada indicador a situação ideal (à qual é atribuído 1) e a pior situação (à qual é atribuído 0) e através do questionário os especialistas foram solicitados a atribuir os valores correspondentes às situações intermediárias (>1 e <0), sendo o questionário realizado através do método de pontuação direta. Com os resultados foram definidas as funções *fuzzy* e as equações de calibração para trecho de cada um dos indicadores.

A coleta de dados foi realizada em um estudo de caso na cidade de Ribeirão Preto, sendo aplicada em três áreas diferentes, para que pudessem ser comparadas as condições de caminhabilidade em diferentes realidades do município, sendo uma área central, uma área periférica ocupada por uma população de classe média/baixa e uma periferia ocupada por uma população de classe média/alta.

O levantamento de dados das áreas avaliadas foi realizado referente aos oito indicadores de avaliação identificados na Revisão Bibliográfica: (1) Índice de Permeabilidade, (2) Índice de entropia, (3) Densidade de ocupação, (4) Porcentagem do comprimento de vias seguras, (5) Criminalidade, (6) Qualidade do ambiente do pedestre, (7) Distância até pontos de acesso ao transporte público e (8) Porcentagem de segmentos com declividade adequada. Após o levantamento dos dados de cada indicador de cada uma das áreas, os resultados obtidos foram normalizados através das funções *fuzzy*.

Foi realizada a integração dos indicadores de avaliação através da Combinação Linear Ponderada, para sua aplicação foram multiplicados os pesos obtidos dos indicadores pelo valor obtido através da normalização com as funções *fuzzy* para cada indicador e para cada uma das áreas analisadas.

Os resultados obtidos foram avaliados segundo escala proposta pelo iCam (ITDP, 2018), identificando o nível de caminhabilidade de cada uma das áreas e permitindo comparar os resultados obtidos, destacando a diferença no nível de caminhabilidade ofertado nas diferentes áreas analisadas do município.

Considera-se que a pesquisa atingiu seu objetivo principal, fornecendo um modelo de avaliação da caminhabilidade em áreas urbanas através da Avaliação Multicritério. Para atingir o objetivo principal também foram atingidos os objetivos específicos, a saber:

- Identificar as variáveis (critérios) que podem ser utilizados para avaliação da caminhabilidade.
- Avaliar a importância relativa (Pesos) entre as variáveis (critérios) identificadas para avaliação da caminhabilidade.
- Como um indicador de avaliação da caminhabilidade pode ser utilizado como ferramenta de avaliação da qualidade do espaço urbano para pedestres por gestores públicos de modo a identificar as áreas que necessitam de investimentos?

6.2. Sugestões para trabalhos futuros

Sugere-se que para uma continuidade do trabalho ou para a realização de trabalhos futuros sejam realizados mapas espaciais com a caminhabilidade das áreas avaliadas e que seja utilizada análise espacial em Sistemas de informações geográficas (SIG) para melhor compreensão dos resultados.

REFERÊNCIAS

- AGAMPATIAN, R., **Using GIS to measure Walkability: A case study in New York City.** Dissertação (Mestrado em geoinformatica) School of Architecture and the Built Environment Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden. 2014.
- ALLAN, A., Walking as local transport modal choice in Adelaide. **Road & Transport Research.** v.10, p.35-46, 2001.
- ALIYU, M.; LUDIN, A. N. B. M., A review of special multicriteria analysis (SMCA) methods for sustainable land use planning (SLUP). **Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST).** V.2, 2015.
- ALVES, L.M.T., **Aplicação de auxílio multicritério para escolha de alternativas de infraestrutura cicloviária.** Universidade Estadual de Campinas. (Dissertação) Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. 2017.
- AMANCIO, M. A., **Relacionamento entre a forma urbana e as viagens a pé.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos, 2005.
- ANCIAES, P., NASCIMENTO, J.; SILVA, S., The distribution of walkability in an African city: Praia, Cabo Verde, **Cities 67**, p. 9–20, 2017.
- ANDRADE, R. M.; **Identificação de áreas de demanda por transporte público, baseada em análise multicritério.** Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT) **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSUNÇÃO, J. C.F.; ARAÚJO, M. C. C., **Pelo direito de ir e vir na cidade: Mobilidade urbana e inclusão social em cidade praia – Natal/RN.** Holos, ano 24, v.1, 2008.
- ATKINSON, D. M. *et al.*, Multicriteria Evaluation and Least cost path Analysis for an Arctic all – weather road. **Applied Geography**, 25 (2005), p.287-307.
- BRADSHAW, C., **Creating and Using a Rating System for Neighborhood Walkability.** Ottawa: 1993. Disponível em: <<https://hearthealth.wordpress.com/about/previous-published-works/feet-first-early/creating-and-using-a-rating-system-for-neighbourhood-walkability-towards-an-agenda-for-local-heroes-1993/>> Acesso em jun 2018.
- BRASIL. Ministério das cidades., **PlanMob – Caderno de referência para elaboração de um plano de mobilidade urbana. 2015b.** Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana – SeMob. Disponível em< <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSE/planmob.pdf>> Acesso em: Maio 2018.

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente., **Sustentabilidade urbana: impactos do desenvolvimento econômico e suas consequências sobre o processo de urbanização em países emergentes: textos para as discussões da Rio+20: volume 1 mobilidade urbana** / Tarcisio Nunes..., [et al]. Organizadores: Brasília: MMA, 2015a.
- CERVERO, R. *et al.*, Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons for Bogotá. **International Journal of Sustainable Transportation**. 2009.
- CHAPADEIRO, F.C., **Limites e potencialidades do planejamento ciclovitário: Um estudo sobre a participação cidadã**. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 2011.
- CHUNG, M. K., **Walkability assessment in a Transit Oriented Development Setting: A pilot study using a geographic information system**. Master of Science in Communities and Regional Planning, 2011.
- COULLIAS, A., **Barriers and facilitators of walkability analysis of street network and urban design characteristics around central Florida elementary schools**. Thesis (Master of Arts in Urban and Regional Planning) University of Florida, 2013.
- CURRIERO, F., *et al.*, Exploring Walkability Path Quality as Factor for Urban Elementary School Children's Active Transport to School, **Journal of Activity and Health** **10**, p. 323-334, 2013.
- DEUS, L. R., **A influência da forma urbana no comportamento de viagem das pessoas: Estudo de caso em Uberlândia- MG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos. 2008.
- DILL, J. Measuring network connectivity for bicycling and walkability, **TRB 2004 Annual Meeting**.
- D'ORSO, G., MIGLIORE, M., A GIS-based method for evaluating the walkability of a pedestrian environment and prioritised investments. **Journal of Transport Geography**. 2020.
- D'ALESSANDRO, D.; APPOLLONI, L., COMPASSO, L. How Walkable is the city? Application of the walking suitability index of the territory (T-WSI) to the city of Rieti (Lazio Region, Central Italy). **Epidemiol Prev** 2016;40 (3-4) p.237-242.
- EASTMAN, J. R., **Multi-criteria Evaluation and GIS**. The University of Edinburgh. Geoscience, p.493-502, 2005.
- EDWING, R.; CERVERO, R., Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis, **Journal of the American Planning Association**, USA, 2010.
- EMBARQ., **DOTS Cidades – Manual de desenvolvimento orientado ao transporte sustentável**. 2015. Disponível em <file:///C:/Users/TAIANY/Downloads/DOTS%20Cidades%20-%20WRI%20Brasil.pdf> Acesso: janeiro 2019.
- ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S. M., **Apoio à decisão. Metodologia para Estruturação de problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas**. 2001. Editora Insular.

- FELIX, R.R.O.M., **Avaliação de áreas urbanas baseada no desenvolvimento orientado ao transporte sustentável (DOTS)**. Universidade Federal de Itajubá. (Dissertação de mestrado), Programa de Pós-graduação em desenvolvimento, tecnologias e sociedade. 2017.
- FERREIRA, M.A.G; SANCHES, S.P., **Índice de qualidade das calçadas – IQC**. Revista dos transportes públicos – ANTP. Ano 23 – 2001.
- FRANK, L. D. *et al.*, **The development of a walkability index: Application to the neighborhood quality of life study**. School of Community and Regional Planning, University of British Columbia, 2009.
- GEHL, J., **Cities for People**. Washington. Island Press. 2010.
- GLAZIER, R. H. *et al.*, Development and validation of an urban walkability index for Toronto, Canada. **Toronto Health Profiles**, 2012.
- GONÇALVES, P. H. *et al.*, **Avaliação da caminhabilidade nas ruas da cidade**. Revista Mirante. V.8, n.1, p. 185-201, jun 2015.
- GRIECO, E. P. *et. al.*, Microacessibilidade orientada ao transporte não motorizado. In: PORTUGAL, L. S. **Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2017. p. 151-173.
- GRIECO, E. P., **Índice do ambiente construído orientado a mobilidade sustentável**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2015.
- GUILFORD, J.P.: Psychometric Methods, 2nd edn. **Mc-Graw Hill Publishing Co**, London (1975).
- HAWAS, Y. E.; HASSAN, M. N.; ABULIBDEH, A., A multi-criteria approach of assessing public transport accessibility at a strategic level. **Journal of Transport Geography**. P. 16-34, 2016.
- IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ribeirao-preto/panorama>> Acesso em 25 de outubro de 2019.
- ITDP – Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento, **Índice de caminhabilidade – Ferramenta**. 2018. Disponível em <http://2rps5v3y8o843iokettbxnya.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2018/01/ITDP_TA_CAMINHABILIDADE_V2_ABRIL_2018.pdf> . Acesso em: maio 2018.
- ITPD – Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento. **TOD Standard**. Institute for Transportation and Development Policy - ITDP, 2014. Disponível em <<https://www.itdp.org/2017/06/23/tod-standard/>>. Acesso em 08/08/2018.
- JIANG, H.; EASTMAN, J. R., Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. **International Journal of Geographical Information Science**, p. 173-184, 2000.

- KEPPE JUNOR, C.L.G., **Formulação de um indicador de acessibilidade das calçadas e travessias**. Universidade Federal de São Carlos. (Dissertação de mestrado) Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana. 2007.
- LESLIE, E. *et al.*, Walkability of local communities: using geographic information systems to objectively assess relevant environmental attributes. **Health & Place**, p.111-121, 2007.
- LITMAN, T., Well Measured: Developing indicators for sustainable and Livable Transport Planning. **Victoria Transport Policy institute**. 2016.
- LOMBARDO, S.; PETRI, M.; SANTUCCI, A., **A KDD based multicriteria decision making model for fire risk evaluation**. Proceedings of AGILE 2005, Lisboa May 2005.
- LOSS, C.F., **Aplicação do método de apoio multicritério à decisão na escolha de pavimentos urbanos: estudo de caso em São Carlos/SP**. Universidade Federal de São Carlos. Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. 2018.
- MALCEZWSKI, J., GIS – Based land-use suitability analysis: A critical overview. **Progress in Planning**, v.62, p.3-65, 2014.
- MALCZEWSKI, J., On The Use of Weighted Linear Combination in GIS: Common and Best Practice approaches. **Transactions in GIS**, v.4, n.1, p.5-22, 2000.
- MATÉ, C., DEBATIAN NETO, A., SANTIAGO, A. G., **A mobilidade urbana sustentável nas cidades pequenas – o caso de Pinhalzinho/SC**. III ENANPARQ – Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Arquitetura, cidade e projeto: Uma construção coletiva. São Paulo, 2014.
- McKINNEY, O. A., **An investigation of methodologies for determining walkability and its association with socio-demographics: An application to the Tampa – St. Petersburg Urbanized area**, Master of Arts Thesis in Geography, University of South Florida, 2014.
- MOTOMURA, M. C. N.; FONTOURA, L. C.; KANASHIRO, M., Understanding Walkable areas: applicability and analysis of a walkability index in a Brazilian city. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v.18, n.4, p. 413-425, out/dez. 2018.
- NANYA, L.M., **Desenvolvimento de um instrumento para auditoria da caminhabilidade em áreas escolares**. Universidade Federal de São Carlos. (Dissertação Mestrado) Programa de Pós graduação em Engenharia Urbana. 2016.
- NASCIMENTO, L. V. M., **Análise de fatores para a caminhabilidade na cidade de Manaus**. II ENSUR – Encontro de Sustentabilidade Urbana, Anais 2016.
- NYAGAH, P., **A multi-procedural approach to evaluation walkability and pedestrian safety**. Dissertation (Master Civil & Environmental Engineering) University Nevada, 2015.
- OSGOOD, C.E. *et al.*, The measurement of meaning. **University of Illinois Press**, Urbana. 1957.

- PMRP., **Prefeitura municipal de Ribeirão Preto.** Disponível em: <
<https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/crp/i71historico.php>> Acesso em julho de 2018.
- PRADO, B. B. **Instrumento para avaliar a microacessibilidade do pedestre no entorno de áreas escolares.** Bauru, 218 p., 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. 2016.
- PROVIDELO, J.K.; SANCHES, S.P., Roadway and traffic characteristics for bicycling. **Transportation**, 38:765-777, 2011.
- PIRES, I. B., **Índice para avaliação da caminhabilidade no entorno de estações de transporte público.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. UNESP – Bauru, 2018.
- RAAIJMAKERS, R. J. J., **A spatial multicriteria analysis methodology for the development of sustainable flood risk management in the Ebro Delta.** Msc. Thesis, University of Twente. Department Water, Engineering and Management, 2006.
- RAIA Jr, A.A; SANTOS, L., **Acidente zero: Utopia ou realidade?** 15º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. 2005.
- REBECCHI, A. *et al.* Walkable Environment and Healthy Urban Moves: Urban Context Features Assessment Framework Experience in Milan. **Sustainability**, 2019, 11, 2778.
- RODRIGUES, A. R. P. **A mobilidade dos pedestres e a influência da configuração da rede de caminhos.** Dissertação COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2013.
- RODRIGUES, A. R. P.; FLÓREZ, J.; FRENKEL, D. B.; PORTUGAL, L. S. Indicadores do desenho urbano e sua relação com a propensão a caminhada. **Journal of Transport Literature**. Vol. 08, n.33, p. 62-88, 2014.
- RODRIGUES, D. *et al.*, **Avaliação multicritério da acessibilidade em ambiente SIG. O caso de um campus universitário.** Repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/42, 2002.
- RUIZ-PADILLO. A.; URIARTE, A.M.L.; PASQUAL, F.M., Avaliação de modelo multicritério difuso para ponderação das características do meio ambiente construído que influenciam na caminhabilidade. **ResearchGate**, 2016.
- SARKAR, S.. Evaluation of safety for pedestrians at macro and micro levels in urban areas, **Transportation Research Record** 1502, 105-118, 1995.
- SÃO PAULO, **Secretaria de Segurança Pública. Dados estatísticos do Estado de São Paulo.** Disponível em: <http://www.ssp.sp.gov.br/estatistica/pesquisa.aspx> Acesso em 19/04/2021.
- SIQUEIRA, G. D. P; LIMA, L. P., **A contribuição das políticas públicas de mobilidade urbana para o desenvolvimento sustentável das cidades.** VI Simpósio Nacional de ciência, tecnologia e sociedade, ESOCITE/TECSOC. Rio de Janeiro, 2015.

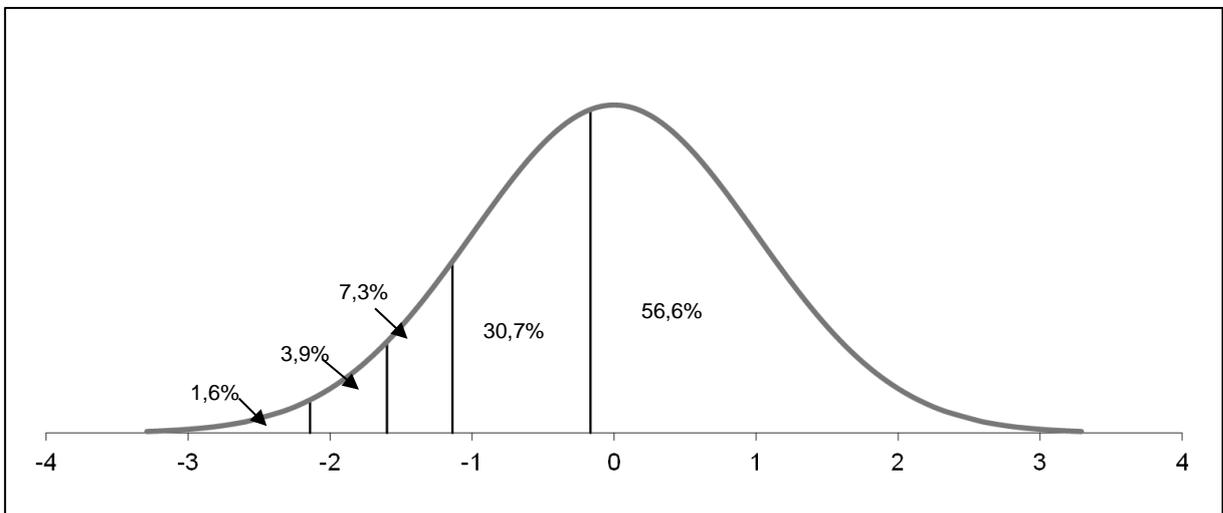
- SINGH, Y. J. *et al.* Measuring transit oriented development: a spatial multi criteria assessment approach for the City Region Arnhem and Nijmegen. **Journal of Transport Geography** 35, 2015. P. 130-143.
- SMITH, A. D. L.; CLIFTON, K. J., Issues and methods in capturing pedestrian behaviors, attitudes and perceptions: Experiences with a community – based walkability survey. In **Transportation Research Board, Annual Meeting**, 2004.
- SOUTHWORTH, M., Designing the walkable city. **Journal of Urban Planning and Development**, 131(4), 246-257. 2005.
- TÃO, J.J.B., **Análise espacial multicritério para a determinação de rotas turísticas nas aldeias vinhateiras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. 2012.
- THAYER, T.C., Urban Walkability measures: Data quality, cautions, and associations with active and public transportation across Canada. (2016) **Electronic Thesis and Dissertations Repository**, paper 4114, 2016.
- VALENTE, R. O. A., **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.
- VARGO, J.; STONE, B.; GLANZ, K., Google walkability: A new tool local planning and public health research? **Journal of physical activity and health**, 2012, p.689-697.
- VERONESI, F. *et al.*, Automatic selection of weights for GIS- based multicriteria decision analysis: site selection of transmission tower as a case study. **Applied geography**, 83 (2017), p.78-85.
- VOOGD, J.H., **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. Delft, 1982.
- WANG, Y., CHAU, C. K., Ng, W. Y.; LEUNG, T. M. (2016). A review on the effects of physical built environment attributes on enhancing walking and cycling activity levels within residential neighborhoods. **Cities**, 50, 1–15.
- XU, R. **How the Build Environment Elderly travel behavior: An activity-based approach for southeast Florida**. University of Florida. Master of arts in Urban and Regional Planning. 2014.
- YAMAMOTO, A.M., **Proposição de medidas para incentivar as viagens a pé na área central de São Paulo**. Universidade Estadual de Campinas. (Dissertação) Mestrado em Engenharia Civil. 2017.
- ZABOT, C. M., **Critérios de avaliação da caminhabilidade em trechos de vias urbanas: Considerações para a região central de Florianópolis**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. 2013.

Apêndice A

Método dos intervalos Sucessivos

O Método dos Intervalos Sucessivos (GUILFORD, 1975) considera que a variável relacionada à escolha dos indivíduos segue uma distribuição de probabilidade normal. Assim sendo, os valores das categorias podem ser estimados a partir das frequências observadas (as categorias observadas correspondem aos diferentes segmentos sob uma curva normal). Por exemplo, a Figura A apresenta as frequências observadas para um determinado indicador. A maior parte dos respondentes (56,6%) estão na categoria 5 (consideram o indicador muito importante) e apenas 1,6% estão na categoria 1 (consideram o indicador totalmente sem importância).

Figura A.1 – Frequências observadas para um determinado indicador



Os limites inferior e superior de cada categoria (z_1 e z_2) podem ser obtidos em uma tabela de áreas sob uma curva normal padrão. O limite inferior da primeira categoria estende-se até $-\infty$ e o limite superior da última categoria vai até $+\infty$. As ordinais dos limites inferior e superior de cada categoria (y_1 e y_2) são obtidas da função de distribuição normal padrão.

Os valores das categorias são estimados usando a Equação 1.

$$x_j = \frac{y_{1j} - y_{2j}}{p_j} \quad (1)$$

Onde:

x_j : valor estimado para a categoria j

y_{1j} : ordinal do limite inferior da categoria j

y_{2j} : ordinal do limite superior da categoria j

p_j : proporção de respostas na categoria j

Ao valor da primeira categoria é somado um valor x de modo que esta categoria assuma o valor 1. Este mesmo valor é somado aos valores das demais categorias.

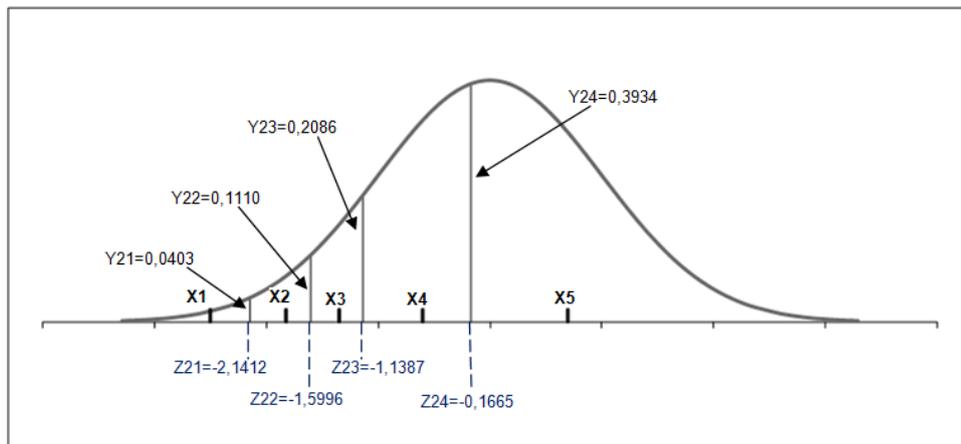
A título de exemplo, a Tabela A.1 ilustra o procedimento para estimativa dos valores das cinco categorias para o fator mostrado na Figura A.2. A Tabela A.2 mostra os resultados finais obtidos para as categorias com a transformação da escala ordinal para a escala intervalar.

Tabela A.1 – Procedimento para estimativa dos valores das categorias relacionadas ao indicador

Parâmetros estatísticos	Categorias				
	1	2	3	4	5
Frequência	10	24	45	190	351
Frequência relativa	0,0161	0,0387	0,0726	0,3065	0,5661
Limite inferior da categoria (z_1)	0,0000	-2,1412	-1,5996	-1,1387	-0,1665
Limite superior da categoria (z_2)	-2,1412	-1,5996	-1,1387	-0,1665	0,0000
Ordenada limite inferior (y_1)	0,0000	0,0403	0,1110	0,2086	0,3934
Ordenada limite superior (y_2)	0,0403	0,1110	0,2086	0,3934	0,0000
Valor da categoria (x)	-2,4989	-1,8259	-1,3452	-0,6031	0,6950
Valor final da categoria (X)	1,00	1,67	2,15	2,90	4,19

A Figura A.2 mostra graficamente os valores apresentados na Tabela A.1.

Figura A.2 – Valores das cinco categorias do indicador



A seguir são apresentados os resultados para cada um dos oito indicadores avaliados.

Tabela A.2 – Procedimento para estimativa dos valores das categorias relacionadas ao indicador “Conectividade”

Parâmetros estatísticos	Grau de importância				
	1	2	3	4	5
Frequência	1	1	3	22	39
Frequência relativa	0,0152	0,0152	0,0455	0,3333	0,5909
Frequência acumulada	0,0152	0,0303	0,0758	0,4091	1,0000
Limite inferior da categoria (z1)	0,0000	-2,1661	-1,8764	-1,4342	-0,2299
Limite superior da categoria (z2)	-2,1661	-1,8764	-1,4342	-0,2299	0,0000
Ordenada menor limite (y1)	0,0000	0,0382	0,0686	0,1426	0,3885
Ordenada maior limite (y2)	0,0382	0,0686	0,1426	0,3885	0,0000
Valor da categoria (x)	-2,5211	-2,0072	-1,6287	-0,7377	0,6575
s = Desvio padrão	1,6137	0,8512	0,3364	0,2210	1,2441

Tabela A.3 – Procedimento para estimativa dos valores das categorias relacionadas ao indicador “Diversidade de usos”

Parâmetros estatísticos	Grau de importância				
	1	2	3	4	5
Frequência	1	1	3	27	34
Frequência relativa	0,0152	0,0152	0,0455	0,4091	0,5152
Frequência acumulada	0,0152	0,0303	0,0758	0,4848	1,0000
Limite inferior da categoria (z1)	0,0000	-2,1661	-1,8764	-1,4342	-0,0380
Limite superior da categoria (z2)	-2,1661	-1,8764	-1,4342	-0,0380	0,0000
Ordenada menor limite (y1)	0,0000	0,0382	0,0686	0,1426	0,3987
Ordenada maior limite (y2)	0,0382	0,0686	0,1426	0,3987	0,0000
Valor da categoria (x)	-2,5211	-2,0072	-1,6287	-0,6258	0,7739
s = Desvio padrão	1,6137	0,8512	0,3364	0,2210	1,2441

Tabela A.4 – Procedimento para estimativa dos valores das categorias relacionadas ao indicador “Densidade de ocupação”

Parâmetros estatísticos	Grau de importância				
	1	2	3	4	5
Frequência	1	1	8	31	25
Frequência relativa	0,0152	0,0152	0,1212	0,4697	0,3788
Frequência acumulada	0,0152	0,0303	0,1515	0,6212	1,0000
Limite inferior da categoria (z1)	0,0000	-2,1661	-1,8764	-1,0300	0,3087
Limite superior da categoria (z2)	-2,1661	-1,8764	-1,0300	0,3087	0,0000
Ordenada menor limite (y1)	0,0000	0,0382	0,0686	0,2347	0,3804
Ordenada maior limite (y2)	0,0382	0,0686	0,2347	0,3804	0,0000
Valor da categoria (x)	-2,5211	-2,0072	-1,3704	-0,3101	1,0042

s = Desvio padrão	1,6137	0,8512	0,3364	0,2210	1,2441
-------------------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabela A.5 – Procedimento para estimativa dos valores das categorias relacionadas ao indicador “Seguridade”

Parâmetros estatísticos	Grau de importância				
	1	2	3	4	5
Frequência	1	1	2	14	48
Frequência relativa	0,0152	0,0152	0,0303	0,2121	0,7273
Frequência acumulada	0,0152	0,0303	0,0606	0,2727	1,0000
Limite inferior da categoria (z1)	0,0000	-2,1661	-1,8764	-1,5497	-0,6046
Limite superior da categoria (z2)	-2,1661	-1,8764	-1,5497	-0,6046	0,0000
Ordenada menor limite (y1)	0,0000	0,0382	0,0686	0,1201	0,3323
Ordenada maior limite (y2)	0,0382	0,0686	0,1201	0,3323	0,0000
Valor da categoria (x)	-2,5211	-2,0072	-1,6979	-1,0006	0,4569
s = Desvio padrão	1,6137	0,8512	0,3364	0,2210	1,2441

Tabela A.6 – Procedimento para estimativa dos valores das categorias relacionadas ao indicador “Segurança”

Parâmetros estatísticos	Grau de importância				
	1	2	3	4	5
Frequência	1	1	6	18	40
Frequência relativa	0,0152	0,0152	0,0909	0,2727	0,6061
Frequência acumulada	0,0152	0,0303	0,1212	0,3939	1,0000
Limite inferior da categoria (z1)	0,0000	-2,1661	-1,8764	-1,1689	-0,2691
Limite superior da categoria (z2)	-2,1661	-1,8764	-1,1689	-0,2691	0,0000
Ordenada menor limite (y1)	0,0000	0,0382	0,0686	0,2015	0,3848
Ordenada maior limite (y2)	0,0382	0,0686	0,2015	0,3848	0,0000
Valor da categoria (x)	-2,5211	-2,0072	-1,4613	-0,6721	0,6349
s = Desvio padrão	1,6137	0,8512	0,3364	0,2210	1,2441

Tabela A.7 – Procedimento para estimativa dos valores das categorias relacionadas ao indicador “Qualidade do ambiente do pedestre”

Parâmetros estatísticos	Grau de importância				
	1	2	3	4	5
Frequência	1	1	1	17	46
Frequência relativa	0,0152	0,0152	0,0152	0,2576	0,6970
Frequência acumulada	0,0152	0,0303	0,0455	0,3030	1,0000
Limite inferior da categoria (z1)	0,0000	-2,1661	-1,8764	-1,6906	-0,5157
Limite superior da categoria (z2)	-2,1661	-1,8764	-1,6906	-0,5157	0,0000
Ordenada menor limite (y1)	0,0000	0,0382	0,0686	0,0956	0,3493

Ordenada maior limite (y2)	0,0382	0,0686	0,0956	0,3493	0,0000
Valor da categoria (x)	-2,5211	-2,0072	-1,7784	-0,9850	0,5011
s = Desvio padrão	1,6137	0,8512	0,3364	0,2210	1,2441

Tabela A.8 – Procedimento para estimativa dos valores das categorias relacionadas ao indicador “Facilidade de acesso ao transporte coletivo”

Parâmetros estatísticos	Grau de importância				
	1	2	3	4	5
Frequência	1	1	13	29	22
Frequência relativa	0,0152	0,0152	0,1970	0,4394	0,3333
Frequência acumulada	0,0152	0,0303	0,2273	0,6667	1,0000
Limite inferior da categoria (z1)	0,0000	-2,1661	-1,8764	-0,7479	0,4307
Limite superior da categoria (z2)	-2,1661	-1,8764	-0,7479	0,4307	0,0000
Ordenada menor limite (y1)	0,0000	0,0382	0,0686	0,3016	0,3636
Ordenada maior limite (y2)	0,0382	0,0686	0,3016	0,3636	0,0000
Valor da categoria (x)	-2,5211	-2,0072	-1,1830	-0,1411	1,0908
s = Desvio padrão	1,6137	0,8512	0,3364	0,2210	1,2441

Tabela A.9 – Procedimento para estimativa dos valores das categorias relacionadas ao indicador “Declividade das vias”

Parâmetros estatísticos	Grau de importância				
	1	2	3	4	5
Frequência	1	1	13	28	23
Frequência relativa	0,0152	0,0152	0,1970	0,4242	0,3485
Frequência acumulada	0,0152	0,0303	0,2273	0,6515	1,0000
Limite inferior da categoria (z1)	0,0000	-2,1661	-1,8764	-0,7479	0,3894
Limite superior da categoria (z2)	-2,1661	-1,8764	-0,7479	0,3894	0,0000
Ordenada menor limite (y1)	0,0000	0,0382	0,0686	0,3016	0,3698
Ordenada maior limite (y2)	0,0382	0,0686	0,3016	0,3698	0,0000
Valor da categoria (x)	-2,5211	-2,0072	-1,1830	-0,1607	1,0612
s = Desvio padrão	1,6137	0,8512	0,3364	0,2210	1,2441

Tabela A.10 - Resultados obtidos

Indicadores	soma	média	%	Peso obtido
Conectividade	13,0165	1,44628	12,90743	0,129
Diversidade de usos	12,7883	1,42092	12,68113	0,127
Densidade de ocupação	11,9840	1,33155	11,88354	0,119
Seguridade	13,5492	1,50547	13,43567	0,134
Segurança	12,8062	1,42291	12,6989	0,127
Qualidade do ambiente do pedestre	13,5699	1,50777	13,45617	0,135
Facilidade de acesso ao transporte coletivo	11,5409	1,28232	11,44415	0,114
Declividade das vias	11,5902	1,28779	11,49301	0,115

Apêndice B

Questionário utilizado para atribuição de peso aos indicadores

Pesquisa sobre indicadores de caminhabilidade

Este questionário faz parte de uma pesquisa de doutorado que visa analisar a importância que os especialistas em transporte atribuem aos indicadores relacionados à caminhabilidade (o quanto cada um dos indicadores influencia na caminhabilidade). Todas as informações fornecidas serão tratadas de forma totalmente anônima, garantindo a privacidade do participante. Qualquer dúvida sobre este questionário ou sobre a pesquisa favor contatar taianypf@gmail.com. Obrigada.

Prezado (a) especialista, por favor, complete as informações de identificação para dar início ao questionário.

Instituição em que trabalha/atua: _____

Área de formação: _____

Como você avalia seu conhecimento sobre caminhabilidade?

Muito baixo Baixo Mediano Alto Muito Alto

Qual a importância você atribui a cada um dos indicadores listados abaixo para a caminhabilidade em uma área urbana?

Assinale o número que melhor representa sua opinião considerando: 1 – Totalmente sem importância, 2 – Sem importância, 3 – Indiferente, 4 – Importante e 5 – Muito importante.

1 – Conectividade das vias (avaliada através do índice de permeabilidade). O índice de permeabilidade é a relação entre a distância em linha reta entre dois pontos de uma área e a distância real (pelo caminho mais curto) entre estes dois pontos. Áreas com boa permeabilidade permitem que os pedestres cheguem aos seus destinos percorrendo uma menor distância.

1 2 3 4 5

2 - Diversidade de usos do solo (avaliada através do índice de entropia). Considera-se aqui como diversidade a mistura de usos em uma área, que facilita o acesso a uma curta distância a comércio locais, como padarias, mercados, farmácias, etc.

1 2 3 4 5

3 - Densidade de ocupação (avaliado através da área construída). Quando a densidade de ocupação de uma área é alta as distâncias entre diferentes atividades tendem a ser menores, estimulando a opção pelas viagens a pé.

1 2 3 4 5

4 – Seguridade (avaliada através de um indicador relativo de criminalidade). O indicador relativo de criminalidade é relação entre o número de eventos de criminalidade (furtos, roubos, homicídios e estupros) da área avaliada e os números gerais do município. Em geral, áreas com grande número de eventos de criminalidade geram sensação de insegurança aos pedestres e desestimulam as caminhadas.

1 2 3 4 5

5 – Segurança (avaliada através da porcentagem do comprimento de vias seguras). A porcentagem do comprimento de vias seguras é relação entre o comprimento de segmentos de vias seguras e o comprimento total de vias na área. Consideram-se como vias seguras as que tenham as seguintes características: vias locais (com velocidades abaixo de 40 km/h), vias coletoras (com faixas de pedestre nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções), e as vias arteriais (com faixas de pedestre e semáforo nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções).

1 2 3 4 5

6 – Qualidade do ambiente do pedestre. Considera-se um bom ambiente para pedestre aquele que tenha as seguintes características: calçadas em todos os segmentos de vias e com continuidade das calçadas, interseções seguras, com faixa de pedestres, semáforos nos cruzamentos e a presença de rampas para garantir a acessibilidade e com ilhas de refúgio acessível se o cruzamento tiver mais de duas faixas de tráfego.

1 2 3 4 5

7 – Facilidade de acesso ao transporte coletivo (avaliada através da distância até um ponto de parada do transporte coletivo - ônibus). Distância que o pedestre tem que caminhar para chegar a um ponto embarque no transporte coletivo.

1 2 3 4 5

8 – Declividade das vias (avaliada através da porcentagem de segmentos de via na área com declividade longitudinal adequada). A porcentagem de segmentos com a declividade longitudinal adequada é relação entre o comprimento de segmentos de vias com a declividade longitudinal adequada e o comprimento total de vias na área. Considera-se, nessa pesquisa que declividades adequadas são inferiores a 5%.

1 2 3 4 5

Apêndice C

Questionário utilizado para atribuir notas aos indicadores para normalização através da lógica
Fuzzy

Pesquisa para avaliação dos indicadores de caminhabilidade

Este questionário faz parte de uma pesquisa de doutorado que visa identificar indicadores para avaliação da caminhabilidade de áreas urbanas. Todas as informações fornecidas serão tratadas de forma totalmente anônima, garantindo a privacidade do participante. Qualquer dúvida sobre este questionário ou sobre a pesquisa favor contatar taianypf@gmail.com Obrigada.

Prezado (a) especialista, por favor, complete as informações de identificação para dar início ao questionário.

Instituição em que trabalha/atua: _____

Área de formação: _____

Como você avalia seu conhecimento sobre caminhabilidade?

Muito baixo Baixo Mediano Alto Muito Alto

A partir de uma revisão da literatura foram identificados alguns indicadores que podem ser utilizados para a avaliação da caminhabilidade de uma área urbana. Para cada um desses indicadores foi obtido o valor considerado ideal para se ter uma boa caminhabilidade (As referências consultadas estão no final do questionário).

Cada um dos indicadores foi dividido em quatro níveis e foram atribuídas notas de 0 a 1, sendo 0 (nível N1) a pior situação e 1 (nível N4) a melhor situação. Para os níveis intermediários N2 e N3 caberá aos respondentes atribuir às notas (sendo as notas >0 e <1) com base nos valores dos indicadores mostrados na tabela.

Qual nota você atribui ao N2 e ao N3 com base nos dos valores dos indicadores apresentados a seguir?

1 – Conectividade das vias (Avaliada através do índice de permeabilidade)

O índice de permeabilidade é a relação entre a distância em linha reta entre dois pontos de uma área e a distância real (pelo caminho mais curto) entre estes dois pontos. Áreas com boa permeabilidade permitem que os pedestres cheguem aos seus destinos percorrendo uma menor distância.

Nível	Valores do indicador
N4 (melhor situação 1)	Índice de permeabilidade entre 0,86 e 1,00
N3 = ?	Índice de permeabilidade entre 0,76 e 0,85
N2 = ?	Índice de permeabilidade entre 0,51 e 0,75
N1 (Pior situação = 0)	Índice de permeabilidade entre 0,0 e 0,50

2 - Diversidade de usos do solo (avaliada através do índice de entropia)

Considera-se aqui como diversidade a mistura de usos em uma área, que facilita o acesso a uma curta distância a comércios locais, como padarias, mercados, farmácias, etc. O índice de entropia avalia o equilíbrio na distribuição dos tipos de uso de solo na área em estudo. Seu valor varia entre 0 (uso do solo mais homogêneo) e 1 (uso do solo mais heterogêneo ou mais diversificado).

Nível	Valores do indicador
N4 (melhor situação =1)	Índice de entropia entre 0,75 e 1
N3 = ?	Índice de entropia $>0,50$ e $\leq 0,75$
N2 = ?	Índice de entropia $>0,25$ e $\leq 0,50$
N1 (Pior situação = 0)	Índice de entropia $\leq 0,25$

3 - Densidade de ocupação (avaliada através da área construída)

A densidade de ocupação que é a relação entre o total de área construída em uma região e a área total da região, ou seja, áreas com baixa densidade de ocupação possuem baixa taxa de área construída, podendo apresentar vazios urbanos, o que acaba aumentando as distâncias de viagem para os pedestres e, deste modo, desestimulando as caminhadas. Quando a densidade de ocupação é alta as distâncias entre destinos tendem a serem menores, estimulando as viagens a pé.

Nível	Valores do indicador
N4 (melhor situação =1)	Densidade de ocupação $> 60\%$
N3 = ?	Densidade de ocupação $> 45\%$ e $\leq 60\%$
N2 = ?	Densidade de ocupação $> 30\%$ e $\leq 45\%$
N1 (Pior situação = 0)	Densidade de ocupação $\leq 30\%$

4 – Seguridade (avaliada através da criminalidade)

A situação ideal é aquela em que não se verificam crimes na área. No entanto, numa situação real, a avaliação da seguridade de uma área pode ser estimada de forma comparativa com o restante da cidade. Isto pode ser feito utilizando-se o escore z, que avalia o quanto um determinado valor, em um conjunto de dados, está distante da média de todos os valores.

Se o valor do escore z é igual a zero, o valor analisado (x) é igual à média. Valores do escore z acima de zero indicam que o valor analisado (x) está acima da média e valores de z menores que zero indicam que o valor analisado (x) está abaixo da média.

Assim sendo, para se avaliar a criminalidade, considerou-se o escore z como indicador de seguridade da área. Os dados de criminalidade podem ser obtidos através do site da secretaria de segurança pública do estado de São Paulo, sendo considerados crimes como: homicídios, roubos, furtos, assaltos e estupros.

Nível	Valores do indicador
N4 (melhor situação =1)	Escore $Z \leq 0$
N3 = ?	Escore $Z > 0$ e ≤ 1
N2 = ?	Escore $Z > 1$ e < 2
N1 (Pior situação = 0)	Escore $Z \geq 2$

5 – Segurança (avaliada através da porcentagem do comprimento de vias seguras)

A porcentagem do comprimento de vias seguras é relação entre o comprimento de segmentos de vias seguras e o comprimento total de vias na área. Consideram-se como vias seguras as que tenham as seguintes características: vias locais (com velocidades abaixo de 40 km/h), vias coletoras com faixas de pedestre nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções, e as vias arteriais com faixas de pedestre e semáforo nas interseções e rampas de acessibilidade em todas as direções.

Nível	Descrição
N4 (melhor situação =1)	Vias seguras >90%
N3 = ?	Vias seguras > 80% e <90%
N2 = ?	Vias seguras >70% e <80%
N1 (Pior situação = 0)	Vias seguras < 70%

6 – Qualidade do ambiente do pedestre

Considera-se um bom ambiente para pedestre aquele que tenha as seguintes características: existência de calçada, sem obstáculos ou barreiras, com mobiliário urbano de apoio (bancos e lixeiras), com áreas verdes/arborização, com a manutenção da paisagem urbana em dia (coleta de lixo, limpeza e sem edificações abandonadas/degradadas) e no mínimo 60% com fachada visualmente ativa (Porcentagem da extensão da face de quadra com conexão visual com as atividades no interior dos edifícios).

Nível	Valores do indicador
N4 (melhor situação =1)	$\geq 80\%$ do comprimento de vias com calçada, bancos, lixeiras, arborização e limpeza em dia e sem a existência de obstáculos e edificações abandonadas ou degradadas e $\geq 40\%$ com fachada visualmente ativa.
N3 = ?	$\geq 65\%$ do comprimento de vias com calçada, bancos, lixeiras, arborização e limpeza em dia e sem a existência de obstáculos e edificações abandonadas ou degradadas e $\geq 30\%$ com fachada visualmente ativa.
N2 = ?	$\geq 50\%$ do comprimento de vias com calçada, bancos, lixeiras, arborização e limpeza em dia e sem a existência de obstáculos e edificações abandonadas ou degradadas e $\geq 20\%$ com fachada visualmente ativa.

N1 (Pior situação = 0)

< 50% do comprimento de vias com calçada, bancos, lixeiras, arborização e limpeza em dia e sem a existência de obstáculos e edificações abandonadas ou degradadas e < 20% com fachada visualmente ativa.

7 – Facilidade de acesso ao transporte coletivo (avaliada através da distância até um ponto de parada de transporte coletivo – ônibus).

Distância que o pedestre tem que caminhar para chegar a um ponto de embarque ao transporte público.

Atribui-se com medida de avaliação para o acesso a outros modos de transportes a distância a ser percorrida, a partir dos pontos de transporte público existentes. Para realizar a análise de uma área, é necessário traçar *buffers* para avaliar qual o raio necessário para que toda a área fosse coberta pelos pontos existentes, considerando que a distância ideal para o pedestre caminhar seja de até 250 metros para acessar um ponto de transporte coletivo, o ideal é que toda a área analisada seja coberta com os *buffers* com raio de 250 metros.

Nível	Valores do indicador
N4 (melhor situação =1)	Distância de caminhada \leq 250 metros
N3 = ?	Distância de caminhada >250 m e ≤ 350 m
N2 = ?	Distância de Caminhada >350 m e ≤ 500 m
N1 (Pior situação = 0)	Distância de caminhada >500 metros

8 – Declividade das vias (avaliada através da porcentagem de segmentos de via na área com declividade longitudinal adequada).

A porcentagem de segmentos com a declividade longitudinal adequada é relação entre o comprimento de segmentos de vias com a declividade longitudinal adequada e o comprimento total de vias na área. Considera-se, nessa pesquisa, que declividades adequadas são inferiores a 5%.

Nível	Descrição
N4 (melhor situação =1)	Inclinação adequada entre 90 e 100%
N3 = ?	Inclinação adequada $> 85\%$ e $<90\%$
N2 = ?	Inclinação adequada $> 80\%$ e $<85\%$
N1 (Pior situação = 0)	Inclinação adequada $< 80\%$

- Bibliografia utilizada para estimar valores de referencia:

AMANCIO, M. A., **Relacionamento entre a forma urbana e as viagens a pé**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos, 2005.

CERQUEIRA, D; LOBÃO, W, **Determinantes da Criminalidade: Uma resenha dos modelos teóricos e resultados empíricos**. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Rio de Janeiro, 2003.

CHUNG, M. K., **Walkability assessment in a Transit Oriented Development Setting: A pilot study using a geographic information system**. Master of Science in Communities and Regional Planning, 2011.

FRANK, L. D. et al., **The development of a walkability index: Application to the neighborhood quality of life study**. School of Community and Regional Planning, University of British Columbia, 2009.

GRIECO, E. P. et. al., Microacessibilidade orientada ao transporte não motorizado. In: PORTUGAL, L. S. **Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2017. p. 151-173.

ITDP – Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento, **Índice de caminhabilidade – Ferramenta**. 2018. Disponível em <http://2rps5v3y8o843iokettbxnya.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2018/01/ITDP_TA_CAMINHABILIDADE_V2_ABRIL_2018.pdf> . Acesso em: maio 2018.

McKINNEY, O. A., **An investigation of methodologies for determining walkability and its association with socio-demographics: An application to the Tampa – St. Petersburg Urbanized area**, Master of Arts Thesis in Geography, University of South Florida, 2014.

NYAGAH, P., **A multi-procedural approach to evaluation walkability and pedestrian safety**. Dissertation (Master Civil & Environmental Engineering) University Nevada, 2015.

OEDC, Better Life Index. Seguridade social. 2019. Disponível em<oecdbetterlifeindex.org> Acesso em abril de 2020.

REBECCHI, A. et al. Walkable Environment and Healthy Urban Moves: Urban Context Features Assessment Framework Experience in Milan. **Sustainability**, 2019, 11, 2778.

SOUTHWORTH, M., Designing the walkable city. **Journal of Urban Planning and Development**, 131(4), 246-257. 2005.

THAYER, T.C., Urban Walkability measures: Data quality, cautions, and associations with active and public transportation across Canada. (2016) **Electronic Thesis and Dissertations Repository**, paper 4114, 2016.