



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

LARISSA CASARIL DA FONTOURA

**USO MISTO DO SOLO NO ESTUDO DA  
CAMINHABILIDADE:  
TEORIAS E MÉTRICAS**

---

Londrina  
2021

LARISSA CASARIL DA FONTOURA

**USO MISTO DO SOLO NO ESTUDO DA  
CAMINHABILIDADE:  
TEORIAS E MÉTRICAS**

Dissertação apresentada ao Programa Associado de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Milena Kanashiro

Londrina  
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

F684 Fontoura , Larissa Casaril da.  
Uso Misto do Solo no estudo da Caminhabilidade : teorias e métricas / Larissa Casaril da Fontoura . - Londrina, 2021.  
118 f. : il.

Orientador: Milena Kanashiro.  
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2021.  
Inclui bibliografia.

1. Ambiente construído - Tese. 2. Caminhabilidade - Tese. 3. Diversidade de usos do solo - Tese. I. Kanashiro, Milena . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

CDU 711/72

LARISSA CASARIL DA FONTOURA

**USO MISTO DO SOLO NO ESTUDO DA  
CAMINHABILIDADE:  
TEORIAS E MÉTRICAS**

Dissertação apresentada ao Programa Associado de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Milena Kanashiro  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Renato Leão Rego  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

---

Prof. Dr. Rodrigo José Firmino  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná -  
PUCPR

Londrina, 22 de setembro de 2021.

À minha família.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual de Londrina e ao Programa Associado de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo UEM/UEL pela oportunidade de ampliar meus conhecimentos.

À CAPES e Fundação Araucária pela bolsa concedida desde o início do curso, que me possibilitou a dedicação exclusiva à pesquisa.

À minha orientadora Milena Kanashiro que me incentiva e me inspira desde 2015. Obrigada por ter confiado em mim quando te enviei aquele primeiro e-mail, por todos os questionamentos, as trocas, e por ter visto meu potencial como pesquisadora quando nem eu via.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Renato Leão e Prof. Dr. Rodrigo Firmino, por todas as considerações feitas ao meu trabalho e pelas palavras gentis e incentivadoras.

À professora Dra. Mariana Ragassi Urbano pela assessoria nas análises estatísticas e pela paciência nas explicações, e ao André Olak pela ajuda na operacionalização das medidas e pelas palavras de apoio.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano por todas as interações e levantamentos. Em especial à Mariana Casarim, Ana Luiza Favarão, Thamine Ayoub, Maria Luiza Costa e Murilo Maidana que me acompanharam e auxiliaram ao longo da jornada.

Aos meus amigos, por sempre ouvirem minhas reclamações e se fazerem presentes especialmente no período de isolamento social. Um agradecimento mais que especial à Letícia Cabrera, pela parceria desde o processo seletivo do mestrado, e, principalmente, por ter me ajudado a terminar o levantamento de uso do solo. Sem o seu apoio, eu não teria conseguido.

À minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos. À minha mãe pelo cuidado e pelas comidas com afeto; ao meu pai, pelas conversas profundas e pelo incentivo à pesquisa; e à minha irmã, pelos abraços apertados. Agradeço também ao Bruno, pelo colo e pela paciência nos dias difíceis, por todo amor e carinho todos os dias.

Por último, agradeço a Deus por ter colocado pessoas incríveis no meu caminho e por me permitir aprender e evoluir sempre.

FONTOURA, Larissa Casaril da. **Uso Misto do Solo no estudo da caminhabilidade: teorias e métricas.** 2021. 117 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2021.

## RESUMO

O uso misto do solo tem sido estudado em diversas áreas do conhecimento, e nos estudos urbanos é visto como potencial incentivador da caminhada por encurtar tempo e distâncias entre origem e destino. No entanto, ainda há divergências sobre a maneira de medir e categorizar a mistura dos usos nas pesquisas de caminhabilidade, e fragilidades foram encontradas na aplicação da entropia como medida de uso misto. Sendo assim, esta pesquisa tem como objetivo comparar estratégias de mensuração e categorização do uso misto do solo para a avaliação da caminhabilidade em cidades brasileiras de pequeno e médio porte. Para isso, foram aplicados três métricas com três estratégias de categorização conceitualmente distintas: entropia, *Mixed-use Index* (MXI) e contagem de destinos. As métricas foram confrontadas com os dados de viagens a pé do Plano de Mobilidade da cidade de Cambé-PR, agregados em *buffers* de rede nas áreas de uso misto, classificados em tipos de mistura. No geral, os resultados indicam diferentes comportamentos das estratégias de operacionalização do uso misto do solo em diferentes áreas da cidade. Entropia e contagem de destinos cotidianos obtiveram melhor resultado para área central. O MXI capturou melhor a mistura dos bairros e acessos, e a contagem de destinos eventuais teve melhor aplicação no aglomerado urbano. A análise de clusters agrupou os *buffers* de acordo com as tipologias (centro, bairros, acessos e aglomerado urbano), inferindo que essa classificação capturou misturas qualitativamente diferentes. Esse tipo de abordagem pode ajudar pesquisas futuras a definir a medida de uso misto do solo a partir do tipo de mistura identificado no contexto do estudo. Dessa forma, essa pesquisa contribui por avançar no entendimento da diversidade do uso do solo como incentivador da caminhabilidade em cidades brasileiras e subsidiar políticas urbanas para cidades mais sustentáveis e de maior qualidade de vida.

**Palavras-chave:** ambiente construído; caminhabilidade; diversidade; uso misto do solo.

FONTOURA, Larissa Casaril da. **Land Use Mix in walkability studies: theories and measures.** 2021. 117 p. Dissertation (Master's degree Dissertation) – State University of Londrina, Londrina, 2021.

## **ABSTRACT**

Land use mix has been studied in different knowledge areas, and in urban studies it is seen as a potential support for walking for shortening time and distance between origin and destinations. However, there is still uncertainty whether the strategy to operationalize the land use mix in walkability studies, and fragilities were found in the use of entropy as a measure of land use diversity. The aim of this study is to compare the strategies of land use mix measure and categorization for the walkability analysis in small and medium-sized Brazilian towns. For that, three conceptually distinct measures of land use mix were applied in different categorization strategies: entropy, Mixed-use Index (MXI) and simple destination count. The measures were associated with the walkable travel data from the Mobility Plan of Cambe city, aggregated in street network buffers in mixed areas, classified by mixture type. The results show different measures behavior in different regions of the city. Entropy and daily living destination count obtained better results for the central area. The MXI was better in capturing the neighborhood and access mix, while the local living destinations count applied best in the urban agglomeration area. The cluster analysis grouped buffers according to typology (central, neighborhood, access and urban agglomeration), inferring that this classification captured qualitative distinct mixtures. This kind of approach may help future research to define an appropriate land use mix measure based on the typo of mix of the study's context. Thus, this study contributes to the understanding of the land use diversity as a walkability support in the Brazilian context and to subsidize urban policies for more sustainable cities.

**Key-words:** built environment; walkability; diversity; land use mix.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Delineamento da pesquisa.....	19
<b>Figura 2.</b>	Síntese do processo de coleta da bibliografia.....	24
<b>Figura 3.</b>	Riqueza e proporcionalidade.....	26
<b>Figura 4.</b>	Esquema de limitação do cálculo por entropia.....	36
<b>Figura 5.</b>	Diagrama ternário: monofuncional, bifuncional, misto.....	39
<b>Figura 6.</b>	Triângulo viver, trabalhar/estudar, morar.....	40
<b>Figura 7.</b>	Quadro conceitual do CMDI.....	41
<b>Figura 8.</b>	Funções sobrepostas.....	46
<b>Figura 9.</b>	Fluxograma metodológico.....	55
<b>Figura 10.</b>	Localização do Município de Cambé-PR.....	56
<b>Figura 11.</b>	Perímetro urbano de Cambé-PR.....	57
<b>Figura 12.</b>	Expansão das áreas edificadas da RML em três períodos [1986, 1998 e 2008] e o eixo de integração metropolitano.....	58
<b>Figura 13.</b>	Planta inicial de Cambé.....	60
<b>Figura 14.</b>	Evolução urbana de Cambé - de 1930 a 2017.....	61
<b>Figura 15.</b>	Núcleos urbanos de Cambé em 1984.....	62
<b>Figura 16.</b>	Paisagem urbana de Cambé-PR.....	63
<b>Figura 17.</b>	Espacialização das rotas a pé.....	65
<b>Figura 18.</b>	Mapa de carregamento viário de Cambé-PR.....	66
<b>Figura 19.</b>	Mapa de uso do solo de Cambé-PR.....	69
<b>Figura 20.</b>	Usos não-residenciais e segmentos para criação dos <i>buffers</i> de rede.....	77
<b>Figura 21.</b>	<i>Buffers</i> de rede de 400, 600, e 800 m.....	78
<b>Figura 22.</b>	Mapa de densidade residencial.....	87
<b>Figura 23.</b>	Medidas aplicadas no buffer de 400m.....	88
<b>Figura 24.</b>	Medidas aplicadas no buffer de 600m.....	89
<b>Figura 25.</b>	Medidas aplicadas no buffer de 800m.....	90
<b>Figura 26.</b>	Espacialização dos <i>clusters</i> .....	91

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b>	Quantidade de viagens a pé por motivo de deslocamento.....	64
<b>Gráfico 2.</b>	Curva de decaimento de distâncias percorridas em Cambé. ....	72
<b>Gráfico 3.</b>	Relação entre MXI, Entropia e viagens a pé no <i>buffer</i> de 400 m. ....	83
<b>Gráfico 4.</b>	Relação entre MXI, Entropia e viagens a pé no <i>buffer</i> de 800 m. ....	83
<b>Gráfico 5.</b>	Relação da Contagem de Destinos, Entropia e viagens a pé no <i>buffer</i> de 400 m. ....	85
<b>Gráfico 6.</b>	Relação da Contagem de Destinos, Entropia e viagens a pé no <i>buffer</i> de 800 m. ....	85

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Exemplo de coleta de dados de uso do solo. ....	67
<b>Tabela 2.</b> Medidas de Uso Misto do Solo, Viagens a pé e Densidade Residencial por segmento. ....	80
<b>Tabela 3.</b> Análise de <i>clusters</i> realizada com as tipologias de mistura, medidas de UMS e quantidade de viagens a pé nos <i>buffers</i> de rede de Cambé-PR.....	92

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Quadro síntese - considerações teórico-metodológicas.....	51
<b>Quadro 2.</b> Critérios de classificação dos usos. ....	68
<b>Quadro 3.</b> Medidas de uso misto e suas categorias. ....	70
<b>Quadro 4.</b> Descrição das categorias do MXI.....	71
<b>Quadro 5.</b> Identificação e localização dos segmentos. ....	77

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
CTNP	Companhia de Terras Norte do Paraná
DOT	Desenvolvimento Orientado pelo Transporte
GSV	<i>Google Street View</i>
HHI	Índice de Herfindahl-Hirschman
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITEDES	Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento Econômico e Social
MXI	<i>Mixed-use Index</i>
OD	Origem-Destino
PMC	Prefeitura Municipal de Cambé
PML	Prefeitura Municipal de Londrina
RML	Região Metropolitana de Londrina
SIG	Sistema de Informações Geográficas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA .....	18
1.2	OBJETIVOS .....	19
1.3	DELINEAMENTO DE PESQUISA .....	19
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	21
2.1	CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS .....	24
2.1.1	Diversidade.....	25
2.1.2	Proximidade.....	27
2.1.3	Integração.....	28
2.2	CONSIDERAÇÕES OPERACIONAIS .....	32
2.2.1	Medidas Tradicionais.....	33
2.2.1.1	Entropia .....	34
2.2.2	Propostas Alternativas.....	38
2.2.3	Categorias de Uso do Solo .....	43
2.2.4	Delimitação de Áreas de Análise .....	49
2.3	CONSIDERAÇÕES CONTEXTUAIS.....	52
<b>3</b>	<b>DADOS E MÉTODOS</b> .....	55
3.1	ESTUDO DE CASO: CAMBÉ-PR.....	56
3.2	DADOS .....	64
3.2.1	Deslocamento a pé.....	64
3.2.2	Uso do Solo .....	67
3.2.2.1	Medidas de UMS e Estratégias de Categorização .....	69
3.2.3	Densidade Residencial .....	72
3.3	UNIDADES ESPACIAIS DE ANÁLISE .....	72
3.4	ESTRATÉGIA ANALÍTICA .....	73
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	75
4.1	IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE USO MISTO .....	75
4.2	OPERACIONALIZAÇÃO DAS MEDIDAS DE UMS.....	78
4.3	ESPACIALIZAÇÃO DOS RESULTADOS .....	86

4.4	ANÁLISE DE CLUSTERS .....	90
<b>5</b>	<b>DISCUSSÕES</b> .....	<b>93</b>
5.1	COMPORTAMENTO DAS ESTRATÉGIAS DE MENSURAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO .....	93
5.2	UMS EM DIFERENTES ÁREAS DA CIDADE.....	98
5.3	OS TIPOS DE MISTURA .....	100
5.4	ÁREAS DE ANÁLISE .....	101
5.5	REFLEXÕES FINAIS.....	102
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>105</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>108</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o uso misto do solo tem sido estudado em diversas áreas do conhecimento, mas com diferentes abordagens de investigação. Do ponto de vista econômico, estuda-se o tema com foco no desempenho de mercado e da valorização imobiliária. Sob uma perspectiva ambiental, áreas de uso misto podem reduzir a necessidade do transporte motorizado e os impactos associados ao seu uso.

No Planejamento de Transportes, a mistura de usos do solo é estudada como uma estratégia de mobilidade urbana, a base para o Desenvolvimento Orientado pelo Transporte (DOT) (LAMOUR; MORELLI; MARINS, 2019). Já na Geografia, as teorias locacionais procuram entender a lógica espacial vinculada ao estabelecimento e distribuição do uso misto do solo nas cidades (OLAK, 2019).

Nos estudos urbanos, a diversidade de usos instiga o uso do espaço pelas pessoas, e por isso, aparece nas discussões de vitalidade urbana e urbanidades (KRETZER; SABOYA, 2020). Apesar de ter a vitalidade urbana como ponto central de sua teoria, a busca pela diversidade de Jacobs (2011) influenciou as bases teóricas dos estudos de caminhabilidade. Ainda que sejam conceitos essencialmente distintos, suas fundamentações se tangenciam ao abordar o movimento de pedestres nas ruas.

Na área da Saúde, considerando que a caminhada é uma atividade física acessível e de baixo custo, o uso misto do solo é visto como potencial incentivador do deslocamento a pé (CERVERO et al., 2009; DUNCAN et al., 2010; REIS et al., 2013b). A lógica é simples: quanto mais compacto e misto o ambiente urbano é, menores são as distâncias entre destinos (LESLIE et al., 2007). Ou seja, a diversidade de usos reflete a disponibilidade de destinos para onde os moradores podem caminhar ou andar de bicicleta no bairro, e por isso é mais provável que contribua para estilos de vida mais ativos que, por sua vez, irão influenciar a saúde dos moradores no geral (DUNCAN et al., 2010).

Por isso, o uso misto do solo tornou-se parte das estratégias de desenvolvimento urbano sustentável e um princípio central das práticas de planejamento urbano contemporâneas, como o Crescimento Inteligente (*Smart Growth*) (APA, 1998) e o Novo Urbanismo (*New Urbanism*) (CNU, 2019). Essas estratégias têm em comum princípios que buscam reduzir o número de viagens motorizadas, aumentar a participação do deslocamento ativo, e criar bairros mais caminháveis.

Neste sentido, é importante que as cidades estimulem estilos de vida mais ativos, e criem condições favoráveis e seguras ao deslocamento a pé. A partir da necessidade de entender a influência do ambiente construído na caminhada, surge o conceito de *caminhabilidade*, definida como a medida em que o ambiente construído dá suporte e incentiva o caminhar (SOUTHWORTH, 2005).

No entanto, apesar do crescente escopo de pesquisas que analisam a influência do ambiente construído no deslocamento ativo, ainda há questões sobre a operacionalização do uso misto do solo na avaliação da caminhabilidade. Por operacionalização entende-se a aplicação de estratégias objetivas de mensuração, isto é, como a diversidade é descrita, manipulada e medida (SABOYA et al., 2021). Acredita-se ainda que maneira em que os usos são medidos e classificados pode afetar a leitura e interpretação do fenômeno, e as medidas tradicionalmente utilizadas tem se mostrado frágeis na avaliação da caminhabilidade. Por isso, nota-se a necessidade de repensar estratégias de mensuração e categorização do uso misto do solo para a avaliação do ambiente construído como suporte a caminhada no contexto nacional, visando tornar as cidades mais caminháveis e sustentáveis.

Para Dovey e Pafka (2020), a caminhabilidade é um conjunto de capacidades de um bairro que está incorporada nas morfologias urbanas de três principais maneiras: nas densidades (concentrações) de edifícios e pessoas; na mistura de diferentes funções e atrações; e nas redes de acesso que usamos para navegar entre eles. Enquanto a densidade encurta distâncias entre as pessoas e os lugares que elas precisam acessar, a mistura é fundamentalmente sobre diferenças e justaposições entre atividades, atrações e pessoas (DOVEY; PAFKA, 2020).

No entanto, a “mistura”, na maioria das vezes, permanece um conceito indescritível e inatingível (MANAUGH; KREIDER, 2013), e questões básicas sobre como definir os ingredientes dessa mistura e os métodos de mensuração e mapeamento continuam não resolvidos (DOVEY; PAFKA, 2020).

A escolha da medida de uso misto do solo a ser aplicada na pesquisa depende do que se pretende capturar (presença, distribuição ou equilíbrio dos usos), das considerações práticas sobre coleta de dados e operação computacional, e dos objetivos da investigação (SONG; RODRÍGUEZ, 2005). Nos estudos de mobilidade ativa geralmente é aplicada uma variação da fórmula de entropia de Shannon como indicador da diversidade de usos (EWING; CERVERO, 2010; SONG; MERLIN; RODRIGUEZ, 2013). No entanto, há questionamentos sobre o uso desse índice como

medida espacial e diversos estudos demonstraram as suas limitações para quantificar a mistura de usos (BROWN et al., 2009; HAJNA et al., 2014; HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001; SONG; MERLIN; RODRIGUEZ, 2013).

Além das métricas, outro componente que varia entre as pesquisas é o critério de classificação e o número de categorias desses usos, que divergem de acordo com o foco da pesquisa, o contexto em que está inserida e a disponibilidade de dados. É preciso considerar que os usos não causam os mesmos efeitos na vida urbana – enquanto alguns têm pouco efeito direto, outros tem o potencial de estimular atividades sociais (ROWLEY, 1996). Mas se os usos do solo apresentam um complexo e vasto campo de possibilidades, então qual o critério de categorização que colabora para a leitura e compreensão da caminhabilidade?

Além disso, o deslocamento ativo é o principal meio de locomoção dos brasileiros. Os dados apresentados no relatório mais recente do SIMOB/ANTP (Sistema de Informações de Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Públicos), relativos ao ano de 2018, mostram que a maior parte das viagens foi realizada a pé e por bicicleta (42%).

No entanto, pesquisas recentes demonstram a dificuldade de adaptação dos métodos de avaliação da caminhabilidade ao contexto brasileiro (LEÃO et al., 2020; MOTOMURA; FONTOURA; KANASHIRO, 2018; REIS et al., 2013a), em que se insere também a operacionalização do uso misto do solo. A maioria das evidências da relação entre atividade física e ambiente construído derivam de países desenvolvidos (ELSHAHAT; O'RORKE; ADLAKHA, 2020) e podem não ser generalizáveis para países em desenvolvimento.

Primeiro, os métodos de avaliação da caminhabilidade são desenvolvidos e aplicados em grandes centros urbanos de países como Estados Unidos (CERVERO; KOCKELMAN, 1997; FRANK et al., 2010) e Austrália (BENTLEY et al., 2018; CHRISTIAN et al., 2011; LESLIE et al., 2007), os quais apresentam estruturas urbanas diferentes das cidades brasileiras, e por isso as associações podem ter resultados diferentes (REIS et al., 2013a).

Segundo, grande parte das pesquisas sobre caminhabilidade desenvolvidas no Brasil têm sido aplicadas em capitais, como São Paulo (FLORINDO et al., 2019), Curitiba (HINO et al., 2011; LOPES et al., 2018; PARRA et al., 2011) e Porto Alegre (LARRANAGA et al., 2019), que apresentam características culturais e

ambientais diferentes das cidades de médio e pequeno porte<sup>1</sup> (NAKAMURA et al., 2013). No entanto, de acordo com a pesquisa CNI-Ibope (2015), os brasileiros que moram em municípios menores são os que mais adotam a caminhada como principal meio de transporte. Considerando que a maioria dos municípios brasileiros são de médio e pequeno porte (IBGE, 2020), é necessário o desenvolvimento de pesquisas que representem essa realidade.

Esta pesquisa torna-se relevante pelo aprofundamento conceitual e operacional do uso misto do solo na leitura do ambiente construído como suporte ao deslocamento a pé, a partir da necessidade de aprimoramento dos métodos de mensuração da caminhabilidade. A reflexão e a aplicabilidade em estudos empíricos destes métodos permitem a avaliação mais precisa e pode fundamentar a análise da caminhabilidade no contexto brasileiro, contribuindo para o planejamento de cidades mais vivas, saudáveis e sustentáveis.

### 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Apesar do crescente interesse em pesquisas sobre o desenvolvimento de métodos objetivos de mensuração do uso misto do solo, ainda há discussões sobre como a forma de leitura desta variável afeta a avaliação da caminhabilidade, visto que inconsistências na aplicação das métricas, na classificação dos usos, e na agregação dos dados podem contribuir para entendimentos equivocados ou limitados dos resultados. Com base nisso, esta pesquisa estabelece como **problema** de pesquisa *a influência da operacionalização do uso misto do solo na avaliação da caminhabilidade*.

A partir disto, pretende-se repensar as estratégias de operacionalização do uso misto do solo no contexto brasileiro, considerando as especificidades locais. Assim, estabelece-se a **questão** de pesquisa: *como operacionalizar o uso misto do solo para a avaliação da caminhabilidade em cidades brasileiras?* Tem-se como **pressuposto** que *a aplicabilidade das medidas de uso misto para avaliação da caminhabilidade pode variar em diferentes áreas da cidade*. Ou seja, pretende-se verificar a relação entre diferentes formas de mensuração do uso misto do solo e os níveis de caminhada.

---

<sup>1</sup> Considera-se cidades de porte pequeno aquelas com até 100 mil habitantes, e de porte médio com população entre 100 mil e 500 mil habitantes.

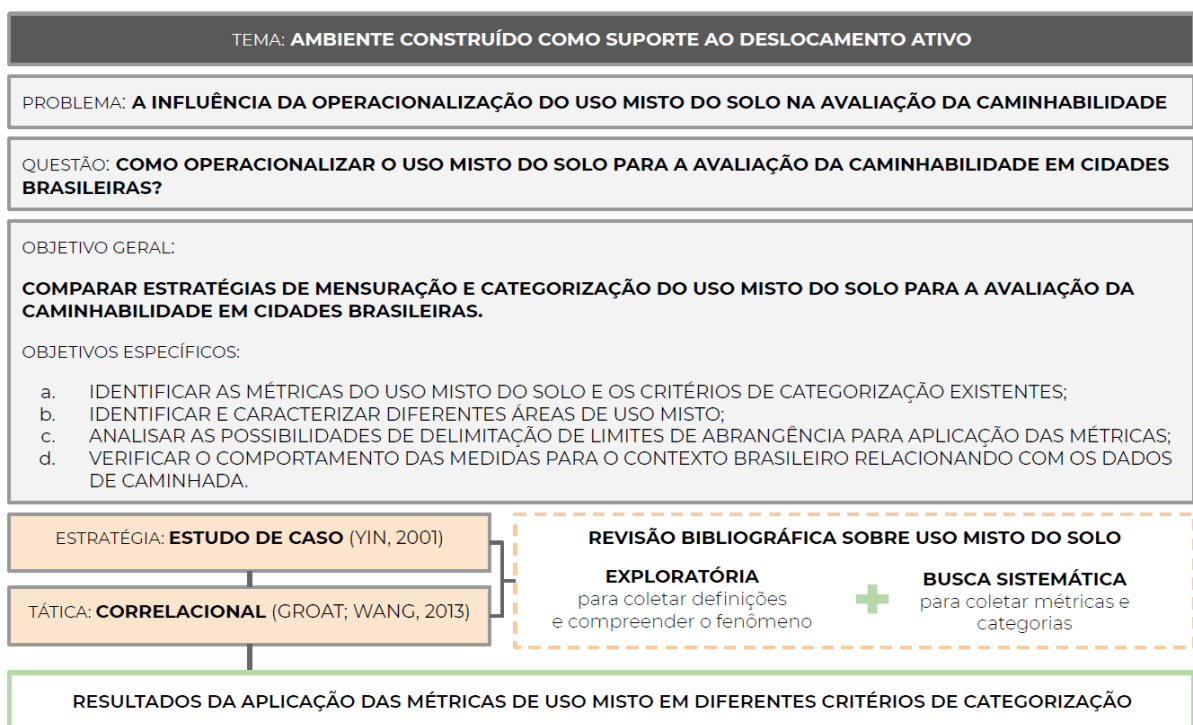
## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é *comparar estratégias de mensuração e categorização do uso misto do solo para a avaliação da caminhabilidade em cidades brasileiras*. Mais especificamente, pretende-se: a) identificar as métricas do uso misto do solo e os critérios de categorização existentes; b) identificar e caracterizar diferentes áreas de uso misto; c) analisar as possibilidades de delimitação de limites de abrangência para aplicação das métricas; e d) verificar o comportamento das medidas para o contexto brasileiro relacionando com os dados de caminhada.

## 1.3 DELINEAMENTO DE PESQUISA

Para atingir os objetivos da pesquisa, foi necessário definir inicialmente as abordagens teóricas e metodológicas do trabalho, organizadas no delineamento da pesquisa (**Figura 1**). O primeiro procedimento realizado foi a revisão bibliográfica exploratória sobre o uso misto do solo, com o propósito de absorver conceitos e aplicações do fenômeno.

**Figura 1.** Delineamento da pesquisa.



**Fonte:** Elaborado pela autora, 2020.

Como estratégia de pesquisa foi adotado o estudo de caso, recomendada em pesquisas em que o contexto é determinante para a ocorrência do fenômeno (YIN, 2001). Para isso, a tática de pesquisa será a análise correlacional que, segundo Groat e Wang (2013), é indicada quando as variáveis mudam conforme o contexto, visando identificar e entender a ocorrência de padrões socioespaciais.

Para alcançar os objetivos estabelecidos, a dissertação foi estruturada em seis capítulos. O capítulo introdutório apresenta uma breve contextualização do tema e identifica a lacuna de pesquisa, estabelecendo os objetivos, o delineamento e a estrutura da dissertação. O segundo capítulo apresenta a revisão de literatura, em que são expostos os principais conceitos da associação entre o ambiente construído, o deslocamento a pé e o uso misto do solo. O terceiro capítulo é composto pelos procedimentos metodológicos, explicando como as variáveis correlacionais foram sistematizadas no estudo de caso escolhido. O quarto capítulo apresentará os resultados das análises estatísticas entre as variáveis e as discussões desenvolvidas em cima disso. O quinto capítulo irá abranger as discussões provenientes dos resultados obtidos, e o sexto capítulo apresentará as considerações finais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

*“Para compreender as cidades, precisamos admitir de imediato, como fenômeno fundamental, as combinações ou as misturas de usos, não os usos separados.” Jane Jacobs*

Enquanto os assentamentos históricos de natureza orgânica e espontânea apresentavam uma tendência natural de mistura dos usos do solo, o surgimento da Revolução Industrial e seu consequente efeito adverso, devido à poluição industrial nas áreas residenciais, levou ao conceito de segregação dos usos do solo no século XIX (RAMAN; ROY, 2019). Esse conceito foi muito aplicado nas cidades americanas (GRANT, 2002) e amplamente difundido por arquitetos europeus, como Le Corbusier (1993), que usaram as zonas monofuncionais como principal ferramenta do planejamento urbano modernista.

Além da segregação dos usos do solo, que tornou a população dependente de veículos para os deslocamentos diários, a popularização dos automóveis e a consequente priorização do tráfego de alta velocidade, transformaram as paisagens urbanas do século XX. O agravante consequente da predominância dos carros é que, quanto maior a prioridade dada para a acomodação do tráfego de veículos no processo de planejamento urbano, menor é a importância dada à dimensão humana e aos espaços públicos (BERTACHI, 2018). A busca pela racionalização e setorização da cidade resultou em espaços “monumentais, padronizados, vazios e sem vida” (JACOBS, 2011). Ainda, o rumo dos acontecimentos não só reduziu as oportunidades para o pedestrianismo como forma de locomoção, mas também deixou sitiadas as funções cultural e social do espaço da cidade (GEHL, 2013).

Neste contexto, pensadores como Jane Jacobs, Kevin Lynch, Gordon Cullen, Lewis Mumford e Christopher Alexander publicaram em meados de 1960 suas principais obras e expuseram uma nova perspectiva para o estudo das cidades, promovendo os estudos urbanos como campo de saber científico (NETTO, 2016). Essas “novas” perspectivas teóricas buscaram compreender o dinamismo das cidades e construíram argumentos com os quais sustentam a importância e a necessidade da ordem urbana criada pelo uso, pelo cotidiano, e pelas pessoas. É apontada a necessidade urgente e vontade crescente de, mais uma vez, criar cidades para as pessoas (GEHL, 2013). Um resgate à essência espontânea e vital das cidades pré-

modernas.

Nesta linha de pensamento, Jacobs (2011) aborda em seu livro *Morte e Vida de Grandes Cidades*, originalmente publicado na década de 60, a diversidade como condição necessária para a existência de vitalidade urbana. Vários autores reiteram as críticas apontadas por Jacobs (2011): é “a primeira voz forte a clamar por uma mudança decisiva na maneira como construímos cidades” (GEHL, 2013, p. 3). Para Jacobs (2011), a diversidade – de usos, de nível socioeconômico da população, de tipologia das edificações – é antídoto para grande parte dos males urbanos que ocorrem com o uso monofuncional (MARICATO, 2001).

Assim, Jacobs (2011) insere a combinação de funções (ou usos) principais como uma das quatro condições para gerar diversidade nas grandes cidades, entendendo os usos principais como “aqueles que por si sós atraem pessoas a um lugar específico porque funcionam como âncoras” (p. 176). A autora explica que:

“O distrito, e sem dúvida o maior número possível de segmentos que o compõem, deve atender a mais de uma função principal; de preferência, a mais de duas. Estas devem garantir a presença de pessoas que saiam de casa em horários diferentes e estejam nos lugares por motivos diferentes, mas sejam capazes de utilizar boa parte da infraestrutura” (JACOBS, 2011, p. 165).

A autora também reforça que um uso principal isolado não é eficiente para promover a vitalidade; a eficácia como atração para as pessoas se dá por meio da combinação desses usos, e da sua distribuição espacial, que deve propiciar fluxos de pessoas ao longo do dia. Assim, para Jacobs (2011), a produção da diversidade se dá a partir da distribuição e localização dos usos principais.

Como resultado da disseminação desse pensamento, na década de 90, pesquisadores das áreas de Saúde e Transporte deram os primeiros passos nos estudos sobre a associação da diversidade de usos com o comportamento de caminhada (CERVERO, 1996; CERVERO; KOCKELMAN, 1997; FRANK; PIVO, 1994). Esses estudos, que se tornaram um marco para o desenvolvimento do tema, apresentam o uso misto do solo como um potencial influenciador da escolha do modo de transporte.

Desde então, um crescente escopo de pesquisas tem se dedicado a evoluir na investigação da relação entre a diversidade de usos e o comportamento de caminhada. No entanto, ainda não há um consenso sobre a definição de “diversidade” ou “mistura”, e conseqüentemente, há variações também nas estratégias objetivas de

mensuração. A questão de como medir o uso misto do solo é prática, mas também representa a importância da aplicabilidade dos conceitos (IM; CHOI, 2019).

Portanto, as frentes desta fundamentação foram direcionadas para o esclarecimento das definições conceituais e operacionais da mistura de usos nos estudos sobre caminhabilidade. Para complementar a revisão bibliográfica exploratória, foi realizada uma busca sistemática de literatura, com o objetivo de identificar as definições, os critérios de categorização e as métricas do uso misto do solo. O processo de busca à base de dados científicas seguiu a primeira etapa do *System Search Flow*, método proposto por Ferenhof e Fernandes (2016). O protocolo de pesquisa corresponde à definição da estratégia de busca, consulta nas bases de dados, gestão dos documentos, padronização e seleção dos documentos, e composição do portfólio de documentos (FERENHOF; FERNANDES, 2016). A busca foi conduzida em janeiro de 2020 nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science*, *PubMed Central* e TRID. A busca foi feita em título, resumo e palavras-chave de artigos e revisões de acesso livre<sup>2</sup> publicados em inglês no período entre 2000 e 2020.

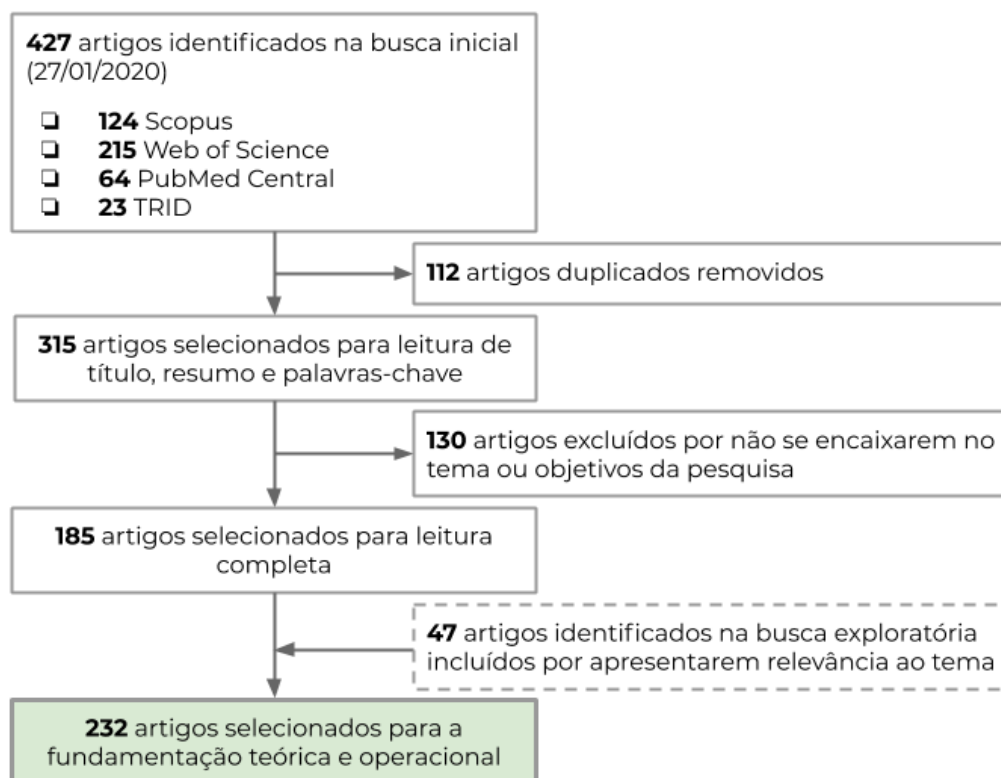
A estratégia de busca foi elaborada pelos seguintes termos na língua inglesa: caminhabilidade (*walk\* OR mobility OR "active travel" OR "travel behavio\*"*); ambiente construído (*"built environment" OR urban OR neighb?rhood OR district*); uso do solo (*"land?use" OR "urban functions" OR activit\* OR destinations*); diversidade (*mix\* OR diversit\* OR lum*); categorias ou métricas (*categor\* OR class\* OR measur\* OR metric\* OR calculat\**). Foram excluídos os termos que apareceram nos testes de busca: (*carbon OR pollution OR food OR soil OR rural OR "body mass"*).

Os documentos coletados nas bases de dados (Figura 2) foram organizados no *software* Zotero versão 5.0.82, em que foram excluídas as bibliografias duplicadas. Após a leitura de todos os títulos e resumos, foram excluídos aqueles que não se encaixavam no tema da pesquisa. Por fim, artigos considerados relevantes encontrados na revisão exploratória de literatura foram incluídos para composição do portfólio de documentos, que foram lidos em sua totalidade e fazem parte da fundamentação teórica deste trabalho.

---

<sup>2</sup> Acesso livre no portal de periódicos da Capes.

**Figura 2.** Síntese do processo de coleta da bibliografia.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Inicialmente, serão apresentadas as definições de uso misto do solo, trazendo um diálogo entre as diferentes abordagens teóricas do tema. Em seguida, uma seção é dedicada às considerações operacionais, com a apresentação das principais métricas de uso misto do solo, algumas propostas alternativas e os desafios de categorização dos usos. Por fim, serão expostos os obstáculos da adaptação dos métodos ao contexto brasileiro, indicando a lacuna de pesquisa que se pretende preencher. Ao final de cada capítulo, será apresentada uma breve síntese das ideias expostas.

## 2.1 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Ao longo das últimas três décadas, vários estudos tentaram definir o uso misto do solo, mas o resultado é ainda inconclusivo. Nota-se pela revisão bibliográfica que as definições variam de acordo com o foco e a área da pesquisa, e refletem diretamente o tipo de estratégia metodológica utilizada. Por isso, serão confrontadas a seguir as principais perspectivas teóricas sobre o tema para direcionar a construção dos questionamentos levantados nesta pesquisa.

### 2.1.1 Diversidade

Alguns autores apresentam uma definição mais genérica, em que o uso misto do solo é referido como a medida de diversidade de usos de uma determinada área (BORDOLOI et al., 2013; LESLIE et al., 2007; MANAUGH; KREIDER, 2013; SUGIYAMA et al., 2019). Essa é uma definição pouco explicativa, já que a diversidade geralmente aparece como sinônimo de uso misto do solo, ou mistura de usos.

Para maior precisão dos termos, a partir de um aprofundamento bibliográfico, considera-se nesta pesquisa: a diversidade como constructo (*i.e.* um conceito abstrato multidimensional, que consiste em vários conceitos subjacentes); e o uso misto do solo como a variável, ou seja, a representação mensurável do constructo analisado (BHATTACHERJEE, 2012). Em outras palavras, o uso misto do solo é considerado a tentativa de quantificar a diversidade de usos, de traduzir esse conceito (plano teórico) em elementos observáveis (plano empírico).

A diversidade de usos do solo se assemelha ao conceito aplicado nos estudos ecológicos, em que biólogos usam índices de diversidade para calcular a variedade de espécies em uma área (JOST, 2006). Adaptando os conceitos ecológicos de Magurran (1988), a diversidade é expressa por duas características complementares:

- a. Riqueza (originalmente, *richness*): quantidade de usos do solo diferentes. “Esse termo, quando aplicado na área de planejamento urbano, corresponde ao número de parcelas de um único uso do solo dentro de uma área” (GEHRKE; CLIFTON, 2015, p. 129).
- b. Proporcionalidade (*evenness*): distribuição igualitária dos usos. “Considera essa riqueza em diferentes usos e contabiliza a contribuição de cada uso para o equilíbrio dentro de um limite geográfico definido” (GEHRKE; CLIFTON, 2015, p. 129).

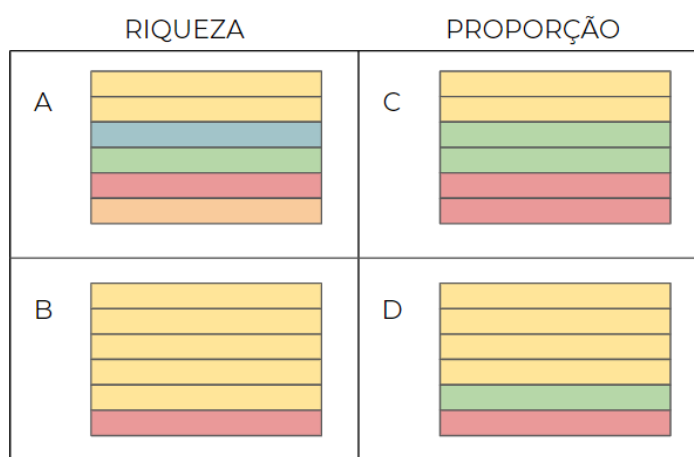
Quando Jacobs (2011) afirma que “o distrito [...] deve atender a mais de uma função principal; de preferência, a mais de duas” (p. 165), entende-se que, além da distribuição e localização, a quantidade de usos é uma característica essencial da diversidade. Percebe-se, portanto, que há certa concordância entre os conceitos de Magurran (1988) e o entendimento de diversidade de Jacobs (2011).

Em relação à riqueza, Batty et al. (2004, p. 3) afirma que “enquanto a

densidade é geralmente definida como a contagem normalizada de uma atividade dentro de uma área, a ‘mistura’ pode ser melhor medida como uma simples contagem de diferentes atividades em algum espaço ou tempo”. Ou seja, para os autores, a mistura corresponde à quantificação dos usos diferentes dentro daquele espaço.

Para entender melhor a aplicação destes conceitos, é apresentado um esquema (Figura 3) adaptado do livro de Magurran (1988, p.8), elaborado com base na apresentação de Saboya<sup>3</sup>. Ao comparar os cenários hipotéticos A e B, o A é considerado mais diverso porque contém cinco usos enquanto o B possui apenas dois usos. No entanto, ao comparar C e D, os cenários possuem a mesma riqueza, já que ambos apresentam três usos. Mas neste caso, a maior uniformidade do C faz com que seja considerada maior diversidade.

**Figura 3.** Riqueza e proporcionalidade.



Fonte: Adaptado de Magurran (1988) e Saboya (2019); elaborado pela autora, 2020.

Magurran (1988) reconhece a simplicidade do exemplo e o fato de que situações onde as espécies são igualmente distribuídas não caracterizam o mundo real. Nos estudos urbanos, enquanto alguns autores defendem que áreas com uma mistura de usos mais proporcional podem incentivar a caminhada pela disponibilidade e variedade de destinos (RODRÍGUEZ et al., 2009), surgem questionamentos quanto ao peso excessivo dado à proporcionalidade nas medidas de diversidade.

Manaugh e Kreider (2013) argumentam que há uma falta de teoria e evidências em torno da suposição implícita de que uma distribuição uniforme dos usos

<sup>3</sup> Palestra ministrada pelo Prof. Dr. Renato Tibiriçá de Saboya sob o título “Diversidade de usos do solo e vitalidade urbana”. Vídeo disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=vIVKe3Ra\\_A0](https://www.youtube.com/watch?v=vIVKe3Ra_A0)>. Publicado em: 19 de abril de 2019. Acessado em: 13 de fevereiro de 2020.

do solo é superior ou melhor do que uma distribuição desigual. Para a aplicação dos conceitos de diversidade nos contextos urbanos, é importante considerar também a distribuição espacial: a localização e concentração dos usos não-residenciais no espaço, e a proximidade entre eles.

### 2.1.2 Proximidade

Saelens, Sallis e Frank (2003) defendem que a escolha pelos modais não motorizados está baseada em duas dimensões do ambiente construído: *conectividade*, caracterizada pela facilidade de movimentação na estrutura viária; e *proximidade*, que está relacionada à distância entre a origem e o destino da viagem. A proximidade, por sua vez, é determinada por duas condições do uso do solo: densidade de usos (compacidade) e uso misto do solo (mistura) (SAELEN; SALLIS; FRANK, 2003).

De acordo com Duncan et al. (2010), as bases teórico-conceituais do uso misto do solo como um fator determinante do comportamento de caminhada sugerem que é a presença e diversidade de destinos *próximos* que incentiva a caminhada. Afinal, usos comerciais e recreacionais próximos a áreas residenciais promovem aos moradores oportunidades de caminhar aos serviços locais e trabalho, e de caminhar para recreação ou exercício (SUGIYAMA et al., 2019). A proximidade a usos não residenciais, especialmente usos comerciais, tem sido associada a taxas mais altas de caminhada utilitária na população em geral (CERIN et al., 2007; MCCORMACK; GILES-CORTI; BULSARA, 2008; SAELEN; HANDY, 2008).

Handy et al. (2002) descrevem o uso misto como a proximidade relativa de diferentes usos do solo, dentro de uma determinada área. Ou seja, representa uma medida de acessibilidade com base na distância (GEHRKE; CLIFTON, 2015).

Lee e Moudon (2006) agrupam as variáveis do ambiente construído relacionadas à caminhada em: Destinos, Distância, Densidade e Rotas, o chamado 3Ds+R. Para as autoras, a Distância aos Destinos pode servir efetivamente como medida simplificada para capturar o conceito de uso misto do solo para a caminhabilidade (LEE; MOUDON, 2006), o que demonstra convergências com a perspectiva de Handy et al. (2002).

Para Song, Merlin e Rodríguez (2013), o uso misto do solo significa

que usos ou atividades próximas se influenciariam entre si dentro de uma faixa espacial limitada. Deste modo, as medidas de uso misto refletem – implícita ou explicitamente – como a quantidade e a proximidade de um tipo de uso do solo influencia a utilização de outro uso (SONG; MERLIN; RODRIGUEZ, 2013).

Assim, além da riqueza e proporcionalidade, alguns autores também consideram a proximidade em suas definições de uso misto do solo. No entanto, quando abordada a distribuição espacial dos usos, levanta-se o questionamento sobre como a proximidade entre eles pode gerar interações – positivas ou negativas, e se essas interações atraem ou repelem o movimento de pedestres. Ou seja, talvez não seja só riqueza, equilíbrio e proximidade, mas quais usos são combinados na mistura.

### 2.1.3 Integração

Definições ainda mais específicas consideram que o uso misto do solo mede o grau de heterogeneidade em que usos funcionalmente diferentes estão co-localizados no espaço (LESLIE et al., 2007). Essa definição torna-se rica por abordar a dimensão espacial e funcional do fenômeno. Nota-se, ainda, que o “grau de heterogeneidade” é um termo reproduzido em várias pesquisas sobre uso misto do solo e está fortemente vinculado com o conceito de diversidade. De acordo com o dicionário online Michaelis<sup>4</sup>, *diversidade* significa: 1. qualidade daquilo que é diverso, diferente, variado; variedade, dessemelhança; 2. conjunto variado; multiplicidade.

Enquanto os estudos previamente apresentados focavam em medir a heterogeneidade e a variedade dos usos (ou seja, as *diferenças*), há uma vertente de pesquisadores que propõem outra perspectiva, com base na compatibilidade dos usos – as *semelhanças*.

Apesar de não estudarem especificamente a caminhada, Hess, Moudon e Logsdon (2001) defendem que o conceito de complementaridade é teoricamente mais apropriado para as pesquisas sobre transporte. Com isso, os autores propõem que, além dos tipos de uso, as medidas de uso misto do solo nas pesquisas de transporte devem expressar também a complementaridade espacial e funcional dos usos.

*A complementaridade espacial* garante que os usos funcionalmente

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=diversidade>>. Acessado em 05 de agosto de 2020.

complementares estejam numa proximidade adequada para o modo de viagem em consideração (HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001). Esta, por sua vez, deve considerar questões de escala para evitar distorções de leitura, e por isso apresenta duas dimensões: uma é a extensão de área onde os usos do solo são mistos, e a outra é granularidade em que usos complementares ocorrem. A sinergia é criada quando usos complementares estão próximos (KRIZEK, 2003a).

Já a *complementaridade funcional* captura a presença de origens e destinos suscetíveis de serem conectados por viagens (HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001). Para os autores, a mistura de usos não complementares, como industrial e agrícola, não terá relação com prováveis destinos ou origens das viagens. Além disso, diferentes tipos de mistura de usos podem afetar o comportamento de viagem de jeitos diferentes. Por exemplo, viagens entre os usos residencial e de escritório teriam frequência e duração diferentes das viagens entre os usos residencial e comercial.

Neste sentido, Grant (2002) defende a existência de outros dois níveis conceituais do uso misto do solo, além da diversidade: a intensidade e a integração. Sobre o primeiro nível, o autor acredita que ao aumentar a intensidade de uma determinada categoria de uso do solo, aumenta-se o leque de opções de destinos disponíveis. Para Rodríguez et al. (2009), não apenas a proximidade de usos específicos, como comercial, mas também a intensidade relativa entre os usos em uma vizinhança pode ajudar a explicar os níveis de atividade física.

Por outro lado, Grant (2002) apresenta a integração como a aproximação de usos segregados, levando em consideração a compatibilidade entre eles – usos compatíveis não criam conflitos e podem gerar sinergias entre si. “Embora a integração de alguns usos segregados possa ser desejável e possível, o termo ‘compatível’ reconhece que nem todos os usos se misturam bem” (GRANT, 2002, p. 73).

Esta dimensão é considerada também por Saelens, Sallis e Frank (2003), que definem o uso misto como o nível de *integração* de diferentes tipos de uso do solo em uma determinada área, incluindo residencial, escritório, comercial, e espaço público. Ao comparar alguns estudos, Gehrke e Clifton (2015) consideram que esta definição reflete de forma mais apurada a “mistura” por sugerir que a métrica de uso misto deve quantificar a complementaridade funcional de diversos tipos de usos.

Em outra publicação, Gehrke e Clifton (2016) apresentam um rico

embasamento teórico para o desenvolvimento de uma medida espaço-temporal de uso misto do solo. Para os autores, três elementos são indispensáveis para a leitura do uso misto: interação entre os usos (quantificação das atividades complementares representadas pelos tipos de uso do solo), escala geográfica (um limite espacial selecionado para operacionalizar a interação entre os usos), e disponibilidade temporal (oportunidade de acessar os tipos de uso em diferentes períodos).

A dimensão temporal da mistura de atividades e usos do solo é também abordada por Rowley (1996). No entanto, mesmo parecendo óbvia a importância de considerar o horário de funcionamento dos estabelecimentos para que as pessoas caminhem até eles, Gehrke e Clifton (2016) chamam a atenção para a ausência dessa variável nas medidas tradicionais de uso misto do solo. Segundo os autores, isso evidencia “uma clara omissão conceitual e metodológica” das medidas até então aplicadas. Ainda que não seja proposta uma medida alternativa, a grande contribuição do trabalho de Gehrke e Clifton (2016) é a inclusão da disponibilidade temporal na análise da diversidade de usos.

Ainda sobre a sinergia dos usos, Joost van den Hoek (2009) entende uso misto como a combinação de três usos elementares: moradia, trabalho e lazer, e defende que todas as funções urbanas podem estar relacionadas a uma dessas categorias. A proposta do autor é agrupar os usos em três funções principais, e a mistura seria a combinação dessas macrocategorias no bairro. Assim, para o autor, um índice básico de uso misto pode ser definido pelo equilíbrio funcional entre o número de moradias, de trabalho e de lazer na escala do bairro.

Com o objetivo de avançar nessa discussão, Dovey e Pafka (2017) desenvolveram uma estratégia de leitura, avaliação e mapeamento do uso do solo com base no conceito de *assemblage thinking* que, na área dos estudos urbanos, envolve o entendimento da cidade como um conjunto dinâmico de relações, e não apenas grupos de componentes isolados. A ideia de interrelação entre os usos tem como base conceitual o trabalho de Jacobs (2011), cujo argumento focou nas maneiras em que diferentes atividades co-funcionam para formar sinergias. Os autores argumentam que a “mistura” é inerentemente múltipla e que as cidades funcionam como uma “mistura de misturas”. É um meio de gerar associações e sinergias entre funções: entre casa, trabalho e lazer; entre produção, troca e consumo (DOVEY; PAFKA, 2020).

Outro ponto que merece destaque nessa perspectiva é o uso do termo

“mix funcional” ao invés de “uso misto do solo” porque, segundo Dovey e Pafka (2017), o termo uso do solo incorpora a noção de que cada parcela do solo tem um uso singular, quando normalmente um lote pode ter múltiplas funções, e isso privilegiaria a macro sobre a microescala. “O termo mix funcional engloba essa mistura intracadastral, seja vertical ou horizontal, e é, portanto, mais acessível a uma análise multi-escalar” (DOVEY; PAFKA, 2017, p. 250).

Mais recentemente, Zhuo et al. (2019) realizam uma revisão das principais definições de uso misto do solo, e a partir disso elencam os componentes que devem ser considerados: diferentes tipos de usos/atividades; uma delimitação espacial; interação e integração dos usos/atividades; e um certo propósito de sustentabilidade. Assim, os autores propõem sua própria definição: “um tipo de padrão de uso do solo que combina diferentes tipos de uso, que podem ser funcionalmente integrados, e fornece uma tendência de desenvolvimento sustentável” (ZHUO et al., 2019, p. 50).

Normalmente, a interação de diferentes usos é refletida como um fator externo nas políticas de planejamento urbano (ZHUO et al., 2019), ou seja, é vista como um efeito – positivo ou negativo – da mistura de usos, e não uma característica intrínseca do fenômeno. Em contrapartida, os autores inserem a interação (*attributes*) como a terceira dimensão do uso misto do solo, além da distância e quantidade. É basicamente a ideia de que usos não compatíveis podem gerar conflitos (GRANT, 2002), em que um uso específico pode “repelir” a existência de outro em suas proximidades, da mesma forma que um uso principal tem o potencial de atrair outros usos secundários e gerar mais vitalidade urbana (JACOBS, 2011).

\*\*\*\*\*

Portanto, além das características de diversidade (riqueza e proporcionalidade), a complementariedade espacial (proximidade) e funcional (integração) entre usos são dimensões a serem consideradas no estudo do uso misto do solo como potencial incentivador do deslocamento a pé. A partir disso, questiona-se: quais usos serão combinados na mistura, e em que proporção?

As bases teóricas devem preceder a escolha do método de mensuração, que deve refletir uma construção clara do atributo a ser quantificado. Diferenças sutis nas definições de uso misto do solo resultam em métricas

conceitualmente diferentes (MAVOA et al., 2018). Por isso, o próximo tópico tentará discorrer sobre a relação entre as divergentes definições de uso misto e as medidas desenvolvidas para a leitura e operacionalização deste fenômeno.

## 2.2 CONSIDERAÇÕES OPERACIONAIS

No centro de qualquer avaliação do ambiente construído há a escolha do método de mensuração, onde a medida selecionada deve refletir uma construção clara do atributo a ser representado e quantificado (GEHRKE; CLIFTON, 2016). No entanto, assim como ocorre nos debates gerais sobre o ambiente construído e comportamento de caminhada, um entendimento sobre o potencial impacto da mistura de usos do solo nas viagens a pé está frequentemente atribuído a limitações de dados e variações metodológicas (GEHRKE; CLIFTON, 2015).

Ainda há discussões sobre como a forma de leitura da diversidade de usos afeta a avaliação da caminhabilidade. Inconsistências nos métodos de mensuração impedem a existência de evidências conclusivas e dificultam a conexão entre teoria e prática.

Por isso, estudos nesta área continuam a se expandir quanti- e qualitativamente, e pesquisas mais recentes têm se dedicado especificamente ao desenvolvimento mais apurado dos aspectos metodológicos do uso misto do solo (CHRISTIAN et al., 2011; BORDOLOI et al., 2013; MANAUGH; KREIDER, 2013; SONG; MERLIN; RODRIGUEZ, 2013; GEHRKE; CLIFTON, 2015; KING et al., 2015; GEHRKE; CLIFTON, 2016; DOVEY; PAFKA, 2017; LU et al., 2018; MAVOA et al., 2018; IM; CHOI, 2019; SUGIYAMA et al., 2019; ZHUO et al., 2019).

Seguindo a lógica do tópico anterior, as características do uso misto do solo que devem – direta ou indiretamente – ser representadas nos métodos de quantificação são: riqueza, proporcionalidade, proximidade e integração. No entanto, percebe-se que considerar todas as dimensões em uma mesma medida é um grande desafio. Nas palavras de Zhuo et al. (2019), as maiorias delas considera apenas um lado da moeda, e o que acontece na prática é a necessidade de priorizar um aspecto em detrimento de outro. Das diversas abordagens para a quantificação da diversidade de usos, serão apresentadas as mais tradicionalmente aplicadas, e aquelas que se relacionam com os conceitos discutidos no tópico anterior.

### 2.2.1 Medidas Tradicionais

Ao investigar o uso misto do solo como uma das premissas básicas da acessibilidade de um bairro, Krizek (2003) identifica na literatura três tipos de estratégias de operacionalização da mistura de usos: por verificação, por dados de empregos e por entropia. A primeira estratégia representa um indicador binário da presença ou ausência de usos não-residenciais em um bairro. É usado, por exemplo, por Cervero (1996) ao incluir no questionário da pesquisa dados sobre a presença de atividades não-residenciais nas proximidades da moradia do respondente. Alguns estudos utilizam dados de empregos do setor comercial e/ou de serviços para identificar a presença de estabelecimentos atrativos (BOARNET; CRANE, 2001), fato gerador do movimento de pessoas. A terceira estratégia corresponde às abordagens computacionais de operacionalização do uso do solo, como entropia e índice de dissimilaridade.

Em relação às abordagens computacionais, pesquisadores tendem a classificar e agrupar medidas com parâmetros semelhantes. A pesquisa de Song, Merlin e Rodriguez (2013) é relevante neste sentido, uma vez que revisou e comparou nove medidas de uso misto do solo para compreender suas diferenças e identificar seus potenciais e limitações. Para a seleção das medidas, os autores se restringiram àquelas que refletiam tanto o conceito de distância como de quantidade na sua elaboração, e que fossem aplicáveis ao contexto de pesquisas urbanas na escala local (e não regional).

Assim, Song, Merlin e Rodriguez (2013) classificam as medidas em *integrals*, se são calculadas com base na distribuição de usos do solo numa área como um todo, e *divisionais*, se fazem uso de subdivisões/distritos para examinar as distribuições do uso do solo em uma escala mais detalhada. Na prática, as medidas integrais são aplicadas em áreas menores, como bairros, enquanto as medidas divisionais são mais frequentemente aplicadas em cidades ou regiões metropolitanas (SONG; MERLIN; RODRIGUEZ, 2013).

De acordo com os autores, as medidas integrais tendem a refletir o equilíbrio (*balance*) de usos do solo, ou como vários usos estão presentes em igual proporção na área como um todo. São elas: Porcentagem/Proporção, Índice de Equilíbrio, Índice de Entropia e Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI). Já as medidas divisionais tendem a refletir a uniformidade (*eveness*), ou como um distrito se

assemelha com outro, a homogeneidade entre as subdivisões da área. São elas: Índice de Atkinson, Índice de Agrupamento, Índice de Dissimilaridade, Índice de Exposição, e Índice de Gini.

Com base nos resultados encontrados, o estudo oferece uma série de recomendações práticas sobre cada medida analisada, e aponta a métrica de uso misto mais indicada para diferentes situações. O Índice de Gini, por exemplo, foi descrito como “computacionalmente oneroso” e muito similar ao índice de Dissimilaridade (ambas medidas divisionais), então os autores não recomendam sua aplicação para medir a mistura de usos. Em contrapartida, a pesquisa encontrou evidências de que o Índice de Exposição é mais útil quando as áreas de análise (distritos) têm tamanhos significativamente diferentes, como acontece nas divisões por setores censitários.

Ainda, Song, Merlin e Rodriguez (2013) agruparam os índices de Equilíbrio, Entropia e HHI, o que significa que, além de serem medidas integrais, apresentaram um resultado semelhante na simulação dos dados. De acordo com os autores, o Índice de Equilíbrio se baseia na existência de uma referência geográfica apropriada, que tenha uma mistura de usos. Mas na ausência desta informação, recomenda-se o uso do Índice de Entropia.

Para esclarecer a necessidade de aprimoramento das medidas computacionais de diversidade de usos, será detalhada no tópico seguinte a medida mais conhecida e aplicada nos estudos de caminhabilidade para representar o uso misto do solo: a entropia.

#### 2.2.1.1 Entropia

O Índice de Entropia tem como base a fórmula originalmente desenvolvida por Shannon e Weaver, em 1949, utilizada na termodinâmica para medir a desordem das moléculas de um sistema (CERVERO; KOCKELMAN, 1997). Medidas de entropia foram introduzidas pela primeira vez na análise geográfica durante um período em que o conceito de sistemas humanos em equilíbrio estava em ascensão (BATTY, 2010).

A entropia foi introduzida nos estudos urbanos por Cervero, em 1989, como índice para medir a diversidade de usos nos subúrbios americanos (IM; CHOI, 2019). Na área da saúde, Frank e Pivo (1994) analisaram os impactos do uso misto e

da densidade na utilização de três meios de transporte: veicular individual, veicular coletivo e caminhada. Para isso, os autores calcularam o uso misto do solo com base na fórmula de entropia usando GIS, e encontraram uma relação positiva entre entropia e o comportamento de caminhada.

Posteriormente, em um segundo estudo, Cervero e Kockelman (1997) introduzem o conceito de 3Ds, em que os principais atributos do ambiente construído associados com a caminhada são agrupados em: Densidade, Diversidade e Design. Nesse estudo, os autores propõem a normalização da fórmula de Entropia, que foi amplamente difundida nos estudos seguintes:

$$\text{Entropia} = - \sum_{i=1}^N \frac{P_i \times \ln(P_i)}{\ln N}$$

Onde:

$i$  = categorias de uso do solo;

$P_i$  = proporção da categoria de uso  $i$  do solo em relação ao total; e

$N$  = total de categorias de uso do solo considerados na área de estudo.

A medida leva em consideração o número de categorias de uso e a porcentagem relativa de dois ou mais usos do solo em uma área. Os valores de entropia variam de 0 a 1, em que o valor 1 corresponde a um ambiente totalmente heterogêneo, e só pode ser alcançado com um perfeito balanço dos usos, ou seja, todos eles com igual proporção. É considerada, portanto, uma medida integral (SONG; MERLIN; RODRIGUEZ, 2013) de equilíbrio (GEHRKE; CLIFTON, 2015), uma vez que considera a proporcionalidade dos usos na área como um todo.

A entropia continua sendo o método mais comum para capturar a mistura do uso do solo nas pesquisas do ambiente construído e da saúde, devido à sua praticidade e reprodutibilidade (IM; CHOI, 2019). Por exemplo, Frank et al. (2010) usam a entropia no índice de caminhabilidade para indicar o grau de equilíbrio da mistura de uso do solo na área de estudo. Song, Merlin e Rodriguez (2013) encontraram que a medida de uso misto do solo pela entropia é a forma mais eficiente de representar contextos com três ou mais usos. Para Hajna et al. (2014), se calculado corretamente, o índice de entropia é uma ferramenta valiosa para avaliar as misturas relativas do uso do solo nos bairros vizinhos.

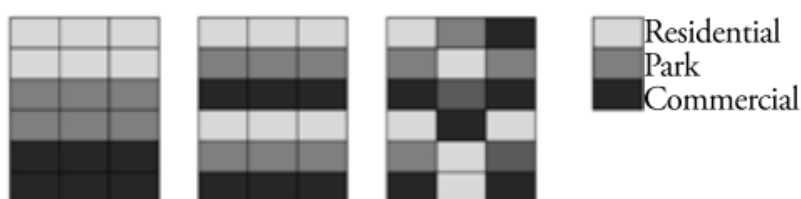
Apesar de ser considerado um índice razoável de diversidade (JOST, 2006), várias pesquisas apresentaram evidências sobre as limitações do cálculo de

entropia como medida de uso misto do solo (BROWN et al., 2009; DUNCAN et al., 2010; HAJNA et al., 2014; HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001; KRIZEK, 2003a; MAVOA et al., 2018).

Primeiro, a entropia avalia a proporção relativa de diferentes usos do solo, ao invés de distinguir entre os tipos de uso (MAVOA et al., 2018), também descrito como o problema da potencial camuflagem de diferenças qualitativas na caminhabilidade (BROWN et al., 2009). Mesmo que uma área apresente uma distribuição igualitária dos usos, é importante considerar o tipo de uso e como ele afeta o comportamento de caminhada. Por exemplo, um bairro 10% residencial e 90% comercial teria o mesmo valor de entropia se as proporções fossem invertidas, mas os efeitos urbanos são fundamentalmente diferentes (HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001; KRIZEK, 2003a).

A entropia também desconsidera a importância relativa de diferentes usos, a interação entre eles, ou as configurações espaciais desses usos (HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001; MANAUGH; KREIDER, 2013). Em outras palavras, a entropia mede a presença ou ausência de usos do solo, e não o tipo ou a intensidade da mistura (KRIZEK, 2003a). A Figura 4 ilustra essas limitações, em que os três cenários teriam valores idênticos de entropia, devido à mesma proporção de usos, mas a mistura dos usos é diferente.

**Figura 4.** Esquema de limitação do cálculo por entropia.



Fonte: Brown et al. (2009)

Ou seja, misturas qualitativamente diferentes de usos, com influências diferentes para a caminhabilidade, podem ter os mesmos valores de entropia. Consequentemente, a interação entre os usos mudaria e as demandas de transporte para se acessar esses usos também seria diferente. Por isso, a entropia pode não avaliar adequadamente a “mistura” de usos (BROWN et al., 2009).

Brown et al. (2009) ainda descrevem outras limitações da medida de entropia, que incluem: o “problema da ausência de uso do solo”, segundo o qual usos do solo não presentes em uma área acabam não penalizando o resultado, quando a

aplicação da fórmula considera apenas aqueles presentes, o que pode resultar na avaliação incorreta da realidade; e que uma medida de entropia pode não avaliar adequadamente a mistura de usos do solo se apenas um pequeno número de usos for incluído.

Nesse sentido, Jost (2006) alerta para o fato de que a entropia apresenta problemas quando comparamos áreas com distintas quantidades de usos. De acordo com Saboya et al. (2021), isso acontece porque a fórmula não é uma função linear, o que não permite dizer que uma área com diversidade igual a 4,0 é duas vezes mais diversa que uma com diversidade igual a 2,0. Essa seria uma característica importante e desejável de um índice de diversidade para que sua interpretação fizesse sentido no contexto dos estudos urbanos, bem como para análises estatísticas que exijam essa linearidade de escala (SABOYA et al., 2021).

Mais especificamente, Hajna et al. (2014) alertam sobre um problema na especificação da fórmula de entropia quando  $N$  é definido como o número de usos do solo que existem dentro de cada *buffer* de bairro, ou seja, é um número variável para cada bairro. Isso resulta na superestimação do uso misto do solo em alguns bairros e prejudica comparações significativas entre os usos mistos do estudo (HAJNA et al., 2014). Por isso, os autores sugerem que, para minimizar vieses de cálculo na avaliação da caminhabilidade, deve-se usar uma definição constante do número de categorias de uso do solo ( $N$ ) no denominador da fórmula de entropia, igual ao número total de usos do solo sendo considerados para o sistema como um todo.

Ainda, os pesquisadores podem selecionar usos específicos para calcular a entropia, excluindo aqueles considerados pouco relevantes (DUNCAN et al., 2010), que não existem no local de estudo ou que não são considerados como incentivadores da caminhada, como o uso industrial (DOVEY; PAFKA, 2017). No entanto, bairros altamente mistos geralmente surgem dentro das regiões industriais do centro da cidade, onde a indústria de pequena escala continua sendo um ingrediente importante da mistura (DOVEY; PAFKA, 2017).

Além disso, um resultado de entropia que varia de 0 a 1 é difícil de ser interpretado e aplicado por planejadores urbanos para a criação de bairros mais caminháveis, especialmente quando inserido como variável de índices de caminhabilidade, como o proposto por Frank et al. (2010). Nesse sentido, Mavoa et al. (2018) reforçam que “a variável uso do solo [no índice de caminhabilidade] é complexa, não é facilmente compreendida pelos formuladores de políticas e não

fornece informações sobre quais tipos de uso do solo incentivariam mais caminhadas” (2018, p. 682). Além das limitações teóricas e da dificuldade de interpretação e comunicação dos resultados, evidências encontradas em alguns estudos (BADLAND; SCHOFIELD; GARRETT, 2008; RODRÍGUEZ et al., 2009) sugerem cautela no uso da entropia como medida espacial.

Portanto, enquanto a entropia quantifica o equilíbrio de categorias do uso do solo dentro de uma área, ela não é um bom indicador da complementaridade funcional ou espacial (KRIZEK, 2003a). Para tentar capturar a complementaridade espacial, foi desenvolvido o índice de dissimilaridade (CERVERO; KOCKELMAN, 1997) que tem basicamente as mesmas propriedades da entropia, mas divide a área de análise em células. Assim, cada célula tem seu índice calculado em relação às adjacentes, e não de forma isolada, como a entropia. Apesar de trazer uma abordagem relevante, as limitações relacionadas às especificações qualitativas dos usos e a captura da integração entre eles permanecem na aplicação do índice de dissimilaridade.

Por fim, Jost (2006) chama a atenção para o fato de que as entropias, como os índices de Shannon-Wiener e Gini-Simpson, são índices razoáveis de diversidade, mas isso não é motivo para afirmar que entropia é diversidade. A confusão entre entropia e diversidade alimenta grande parte do debate sobre medidas de diversidade, obscurece padrões em estudos de campo e dificulta o progresso teórico (JOST, 2006).

### 2.2.2 Propostas Alternativas

Paralelamente ao grande escopo de pesquisas que aplicam medidas de diversidade com base na entropia e demonstram suas limitações, há uma vertente de estudos que se dispõem a desenvolver novos métodos ou aprimorar os existentes. Enquanto o índice de entropia abrange as dimensões de riqueza e, principalmente, equilíbrio, pesquisadores propõem medidas que considerem também a integração entre os usos e a intensidade deles.

Joost van den Hoek (2008) desenvolveu o *Mixed-Use Index* (MXI) como uma ferramenta para análise e Planejamento Urbano, integrando assim a teoria com as aplicações práticas. Esse método busca identificar contextos que apresentam um balanço binário entre usos residenciais e não-residenciais. Os valores variam de

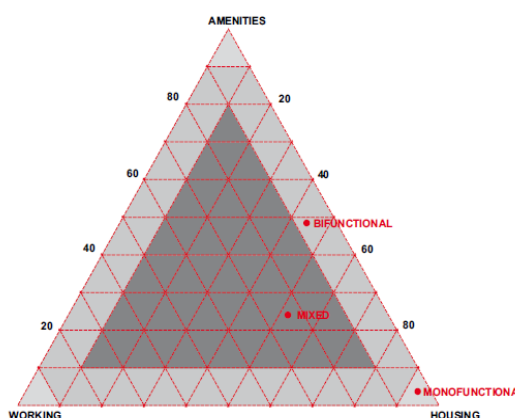
0 a 100, sendo  $mxi = 100$  em cenários exclusivamente residenciais e  $mxi = 0$  em casos sem nenhum uso residencial. O uso misto seria representado pelo  $mxi = 50$ , um balanço total entre usos residenciais e não-residenciais.

No entanto, além de não diferenciar as categorias de usos não-residenciais, há questionamentos sobre a relevância de se considerar “misto” um uso do solo 50% residencial. Entre os cinco princípios para o planejamento de bairros sustentáveis, a ONU-Habitat sugere 40% da área térrea destinada a usos não residenciais (UN-HABITAT, 2015). Dados recentes de uso do solo indicam que, atualmente, cidades brasileiras apresentam uma proporção maior de usos residenciais na cidade como um todo (MOTOMURA, 2017; OLAK, 2019).

No ano seguinte, Hoek (2009) publica um estudo sobre a mesma ferramenta MXI, mas formulada como a proporção das três categorias elementares do uso do solo: moradia, trabalho e lazer. Para a quantificação do uso misto, este método segue a lógica do *Floor Space Index*, que corresponde à taxa de ocupação dividida pelo tamanho do lote (HOEK, 2009). O resultado do MXI é a relação entre as porcentagens de cada uma das categorias:  $mxi = ( \%moradias / \%trabalho / \%lazer )$ , sendo a soma obrigatoriamente igual a 100.

Por exemplo, o centro histórico de Amsterdam atingiria um  $mxi = 29/20/51$ , com predominância de atividades de lazer, enquanto a região de canais apresentaria um  $mxi = 50/29/21$ , representando uma área mais residencial. Ao testar o método na cidade de Amsterdam, o autor também cria um diagrama para posicionar as parcelas da área de estudo com base na proporção tripartida dos usos elementares (Figura 5), uma maneira inovadora de interpretar a sinergia entre os usos.

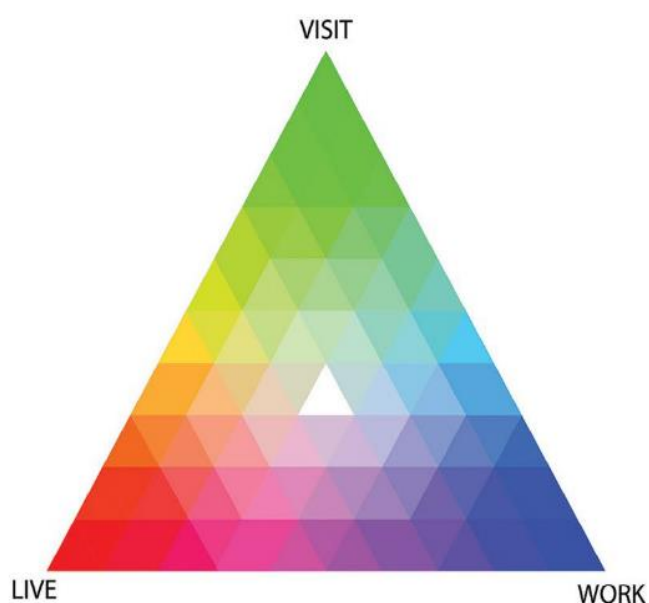
**Figura 5.** Diagrama ternário: monofuncional, bifuncional, misto.



Fonte: HOEK, 2009.

Com base no diagrama de Hoek (2009), Dovey e Pafka (2017) apresentam o mix funcional, uma estratégia que classifica os usos em três macrocategorias de funções principais: viver, trabalhar e visitar, organizadas em um triângulo cromático para capturar os diferentes níveis de mistura e medir a interrelação entre elas (Figura 6). O mapeamento por meio do triângulo viver/trabalhar/visitar oferece uma base empírica para uma melhor compreensão da mistura, já que permite expor diferentes tipos e níveis de mistura de uma forma não-linear (DOVEY; PAFKA, 2017). Assim, essa estratégia foca na *mistura*, e não nos usos em si. Ao invés de continuar separando as práticas e atividades urbanas em categorias, como funções autônomas, os autores as agregam em três grupos e visualizam o espectro de misturas entre elas.

**Figura 6.** Triângulo viver, trabalhar/estudar, morar.



Fonte: DOVEY; PAFKA (2017)

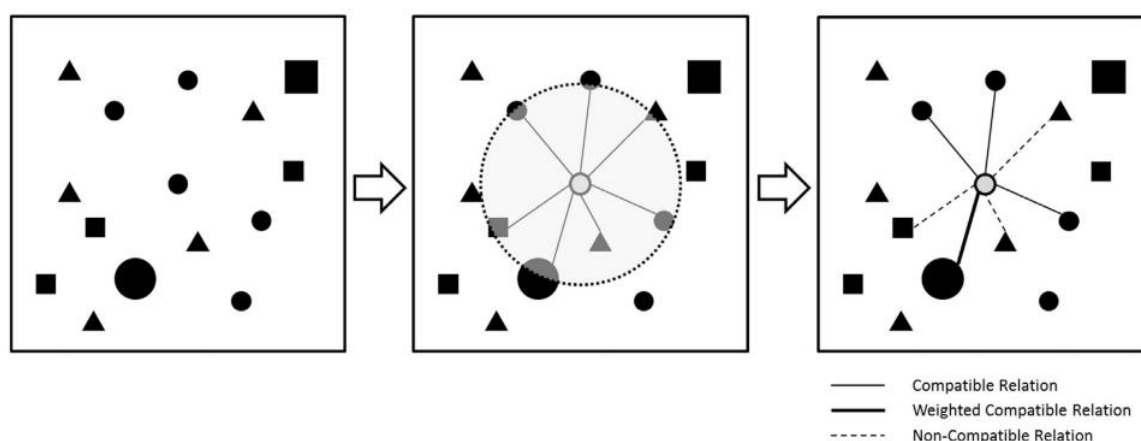
Essa proposta é notável por permitir a visualização do tecido urbano e a consideração de diferentes combinações de usos: por exemplo, 50% de usos residenciais + 50% de usos de trabalho (magenta) teriam uma representação gráfica diferente de 50% de usos trabalho + 50% de usos de visitação (ciano). Como já discutido, esse aspecto é negligenciado pela medida de entropia, que teria o mesmo resultado para ambos os casos. Além disso, este método também traz reflexões por trabalhar com outra escala geográfica: enquanto o cálculo por entropia limita-se à subdivisão da cidade em áreas geográficas, como os setores censitários, o

*assemblage thinking* analisa a cidade como um todo.

Para isso, a proposta de Dovey e Pafka (2017) baseia-se em um mecanismo semelhante ao da interpretação de imagens de satélite por meio da falsacolor; se, por um lado, isso traz possibilidades que as medidas tradicionais não trazem, por outro impõe a necessidade de um treinamento para a correta interpretação dos mapas gerados e renuncia a uma medida numérica que sintetize o nível de diversidade e permita análises quantitativas (FONTOURA; KANASHIRO; SABOYA, 2021). Além disso, Fontoura, Kanashiro e Saboya (2021) alertam que essa estratégia demonstra a multiplicidade e complexidade da mistura ao invés de medir as relações de causa e efeito com o deslocamento ativo. Tais questões incorporam outras dimensões: diferença entre usos e atividades, assim como o mapeamento como estratégia de mensuração de interrelação.

Mais recentemente, Zhuo et al. (2019) propõem o *compatibility mix degree index* (CMDI), uma métrica de uso misto do solo que leva em consideração o grau de compatibilidade da mistura. Diferente das outras medidas, esse método tenta incluir o conceito de integração entre diferentes usos por meio do uso de dados vetorizados. Assim, permite a criação de *buffers* para cada parcela com seu alcance de influência, e com isso, possibilita quantificar a relação de compatibilidade entre a parcela analisada e as adjacentes com base em uma tabela que pré-estabelece valores para a relação entre cada tipo de uso (ZHUO et al., 2019). No quadro conceitual criado pelos autores (Figura 7), é ilustrada como uma parcela pode ter diferentes tipos de relações com as adjacentes: compatível, compatível ponderada ou não-compatível.

**Figura 7.** Quadro conceitual do CMDI.



Fonte: ZHUO et al., 2019.

Há ainda pesquisas que direcionam para medidas mais simplificadas de uso misto do solo, já que as métricas com base na entropia requerem, muitas vezes, dados muito refinados e específicos, difíceis de conseguir. Estudos encontraram evidências de que medidas de uso misto do solo mais simplificadas são mais fortemente relacionadas com o comportamento de caminhada em relação às medidas mais sofisticadas, como o índice de entropia (FORSYTH et al., 2008; GRASSER et al., 2017; LEE; MOUDON, 2006; MAVOA et al., 2018).

Grasser et al. (2017) testaram a validade das medidas de caminhabilidade, já previamente estabelecidas nos EUA e Austrália, no contexto europeu (Áustria). Para a medida do uso misto do solo, o estudo aplicou o tradicional índice de entropia, e, partindo do pressuposto de que essa medida poderia não representar corretamente o contexto europeu, foi adicionada uma proposta alternativa, a *proporção de mistura de usos do solo*. Essa medida é composta pela soma da área de duas categorias de uso (1. predominantemente residencial e 2. uso misto) dentro do bairro, dividida pela área total do bairro. A pesquisa demonstrou que a *proporção de mistura de usos* foi positivamente associada com a caminhada para transporte, mas a entropia não, evidenciando a divergência com as pesquisas americanas e australianas.

Há também uma vertente de medidas com base nos destinos, que prometem simplificar a quantificação da mistura de uso do solo e consideram que os usos não são todos iguais, buscando solucionar essa limitação. Nessa abordagem, a mistura é concebida como um conjunto de destinos acessíveis mas com diferentes níveis de atração (DOVEY; PAFKA, 2017).

Lee e Moudon (2006) desenvolveram um índice de acessibilidade de destinos, em que possíveis destinos são diagramados de acordo com as distâncias capazes de atrair pedestres. Assim, as autoras demonstraram que medidas de distância a destinos diários são alternativas simples e eficientes para as métricas complexas de uso misto, e são mais fáceis de traduzir em políticas e intervenções (LEE; MOUDON, 2006).

Seguindo esta lógica, ao pesquisar a associação entre uso misto do solo e índices de massa corporal, o estudo de Brown et al. (2009) demonstrou que a presença de usos do solo “caminháveis” era mais importante para a caminhabilidade do bairro do que o equilíbrio entre os usos, representado no cálculo da entropia. Do ponto de vista do pedestre, ter algum lugar para caminhar é mais diretamente

relacionado com a decisão de caminhar para transporte do que uma medida abstrata de equilíbrio dos usos do solo (MAVOA et al., 2018).

Assim, Mavoia et al. (2018) desenvolveram duas medidas exploratórias de intensidade de uso misto: *daily living* e *local living*. As medidas são conceituadas como uma contagem dos diferentes tipos de destinos do bairro, pelos quais uma pessoa pode caminhar diariamente (*daily living*) ou frequentar regularmente (*local living*). A medida é expressa pela presença (valor 1) ou ausência (valor 0) de cada um desses destinos, em que a pontuação do bairro é a soma desses valores, variando de 0 ao número de tipos de destinos. Assim, de acordo com a classificação de Krizek (2003), essa é uma estratégia com base na verificação – indicador binário da existência ou não de destinos caminháveis pré-definidos.

Se, por um lado, o *local living* é uma contagem de destinos e, assim como a entropia, não diferencia o tipo de categoria, por outro, são selecionadas apenas os destinos relevantes para o deslocamento a pé. Ainda assim, em comparação com a entropia, o *local living* é computacionalmente mais simples de calcular, é mais fácil de interpretar e traduzir em políticas, e menos suscetível a resultados equivocados (MAVOA et al., 2018). Ao abordar a frequência de deslocamento aos destinos, insere-se nessa abordagem uma outra discussão sobre diversidade de usos: diferentes usos, diferentes localizações e diferentes propósitos de destinos.

Por fim, considerando a importância de especificar os tipos de uso do solo e a integração entre eles para entender a relação com o deslocamento a pé, questiona-se: quais usos são combinados e o que será considerado para ler essa combinação? Na leitura do uso misto do solo nos estudos da caminhabilidade, como os usos têm sido agrupados e classificados? Assim, é inserida a discussão de categorias de uso do solo.

### 2.2.3 Categorias de Uso do Solo

Além da métrica usada para quantificar o uso misto do solo, outro componente que varia entre as pesquisas é a categorização dos usos, que diverge em critérios de classificação e número de categorias. Ou seja, o uso do solo pode ser classificado em várias categorias e subcategorias de acordo com diferentes parâmetros. A pesquisa de Lee e Moudon (2006), por exemplo, encontrou a aplicação

de mais de 100 diferentes categorias de uso do solo na revisão de literatura. Considerando que esta pesquisa tem como um dos objetivos específicos identificar os critérios de categorização do uso misto do solo, serão discutidas nesta seção as diferentes estratégias aplicadas nos estudos de caminhabilidade.

Problemas vinculados ao número de categorias do uso do solo são explicados com detalhes nas discussões sobre o uso da entropia, como já apresentado nos tópicos anteriores deste trabalho (BROWN et al., 2009; CHRISTIAN et al., 2011; HAJNA et al., 2014; HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001). Além disso, pesquisas da área de Saúde e Planejamento Urbano encontraram indícios de problemas vinculados a outros fatores, como a combinação dos usos, a sobreposição de categorias, e a generalização excessiva das classificações.

Primeiro, é importante citar que foram encontradas diferenças nos resultados de pesquisas com a utilização de categorizações distintas (CHRISTIAN et al., 2011; GEHRKE; CLIFTON, 2015; WINTERS et al., 2010). Ao explorar o impacto das variações na categorização dos usos do solo no cálculo da diversidade pelo índice de entropia, Christian et al. (2011) encontraram evidências de que diferentes combinações de usos afetam a força da relação com os diferentes tipos (e quantidade) de caminhada. Por exemplo, classificações de uso do solo que incluem “espaço público” não são relevantes para o estudo da caminhada para transporte, ou seja, essa categoria não deve ser considerada se o foco da pesquisa for o deslocamento a pé. Portanto, o objetivo para o qual se pretende medir o uso misto do solo tem que estar claramente refletido na categorização de usos adotada.

A variação nas categorias de uso do solo também foi abordada na pesquisa de Gehrke e Clifton (2015), em que foram aplicados sete diferentes métodos de mensuração do uso misto do solo, com diferentes números de categorias. O banco de dados disponível classificava os usos em: agricultura, comercial, floresta, industrial, público, rural, residencial multifamiliar e residencial unifamiliar. Para a aplicação dos métodos, os usos foram agregados em três tipologias: com quatro, três e duas categorias de usos, combinando os usos com funções semelhantes. Por exemplo, na tipologia com três categorias, os usos foram agrupados da seguinte forma:

- Tipo 1: agricultura, residencial multifamiliar, residencial unifamiliar
- Tipo 2: comercial e industrial
- Tipo 3: floresta, público e rural

Assim, Gehrke e Clifton (2015) verificaram qual medida de

diversidade de usos que melhor estima a escolha do meio de transporte, explorando a categorização e a escala geográfica mais apropriada para cada caso. Os resultados da pesquisa demonstram que, na classificação binária (agregação em residencial ou não-residencial), a operacionalização do índice Smith-Wilson no setor censitário produziu a maior melhoria para o modelo. Já na tipologia com três categorias de uso do solo, a medida de Hill no *buffer* de rede de 2 milhas (ou 3,2 km) obteve melhores resultados. Por fim, quando agregados em quatro categorias, a operacionalização do índice de Smith-Wilson no *buffer* de rede de 2 milhas apresentou resultados mais significativos.

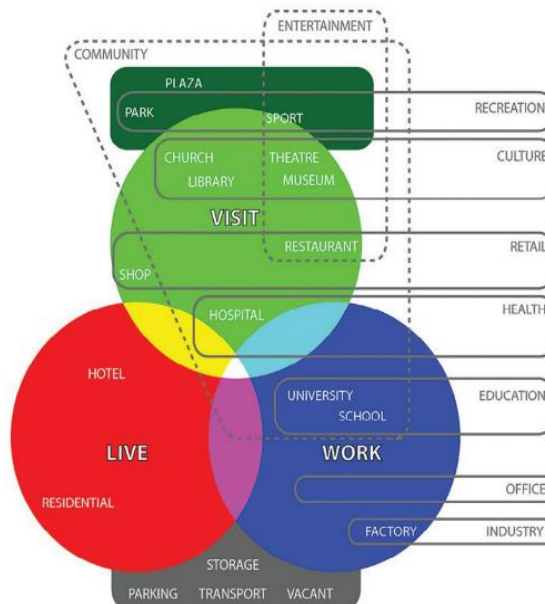
É importante notar que o estudo de Gehrke e Clifton (2015) trabalhou sob a suposição de que um perfeito equilíbrio dos usos é a condição ideal para a mistura de usos, e por isso, avaliou apenas medidas de equilíbrio: índices de Bhat e Gossen, Shannon (entropia), Simpson, Heip, Hill, McIntosh e Smith-Wilson. Apesar disso, os resultados encontrados destacaram a potencial imprecisão teórica de estudos anteriores para presumir que a uniformidade do uso do solo em um bairro está relacionada ao aumento das viagens não motorizadas (GEHRKE; CLIFTON, 2015).

Um segundo ponto, ressaltado por Dovey e Pafka (2017), é que a falta de consistência na categorização pode ser um problema para a interpretação do fenômeno, uma vez que os limites de muitas dessas categorias se sobrepõem, e uma pode se tornar subconjunto de outra (Figura 8). Por exemplo, uma loja que no momento do levantamento está desocupada, para alugar, seria classificada como comércio ou vazio? Um *pet shop* que vende produtos e oferece atendimento veterinário, seria comércio ou serviço? Ou ainda, uma quadra esportiva comunitária, entraria na categoria de esporte, institucional ou lazer? Essas indefinições geram dúvidas que influenciam diretamente a operacionalização do uso misto do solo.

Um terceiro aspecto que deve ser considerado é que os usos não são iguais; são qualitativamente diferentes e causam efeitos diferentes na caminhada. A hierarquia dos usos está presente no pensamento de Jacobs (2011), que defende a existência de dois tipos diferentes de diversidade: a *diversidade principal*, que é dada pela mistura dos usos principais, pelos fluxos que eles geram, pela mistura de pessoas que frequentam o bairro em diferentes horários e por diferentes motivos; e a *diversidade derivada*, “um termo que se aplica aos empreendimentos que surgem em consequência da presença de usos principais, a fim de servir às pessoas atraídas

pelos usos principais” (p. 178). Essa perspectiva considera que os usos causam efeitos diferentes na vida urbana.

**Figura 8.** Funções sobrepostas.



Fonte: DOVEY; PAFKA (2017)

Em 1983, MacCormac (apud ROWLEY, 1996) fala sobre a qualidade *transaccional* de diferentes usos do solo, *i.e.*, enquanto alguns usos têm pouco efeito direto na vida urbana, outros tem considerável potencial de estimular atividades sociais. A sensação da presença e envolvimento humano experienciada nas cidades dependem parcialmente dessa característica transaccional, que é amplamente ignorada pelas classificações tradicionais de uso do solo (ROWLEY, 1996).

Nas pesquisas realizadas em países como Austrália e Estados Unidos geralmente é usada a classificação dos usos definida no banco de dados original, proveniente de órgãos públicos responsáveis pelo levantamento dos dados. No entanto, órgãos públicos categorizam os usos principalmente para fins de tributação, não considerando aspectos importantes na categorização para o desenvolvimento de pesquisas científicas (BROWN et al., 2009). Além disso, a natureza genérica das categorias de uso do solo geralmente usadas nos conjuntos de dados pode fornecer informações limitadas e, assim, ser muito “grosseira” para uma análise precisa da relação entre usos do solo específicos e caminhada para transporte (CERIN et al., 2007).

No Brasil, dados de uso do solo podem ser encontrados no Cadastro

Nacional de Endereços para Fins Estatísticos<sup>5</sup> (CNEFE), um repositório de endereços de abrangência nacional mantido pelo IBGE. O CNEFE classifica as edificações em: domicílios (residencial), estabelecimentos (não-residencial) e edificações mistas. Do ponto de vista da economia urbana, existe ainda a Classificação Nacional de Atividades Econômicas<sup>6</sup> (CNAE), em que atividades microeconômicas são agregadas em 24 categorias (CANTARINO; NETTO, 2017). E do ponto de vista da caminhabilidade, como categorizar?

A definição das categorias de uso do solo diverge de acordo com o foco da pesquisa e a disponibilidade de dados. As categorias consideradas clássicas do ponto de vista do planejamento urbano são: residencial, comercial, serviço, industrial e institucional. Classificar atividades humanas pelos tipos de uso do solo é uma estratégia já estabelecida no planejamento urbano, que tem origem na segregação dos usos e zoneamento das cidades modernistas (RAMAN; ROY, 2019). Por isso, essa classificação e a maioria das categorias ainda encontradas nas bases de dados são originalmente elaboradas para *prevenir* a mistura, ao invés de incentivar.

Nesse sentido, Dovey e Pafka (2017) defendem que o termo “uso do solo” em si se baseia numa ideologia em que todo solo tem um uso singular, e portanto, é necessário olhar para isso a partir de uma perspectiva diferente, que expresse a mistura ao invés da segregação. Os autores ainda sugerem que as categorias de uso misto não deveriam derivar de sistemas modernistas de separação das funções urbanas, que causou ampla perda de caminhabilidade e conectividade de transporte. “Residencial, industrial, comercial, recreação e serviço” são todas zonas de planejamento modernista, que guiam as coletas de dados e estão presentes ainda hoje nas bases GIS (DOVEY; PAFKA, 2017).

Em contrapartida, alguns estudos consideram categorias de uso do solo a partir da perspectiva do indivíduo, voltadas à ação do pedestre. Destaca-se a classificação de Hoek (2009) em moradia/trabalho/lazer que fundamentou as macrocategorias de funções viver/trabalhar/visitar (DOVEY; PAFKA, 2017). De acordo com os autores, a categorização em funções é guiada pela questão do porquê somos atraídos para diferentes partes da cidade – porque moramos lá, trabalhamos lá ou estamos visitando.

No entanto, há um fundamento modernista nessa classificação. Na

---

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/cnefe/>>.

<sup>6</sup> Disponível em: <<https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html?view=estrutura>>.

Carta de Atenas, publicada originalmente em 1941, Le Corbusier (1993) separa as funções urbanas em habitar, trabalhar, recrear-se e circular, na tentativa de isolar e organizar a cidade a fim de evitar a mistura dos usos. Usar essa perspectiva teórica soa incoerente em pesquisas sobre caminhabilidade e diversidade de usos.

Há ainda a representação binária dos tipos de uso do solo, amplamente adotada nas pesquisas da área de transportes, principalmente na aplicação de medidas divisionais de diversidade (GEHRKE; CLIFTON, 2015). É tradicionalmente adotada como residencial/não-residencial (HOEK, 2008), mas também são encontradas variações, como predominantemente residencial/uso misto (GRASSER et al., 2017) e funções primárias/secundárias (JACOBS, 2011).

Uma classificação binária tradicional é encontrada no equilíbrio entre moradias e emprego (*job-housing balance*), termo usado pelos planejadores de transporte para a estratégia de aproximar empregos e moradias, como uma maneira de reduzir viagens motorizadas em horários de pico (CERVERO; DUNCAN, 2006). Nessa estratégia, as parcelas são classificadas em moradias/emprego.

Ainda nas pesquisas com foco no comportamento de caminhada, são encontradas classificações por destinos caminháveis, que variam em número de categorias. No geral, os destinos positivamente relacionados com a caminhada incluem escolas (MCCORMACK et al., 2008), alimentação (FORSYTH et al., 2008), recreação e transporte público (BROWN et al., 2009).

A pesquisa de Mavoa et al. (2018), por exemplo, classifica os destinos em cotidianos (*daily living*) ou eventuais (*local living*). No contexto australiano em que a pesquisa se insere, foram considerados três destinos cotidianos: conveniência (loja ou posto de combustível), supermercados e pontos de transporte público; e 12 destinos eventuais: os três destinos diários, loja de alimentos especializados, correios, banco, farmácia, centro médico, dentista, centro comunitário, unidade de cuidados infantis e livraria.

Há ainda autores que classificam os destinos de acordo com o propósito de caminhada (GUNN et al., 2017; KING et al., 2015; KRIZEK, 2003b; YANG; DIEZ-ROUX, 2012). Além de trabalho, estudo, compras e recreação, alguns autores incluem eventos sociais, passear com o cachorro e refeições (YANG; DIEZ-ROUX, 2012) ou tempo-livre, compromissos e visitas (KRIZEK, 2003b), que podem ser relevantes para o estudo da caminhada recreativa.

Apesar de ser uma abordagem diferente da diversidade de usos, a

classificação dos destinos pode ser interessante por permitir um olhar mais específico do uso do solo. Cerin et al. (2007) encontraram uma relação positiva entre a proximidade de destinos comerciais e a caminhada para transporte, mas usos comerciais específicos (como lojas de alimentos) contribuíram significativamente mais para a caminhada do que comércios relacionados a automóveis, por exemplo. Da mesma forma, Giles-Corti et al. (2005) notaram que, para explicar a caminhada para transporte, o tipo e a combinação de destinos comerciais (por exemplo, mercearia, restaurante e correio) podem ser mais importantes do que apenas a indicação da presença de destinos comerciais.

Por fim, foram encontrados estudos chineses que têm desenvolvido métodos automatizados para a classificação dos usos do solo, usando sensoriamento remoto (HU; WANG, 2013), interações espaço-temporais (LIU et al., 2016), e *machine learning* (ZHANG et al., 2019). Esse tipo de estratégia tem foco no planejamento urbano metropolitano, e se torna possível no contexto chinês, que dispõe de amplo acesso a dados de imagens. Apesar de não ser aplicável ao contexto brasileiro, trazem uma discussão interessante para o futuro das medidas de caminhabilidade.

#### 2.2.4 Delimitação de Áreas de Análise

A aplicação das métricas de uso misto do solo está condicionada a definição da escala de análise e, conseqüentemente, das unidades espaciais em que os dados de uso do solo serão agregados. Medidas divisionais, *i.e.* que dividem a área de análise em distritos ou células (SONG; MERLIN; RODRIGUEZ, 2013), sofrem o efeito do MAUP (*Modifiable Area Unit Problem*), ou Problema da Unidade de Área Modificável (FLOWERDEW; MANLEY; SABEL, 2008). Este fenômeno corresponde à influência que a variação da escala e delimitação das áreas de análise pode representar nos resultados gerais (RIVA et al., 2008).

Grande parte dos estudos que avaliam a caminhabilidade, principalmente a partir da aplicação do Índice de Caminhabilidade (FRANK et al., 2010), usam os setores censitários como unidade espacial devido a considerações práticas, para a associação com dados sociodemográficos (HOEHNER et al., 2005; MOTOMURA; FONTOURA; KANASHIRO, 2018; REIS et al., 2013b). No entanto, evidências recentes sugerem que a utilização de *buffers* de 400 m e 600 m é estatisticamente mais eficiente na mensuração da caminhabilidade do que os setores

censitários (LEÃO et al., 2020).

A utilização de *buffers* como unidade de análise não é novidade dos estudos que investigam a influência do ambiente construído no deslocamento ativo (BADLAND et al., 2010). Enquanto algumas pesquisas usam o *buffer* euclidiano, que corresponde à uma área circular no entorno do ponto/polígono de referência a partir de uma linha reta, outras utilizam o *buffer* de rede (*street network buffer*), que considera o raio a partir da distância percorrida na malha urbana.

O *buffer* euclidiano é mais indicado para os casos em que a área de análise apresenta parques, praças ou caminhos informais, já que os pedestres nem sempre caminham pelas ruas (FORSYTH et al., 2012a), como os subúrbios americanos ou as superquadras brasilienses.

Já o *buffer* de rede usa a malha viária como geografia organizadora, então considera até onde uma pessoa pode se movimentar a partir das ruas, e é mais aplicável em áreas com barreiras físicas ou traçado descontínuo (FORSYTH et al., 2012b). Gehrke e Clifton (2015), por exemplo, aplicaram o *buffer* de rede em diferentes escalas e encontraram os melhores resultados no raio de 2 milhas (aprox. 3,2 km). Outra pesquisa avaliou o uso de ciclovias no Canadá a partir do *buffer* de rede em rotas com infraestrutura ciclável (VEILLETTE; GRISÉ; EL-GENEIDY, 2019).

Como já apresentado, a delimitação espacial é essencial para a operacionalização do uso misto do solo no estudo da caminhabilidade, por isso aparece na maioria das definições teóricas (GEHRKE; CLIFTON, 2016; ZHUO et al., 2019) e na aplicação das medidas. É preciso considerar os objetivos da pesquisa para a escolha da escala geográfica mais adequada para a leitura do fenômeno.

\*\*\*\*\*

Este capítulo sobre considerações operacionais apresentou as dificuldades encontradas na tentativa de traduzir o fenômeno da diversidade de usos em índices ou representações gráficas. O índice de entropia, apesar de relevante e amplamente aplicado, não reflete o espaço. Abordagens alternativas trazem novas perspectivas sobre como mensurar a mistura de usos, mas há ainda muitos questionamentos quanto à aplicabilidade das novas estratégias.

A grande problemática das medidas tradicionais é que geralmente são

dedicadas à redução da mistura a um índice que pode então ser correlacionado com resultados de nível de caminhada, atividade física ou deslocamento ativo (DOVEY; PAFKA, 2017). Essa abordagem é de fato metodologicamente relevante, e se assemelha com o delineamento dessa dissertação, mas é importante questionar o que realmente está sendo medido: a mistura ou o equilíbrio?

**Quadro 1.** Quadro síntese - considerações teórico-metodológicas

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>MEDIDA</b>
RIQUEZA	Quantidade de usos do solo diferentes (BATTY et al., 2004; MAGURRAN, 1988)	Quantidade
PROPORCIONALIDADE	Distribuição igualitária dos usos (MAGURRAN, 1988)	Equilíbrio/Porcentagem
PROXIMIDADE	Usos ou atividades próximas se influenciariam entre si dentro de um limite espacial (SONG; MERLIN; RODRIGUEZ, 2013); proximidade relativa de diferentes usos do solo (HANDY et al., 2002)	Distância
INTEGRAÇÃO	Aproximação de usos segregados, levando em consideração a compatibilidade entre eles (GRANT, 2002); complementaridade espacial e funcional (HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001); diferentes atividades co-funcionam para formar sinergias (DOVEY; PAFKA, 2017; HOEK, 2009)	Compatibilidade

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Sobre os critérios de classificação do uso do solo, foram identificadas as seguintes abordagens: tradicional, binária, por funções, e pela frequência e propósito do destino. O objetivo da pesquisa tem que estar refletido também nas categorias de uso do solo. Mas então, qual categorização deverá ser usada para a leitura da caminhabilidade no contexto brasileiro? Como o contexto brasileiro se difere dos demais em relação ao deslocamento ativo?

### 2.3 CONSIDERAÇÕES CONTEXTUAIS

A partir do cenário exposto nas considerações teóricas e operacionais, entende-se o uso misto do solo como um fenômeno contemporâneo inserido em um contexto real, e, portanto, é diretamente influenciado pelo contexto em que está inserido. Por isso, para concluir o capítulo de fundamentação teórica, serão estabelecidos o contexto em que essa pesquisa se insere e a lacuna de conhecimento que se pretende preencher.

Primeiro, nota-se que a grande maioria das pesquisas sobre caminhabilidade limitam-se principalmente aos países desenvolvidos da Europa, América do Norte e Oceania, com evidências recentes de alguns países em desenvolvimento da Ásia, África e América do Sul (ELSHAHAT; O'RORKE; ADLAKHA, 2020). A partir da revisão de pesquisas que aplicaram índices de caminhabilidade no período de 2009 a 2018, Arellana et al. (2019) demonstram que a maioria dos estudos foram aplicados na América do Norte (44,8%), Europa (22,4%) e Ásia (14,9%). Poucos estudos avaliaram a caminhabilidade na América Latina (1,5%), muito menos em cidades de médio e pequeno porte (ARELLANA et al., 2019).

A revisão de estudos sobre caminhabilidade em países de alta renda mostrou que a acessibilidade de destinos e o uso misto do solo são associados com o transporte ativo (SMITH et al., 2017). No entanto, atributos do ambiente construído em países desenvolvidos se diferem dos países em desenvolvimento em relação aos padrões de uso do solo e à urbanização (ELSHAHAT; O'RORKE; ADLAKHA, 2020). O crescimento populacional e o desenvolvimento econômico estimularam aumentos absolutos no número de veículos motorizados nos países em desenvolvimento, com alterações marcantes nos padrões de viagens, que estão mudando do transporte público, a pé e de bicicleta, para veículos motorizados particulares (OYEYEMI et al., 2011). No Brasil, o relatório da ANTP apresenta um aumento na participação do transporte individual no total de viagens, e redução da participação dos transportes coletivo e não motorizado no período de 2014 a 2018 (ANTP, 2020).

Barbosa et al. (2019) sugerem que mais estudos devem ser conduzidos em países de economia baixa, média e média-alta. De acordo com a classificação do The World Bank<sup>7</sup>, o Brasil é considerado uma economia de renda

---

<sup>7</sup> Disponível em: <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519>. Acessado em: 08 de setembro de 2020.

média-alta, assim como China e Colômbia. Elshahat, O'Rorke e Adlakha (2020) identificaram que o uso misto do solo foi positivamente associado com o transporte ativo nos países com economias em desenvolvimento.

No mesmo sentido, uma pesquisa recente apresentou uma revisão sistemática sobre a associação entre características objetivas e/ou subjetivas do ambiente construído e os domínios de atividade física em países em desenvolvimento (ELSHAHAT; O'RORKE; ADLAKHA, 2020). Dos estudos analisados, a maioria foi desenvolvida no Brasil (43%), seguidos por Colômbia e Índia (ambos com 9%).

Das pesquisas sobre caminhabilidade realizadas em países em desenvolvimento, cita-se: Nigéria (OYEYEMI et al., 2011), Índia (ADLAKHA et al., 2017), Irã (LOFTI; KOOHSARI, 2011), Colômbia (CERVERO et al., 2009; PARRA et al., 2010) e Brasil (FLORINDO et al., 2019; GOMES et al., 2011; HINO et al., 2011, 2014, 2012; MOTOMURA; FONTOURA; KANASHIRO, 2018; PARRA et al., 2011; REIS et al., 2013a, 2013b).

Na Nigéria, a pesquisa de Oyeyemi et al. (2011), que examinou a relação entre a percepção do ambiente do bairro e a caminhada em adultos africanos, encontrou poucas correlações entre esses dois pontos em comparação com os resultados reportados na literatura internacional. Na Índia, Adlakha et al. (2017) encontraram relação positiva entre a diversidade de usos e deslocamento ativo auto reportado em adultos indianos, mas nenhuma relação significativa foi encontrada em relação ao acesso e proximidade a serviços.

No Brasil, a pesquisa de Florindo et al. (2019) verificou as variáveis do ambiente construídos associadas com o deslocamento a pé na cidade de São Paulo. A partir da aplicação de questionários, o trabalho mostrou que a mistura de destinos em raio de 500m dos endereços residenciais, e a presença de alguns tipos de destinos dentro de 1.000m, aumentam as chances de caminhada para transporte.

Já a pesquisa de Hino et al. (2014), conduzida em Curitiba, demonstrou significativa relação entre o deslocamento a pé e a proporção de área comercial dentro de um buffer de 500m. Porém, não encontrou resultados significativos para uso misto do solo e conectividade.

Assim, as principais evidências encontradas no Brasil foram conduzidas em cidades de grande porte e capitais, como São Paulo, Curitiba e Porto Alegre. No entanto, o mais recente relatório do SIMOB/ANTP mostrou que a participação do Transporte Não Motorizado (bicicletas e a pé) eleva-se com a redução

do tamanho do município, passando de 36% nos municípios maiores para 50% nos menores (ANTP, 2020). Além disso, cidades de médio e pequeno porte apresentam dinâmicas de urbanização próprias, questões de segurança e pavimentação das calçadas, e um planejamento mais precário (ARELLANA et al., 2019).

Considerando este cenário, como acontece a mistura de usos nas cidades brasileiras, especialmente nas de médio e pequeno porte, e o que as difere do contexto internacional? Pesquisas recentes investigaram a associação do ambiente construído com o deslocamento a pé em cidades brasileiras de pequeno e médio porte (LEÃO, 2019; MOTOMURA, 2017; OLAK, 2019).

Nesses trabalhos, é possível identificar padrões espaciais de distribuição dos usos não-residenciais, fortemente relacionados com a história de expansão urbana da cidade. Pode-se interpretar os padrões a partir de duas frentes: áreas predominantemente residenciais, geralmente resultado de programas habitacionais, apresentam estabelecimentos comerciais ou de serviço instalados em algumas esquinas ou nas vias de maior movimento que representam novas centralidades; e o centro histórico altamente diversificado, com usos de serviço e indústria localizados no entorno das vias de conexão regional.

Nessa perspectiva, Rowley (1996) aponta as diferentes maneiras que a mistura dos usos acontece no espaço urbano: no nível da cidade como um todo, entre distritos ou bairros; entre a rua e outros espaços públicos; entre construções e quarteirões; e entre edifícios. Em qualquer configuração, os efeitos da diversidade de usos existem quando ela afeta e é experimentada pelo domínio público.

A intenção de apresentar as principais contribuições científicas sobre a quantificação do uso misto do solo, suas divergências e convergências, potenciais e limitações, é evidenciar as inconclusivas tentativas de aprimoramento da leitura desta variável, e destacar a importância de seguir em busca de métodos aplicáveis ao contexto brasileiro. Apesar dos questionamentos sobre a classificação das categorias de uso misto do solo, a distinção das categorias contribui para o avanço das pesquisas e proporciona uma base para desvendar a natureza complexa da quantificação do uso misto do solo.

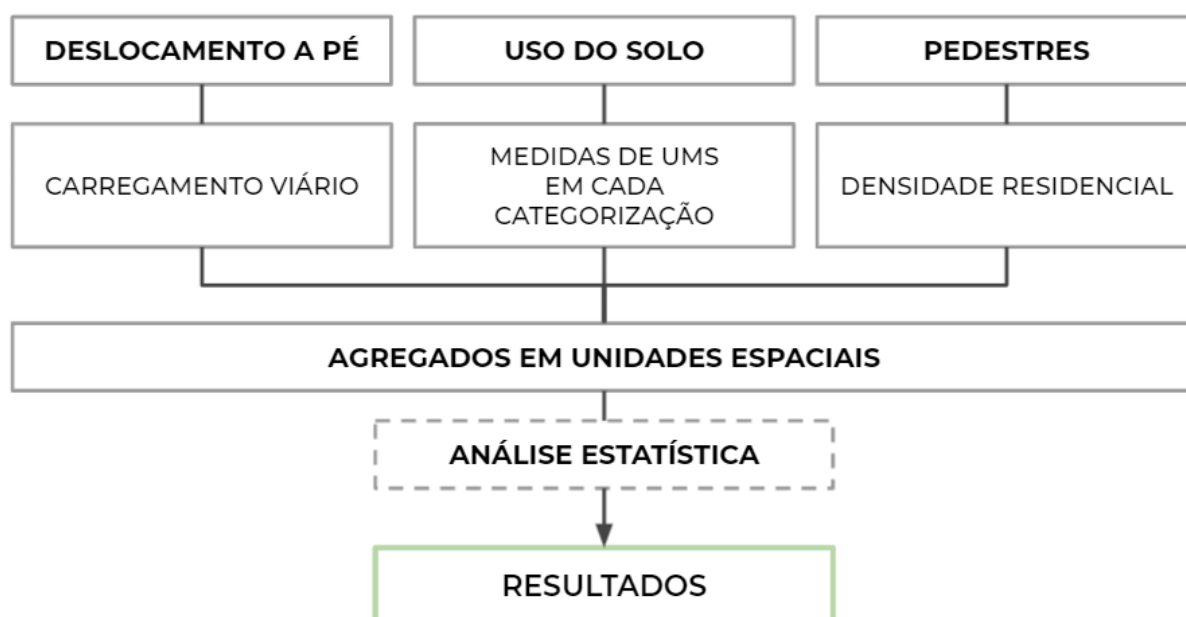
### 3 DADOS E MÉTODOS

Com base na questão de pesquisa “como operacionalizar o uso misto do solo para a avaliação da caminhabilidade em cidades brasileiras?”, o objetivo desta pesquisa é comparar estratégias de mensuração do uso misto do solo para a avaliação da caminhabilidade em cidades brasileiras de médio e pequeno porte.

Para explicar ligações causais de situações singulares, considerando que o fenômeno em investigação é contemporâneo, dinâmico e complexo e, por isso, indissociável de seu contexto real, a estratégia metodológica adotada foi o estudo de caso (YIN, 2001), conduzido na cidade de Cambé-PR. Para o desenvolvimento dessa estratégia, foi definida a tática de pesquisa correlacional que visa identificar a ocorrência de padrões socioespaciais entre as variáveis do fenômeno (GROAT; WANG, 2013, p. 269).

A estratégia metodológica foi estruturada de modo a agregar as informações sobre o fenômeno em *buffers* de rede, considerando as variáveis de deslocamento a pé (carregamento viário), uso do solo (medidas de UMS) e dos pedestres (densidade residencial) (**Figura 9**). Assim, pretende-se verificar a aplicação das estratégias de operacionalização do UMS, identificando como se relacionam com os dados de caminhada, e suas limitações.

**Figura 9.** Fluxograma metodológico.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

### 3.1 ESTUDO DE CASO: CAMBÉ-PR

O estudo de caso foi conduzido na cidade de Cambé, localizada no norte do estado do Paraná e inserida na Região Metropolitana de Londrina (RML) (**Figura 10**). O município de Cambé possui 495,375 km<sup>2</sup> de área territorial e população estimada 107.341 habitantes (IBGE, 2020), sendo, portanto, considerada uma cidade de porte médio (com população entre 100 mil e 500 mil habitantes). Tem sua agricultura voltada à soja e possui significativo parque industrial, onde se destacam a agroindústria e indústrias químicas (PMC, 2020). Pelo censo de 2010, o município apresenta Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) de 0,734 (médio) (PNUD, 2010). É cortada por uma ferrovia e permeada pelas rodovias BR-369 e PR-445, principais conexões com Londrina (14 km distante), Maringá (100 km), Curitiba (393 km) e São Paulo (560 km) (**Figura 11**).

**Figura 10.** Localização do Município de Cambé-PR.



Fonte: IBGE, 2010. Elaborado pela autora, 2020.

Quatro motivos levaram à escolha de Cambé como objeto de estudo:

- I. pela disponibilidade de dados da pesquisa de OD, realizada pelo ITEDES para o Plano de Mobilidade da cidade, em 2017, e disponibilizado para o Grupo de Pesquisa;
- II. por ter um banco de dados de uso do solo georreferenciado no nível do lote, levantado pelo GP Design Ambiental Urbano entre 2018 e 2020;
- III. por ser uma

cidade brasileira de porte médio; e IV. para dar continuidade a estudos sobre caminhabilidade já desenvolvidos na cidade (MOTOMURA, 2017; SANTOS et al., 2021). Por isso, Cambé é considerada um caso de interesse, que pode contribuir para entender o fenômeno, e que permite uma futura generalização para outras cidades do contexto brasileiro.

**Figura 11.** Perímetro urbano de Cambé-PR.



Fonte: Google Satélite, 2020. Elaborado pela autora, 2020.

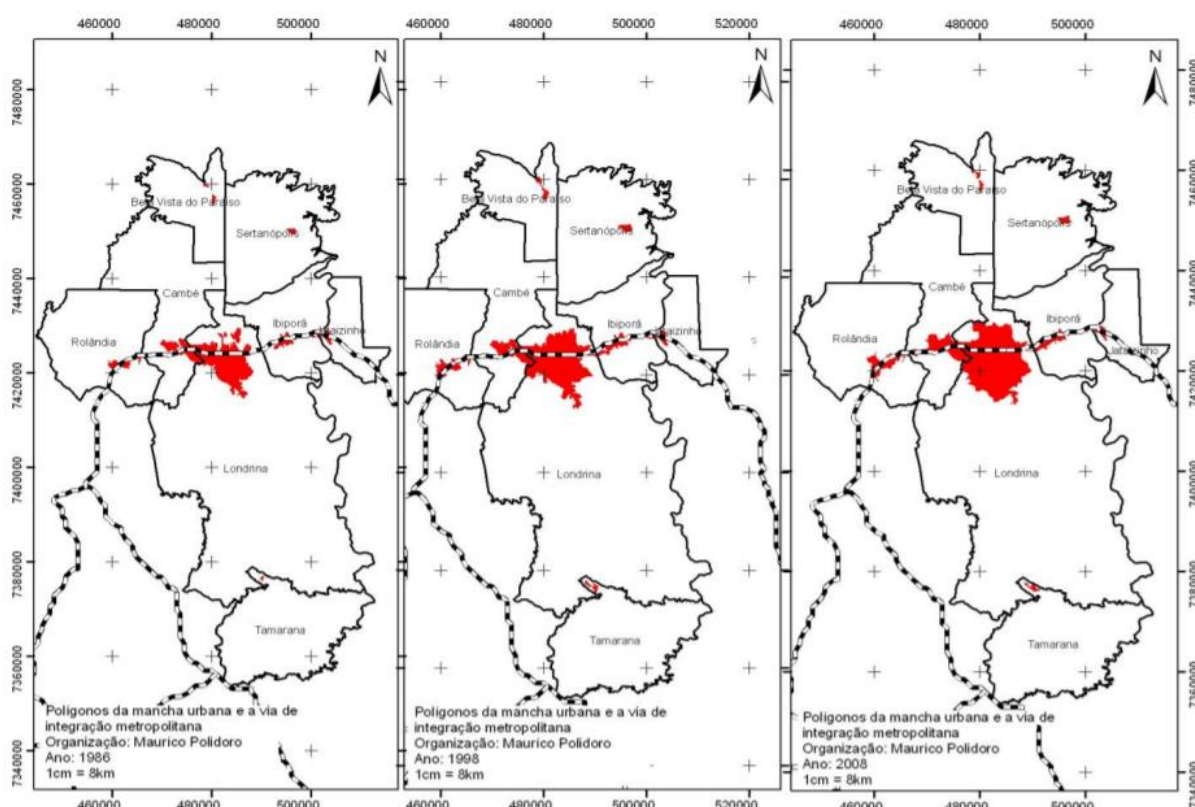
Por estar inserida na RML, Cambé apresenta a particularidade de estar em processo de conurbação com a cidade-sede. De acordo com Villaça (2001), a conurbação ocorre quando uma cidade passa a absorver núcleos urbanos localizados a sua volta, que pertençam a eles ou a outros municípios. Este processo torna as relações das cidades limítrofes mais íntimas, o que pode influenciar também a mobilidade e, conseqüentemente, a caminhada.

Diferente de regiões metropolitanas de capitais, como São Paulo e Recife, os 25 municípios que formam a RML não passam por conurbação intensa. Destes, apenas Cambé e Londrina apresentam atualmente contiguidade da mancha urbana. A malha urbana da região sudeste da cidade de Cambé está conectada com a estrutura viária da região oeste de Londrina, na área que permeia a PR-445. Apesar do eixo de integração metropolitano ser a BR-369 (**Figura 12**), que conecta as cidades

no sentido leste-oeste, o processo de conurbação Cambé-Londrina está diretamente ligado ao eixo da rodovia PR-445 no sentido norte-sul (**Figura 11**).

Ainda assim, a situação de Cambé pode ser considerada representativa da realidade de municípios brasileiros. De acordo com o SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática), no Brasil estão registradas 74 Unidades Territoriais do Nível Região Metropolitana<sup>8</sup>, sendo 8 no estado do Paraná: Apucarana, Campo Mourão, Cascavel, Curitiba, Londrina, Maringá, Toledo e Umuarama. Além disso, dados do estudo “Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil” desenvolvido e publicado pelo IBGE<sup>9</sup>, mostram que, em 2012, mais da metade da população no Brasil (55,9%) residia em municípios que formavam agrupamentos de dois ou mais municípios com forte integração populacional, devido aos movimentos pendulares para trabalho ou estudo, ou à contiguidade entre manchas urbanas.

**Figura 12.** Expansão das áreas edificadas da RML em três períodos [1986, 1998 e 2008] e o eixo de integração metropolitana.



Fonte: POLIDORO; TAKEDA; BARROS, 2009.

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/territorio#/N7>>. Acessado em 08 de dezembro de 2020.

<sup>9</sup> Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/9710-mais-da-metade-da-populacao-vive-em-294-arranjos-formados-por-contiguidade-urbana-e-por-deslocamentos-para-trabalho-e-estudo>>. Acessado em 16 de dezembro de 2020.

Para entender a dinâmica urbana da cidade, apresenta-se uma breve contextualização histórica de Cambé. Implantada em 1932, fez parte de um elaborado plano de ações colonizadoras de iniciativa privada realizado no norte do estado no início do século XX. A Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP), subsidiária da inglesa *Paraná Plantations Limited*, foi responsável pelo desenho de uma rede de núcleos urbanos, criadas entre os anos 1930 e 1960, que compunham a estrutura do plano de desenvolvimento regional e tinham um duplo papel: ser o lugar dos serviços urbanos e o centro comercial para os negócios da região (REGO; MENEGUETTI, 2008, p. 38).

De acordo com as diretrizes da CTNP para a constituição de sua rede de núcleos urbanos, as cidades destinadas a se tornarem núcleos de maior importância seriam demarcadas de 100 em 100 quilômetros (Londrina e Maringá). “Entre estas, distanciados de 10 a 15 quilômetros um dos outros, seriam fundados os patrimônios, centros comerciais e abastecedores intermediários” (CMNP, 1975, p. 76), como Cambé e Rolândia.

Os povoados foram estrategicamente implantados ao longo da linha férrea da Companhia Ferroviária São Paulo Paraná (CFSP), concedida à CTNP em 1928, importante eixo leste-oeste de ligação com o estado de São Paulo (YAMAKI, 2003). Assim, o núcleo urbano de Cambé teve a ferrovia como eixo estruturador, e foi localizado no platô das nascentes dos córregos da Glória (a oeste), Caçadores (norte), Verdade (a leste), e das águas do Maracujá (noroeste), do Macuco (noroeste) e dos Porcos (norte) (FAUEL, 2017).

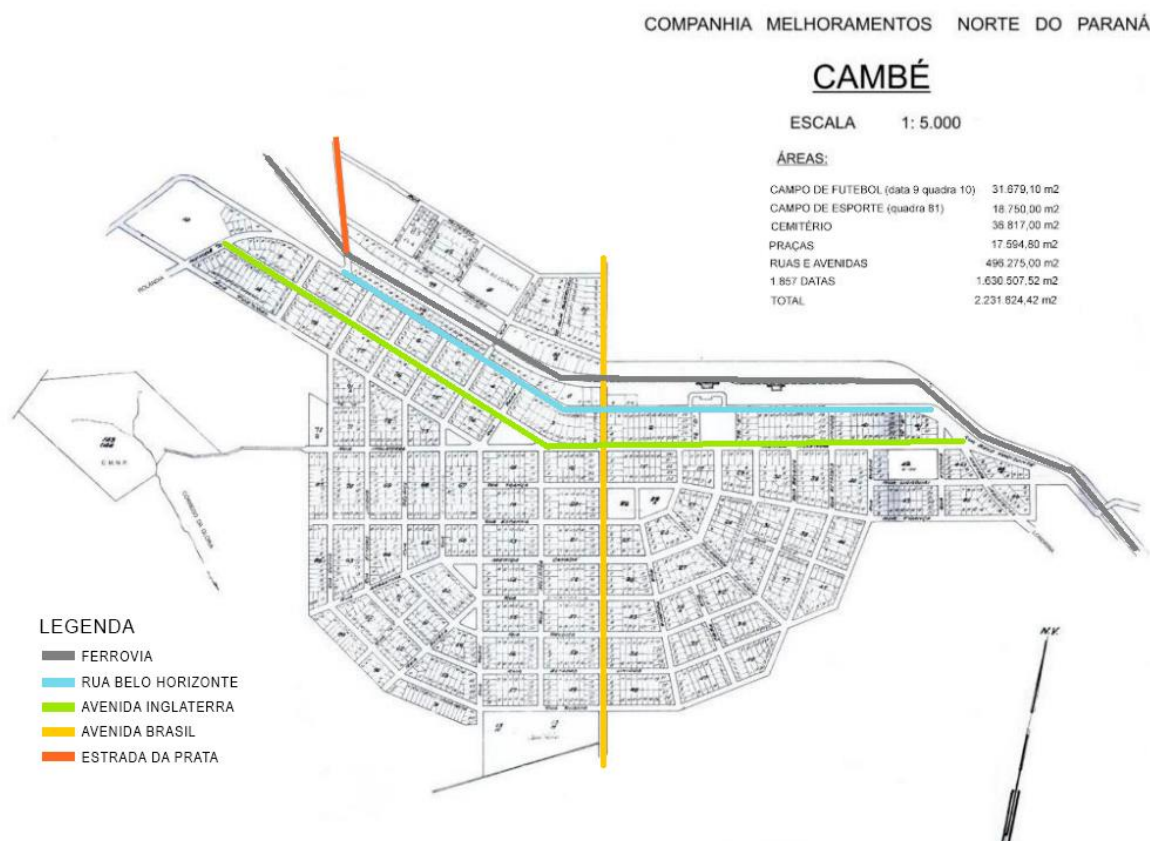
A planta inicial de Cambé ( **As** demais vias acompanham as curvas de nível, de forma radial, formando o semicírculo.

**Figura 13)** apresenta um formato semicircular, tendo como limite norte a linha férrea e a rua Belo Horizonte, que era inicialmente a continuidade da rodovia BR-369. Paralela à rua Belo Horizonte, no eixo leste-oeste, encontra-se a avenida Inglaterra, onde inicialmente se instalaram as atividades comerciais e de serviço.

No sentido norte-sul, a malha urbana é cortada pela avenida Brasil, que é continuidade do acesso à parte sul do território do município. O acesso ao território norte de Cambé era pela estrada da Prata, passando pelas antigas “vendas” do km 9 e seguindo para as terras do município de Bela Vista do Paraíso (FAUEL,

2017). As demais vias acompanham as curvas de nível, de forma radial, formando o semicírculo.

**Figura 13.** Planta inicial de Cambé.



Fonte: Plano Diretor Municipal de Cambé-PR, 2017. Modificado pela autora, 2020.

A distribuição formal da planta inicial e a localização das principais vias indica que a cidade foi planejada para crescer nos sentidos leste-oeste e sul. No entanto, a **Figura 14** mostra a evolução urbana de Cambé de 1937 a 2017 e apresenta outro sentido de crescimento: a cidade expandiu inicialmente em direção norte, acima dos trilhos da ferrovia, e posteriormente, para sudoeste, nas margens da PR-445, em direção à Londrina.

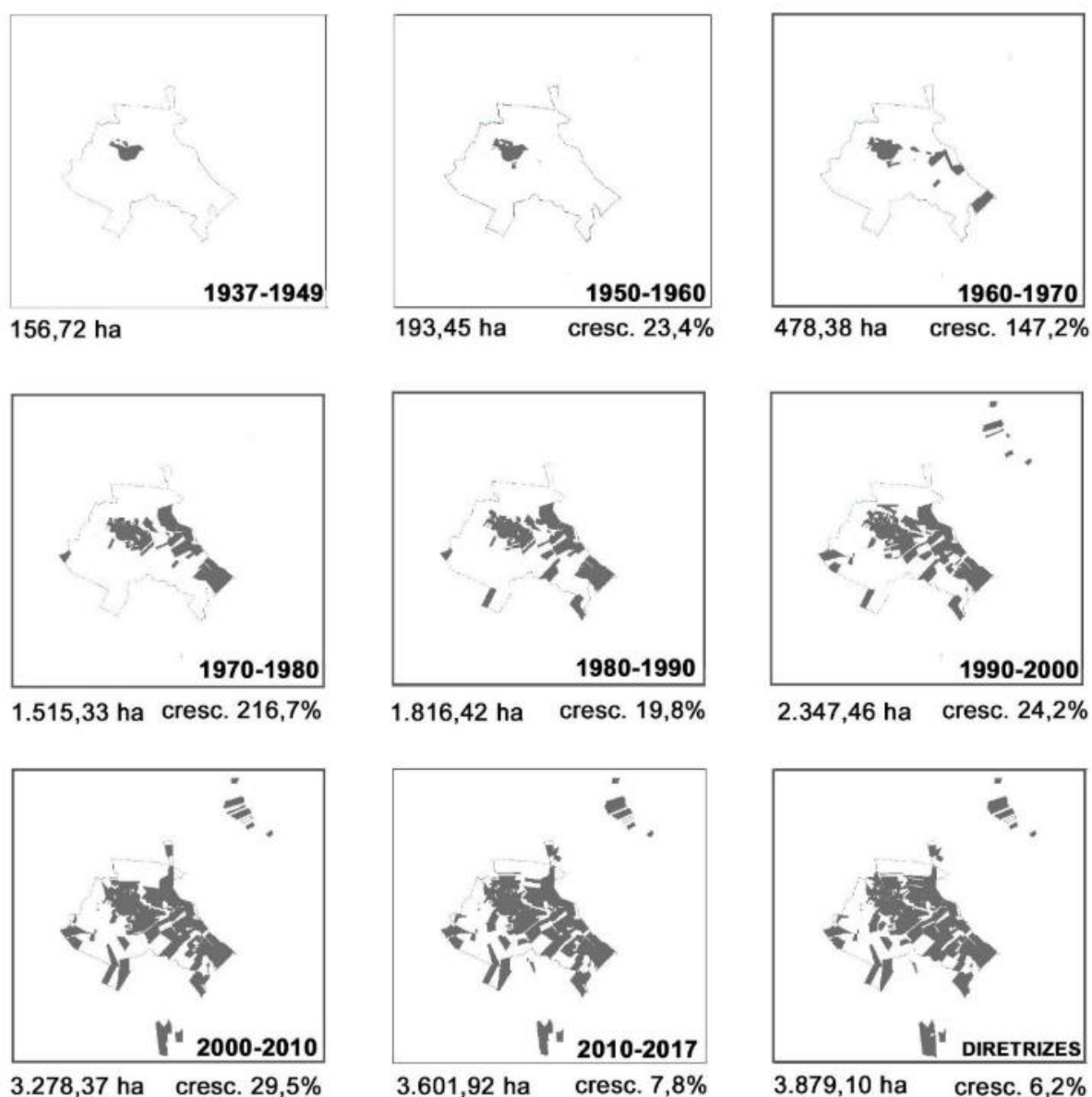
Do ponto de vista do uso do solo, a Cambé dos anos 50 era uma cidade com setor comercial e prestador de serviços fortes, localizando-se na rua Belo Horizonte e avenida Inglaterra e, secundariamente, na avenida Brasil, como é detalhado no Plano Diretor:

“Grande quantidade de bancos (15 unidades), armazéns, vendas, serrarias, máquinas de beneficiar café e arroz, escritórios e atividades prestadoras de serviço oriundas do setor público (rodoviária, prefeitura, escolas) completavam o quadro

urbano.” (FAUEL, 2017<sup>a</sup>, pág. 110).

Foi na década de 1960, no ápice da cafeicultura, que a cidade começou a se expandir em direção à Londrina. Um forte setor industrial foi organizado pelo Poder Público Municipal nessa época, fundamentalmente atraindo unidades industriais interessadas em instalar-se na região Norte do Paraná (FAUEL, 2017). A cidade passou a sediar centros atacadistas e grandes prestadores de serviço, geralmente às margens da rodovia estadual PR-445 e rodovia BR-369.

**Figura 14.** Evolução urbana de Cambé - de 1930 a 2017.

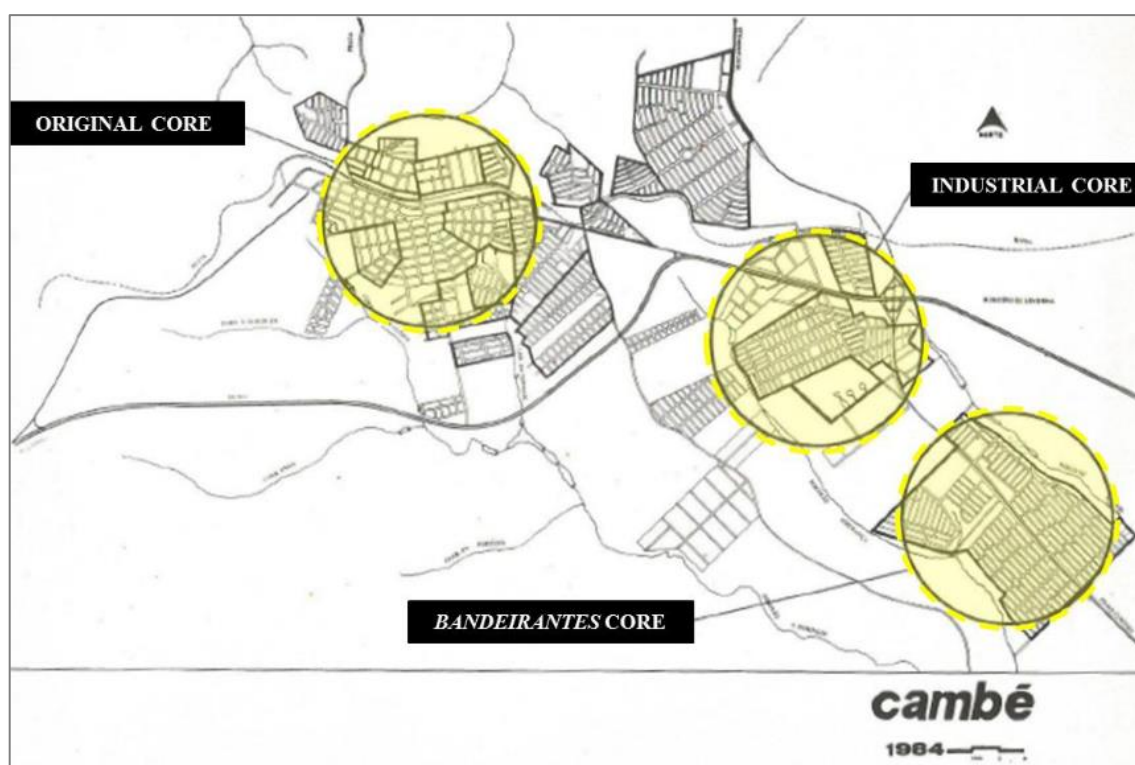


Fonte: Plano Diretor Municipal de Cambé-PR, 2017.

O sentido de expansão da cidade resultou na formação de outros núcleos urbanos além do central, formando novas centralidades para suprir as

necessidades econômicas das regiões periféricas (**Figura 15**). No início da década de 1970 surgiram os loteamentos Jardim Santo Amaro e o Jardim Bandeirantes, cercados pelas unidades industriais nas margens das rodovias, e posteriormente o Parque Residencial Ana Rosa, ao norte da linha férrea (FAUEL, 2017). Esses novos núcleos têm em comum a localização cercada por barreiras físicas, como as rodovias e os fundos de vale, e a conseqüente fragmentação em relação à malha viária do núcleo original.

**Figura 15.** Núcleos urbanos de Cambé em 1984.



Fonte: SILVEIRA, 1989 *apud* MOTOMURA, 2017.

Enquanto no plano inicial a rodovia BR-369 passava pela rua Belo Horizonte, o que trazia o tráfego rodoviário de passagem para o centro da cidade, a construção do contorno sul, no final dos anos 1990, mudou o sentido de crescimento da cidade. Essa mudança aumentou a acessibilidade das terras ao sul, implicando no crescimento do tráfego da avenida Brasil e no aumento do número de loteamentos para “chácaras de lazer” e condomínios residenciais de alto padrão (FAUEL, 2017).

A partir dos anos 2000 a cidade passou a se expandir também no sentido norte, com a criação de novas ruas e opções de transposição da linha férrea; e no sentido oeste, com ocupação urbana industrial e prestador de serviço de grande porte ao longo da avenida José Bonifácio, divisa com o município de Rolândia.

Atualmente, a malha urbana é menos fragmentada, com a ocupação gradativa dos vazios entre os núcleos. Na Figura 16 são apresentados os principais cenários que caracterizam a paisagem urbana de Cambé. A estrada do Prata (Imagem 1) apresenta alguns usos comerciais e de serviço, mas com aspecto de área em consolidação. Já o eixo da linha férrea (Imagem 2) e a avenida Inglaterra (Imagem 3) mostram a passagem do tempo, com foco em atividades de serviço automotivo na primeira e comércio varejista na segunda. Ainda no núcleo inicial, a cidade apresenta um recente processo de verticalização, com alguns edifícios acima de 4 pavimentos, e maior concentração de clínicas (Imagem 9).

Os núcleos do Santo Amaro (Imagem 5), Bandeirantes (Imagem 6) e Ana Rosa (Imagem 10) possuem atividades comerciais e prestadoras de serviço de bairro, com tipologias térreas ou de dois pavimentos. É uma característica dos bairros ter lotes com uso misto nas esquinas, geralmente com uso residencial no pavimento superior (Imagem 7). Os usos industriais e comerciais atacadistas estão dispostos ao longo dos corredores viários principais como a rodovia BR-369 (Imagem 4), e as pequenas fábricas estão localizadas no acesso sul pela avenida Brasil (Imagem 8).

**Figura 16.** Paisagem urbana de Cambé-PR.



## 3.2 DADOS

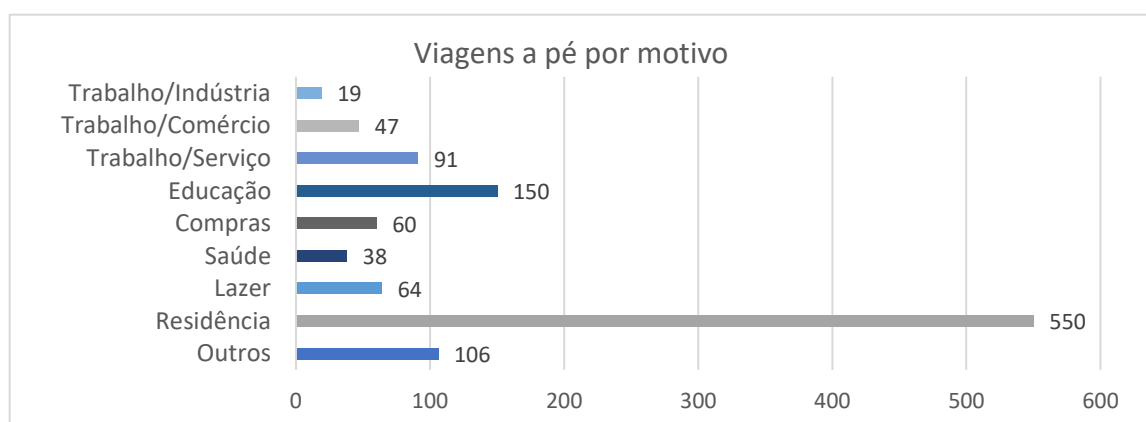
### 3.2.1 Deslocamento a pé

A pesquisa OD domiciliar foi realizada no município de Cambé-PR pelo ITEDES, em 2016, como forma de orientar o desenvolvimento do Plano de Mobilidade Urbana Municipal. Este plano é obrigatório para todas as cidades acima de 20.000 habitantes conforme a Lei Federal nº 12.587/2012, e deve ser revisto a cada dez anos.

Foram aplicados 1.302 questionários, entre novembro/2015 a abril/2016, totalizando 4,7% do total de 27.667 Domicílios Particulares Permanentes (ITEDES, 2017). Neles, um adulto responsável pela residência reportou dados referentes ao modo de deslocamento, origem e destino da viagem, tempo de viagem e motivo de deslocamento de todos os moradores da unidade habitacional no dia anterior à entrevista. Para esta pesquisa, serão analisados os dados de deslocamento a pé e motivos dos entrevistados nesta amostra. É importante ressaltar que os dados da pesquisa OD foram coletados pré-pandemia, portanto, as análises irão englobar a mobilidade urbana numa realidade diferente da vivida no ano de 2020.

Os dados de deslocamentos realizados por todos os modais da pesquisa OD são compostos por 4.699 viagens. Destas, foram selecionadas 1.125 que correspondem ao modo “a pé” e distribuídas nos seguintes motivos:

**Gráfico 1.** Quantidade de viagens a pé por motivo de deslocamento.



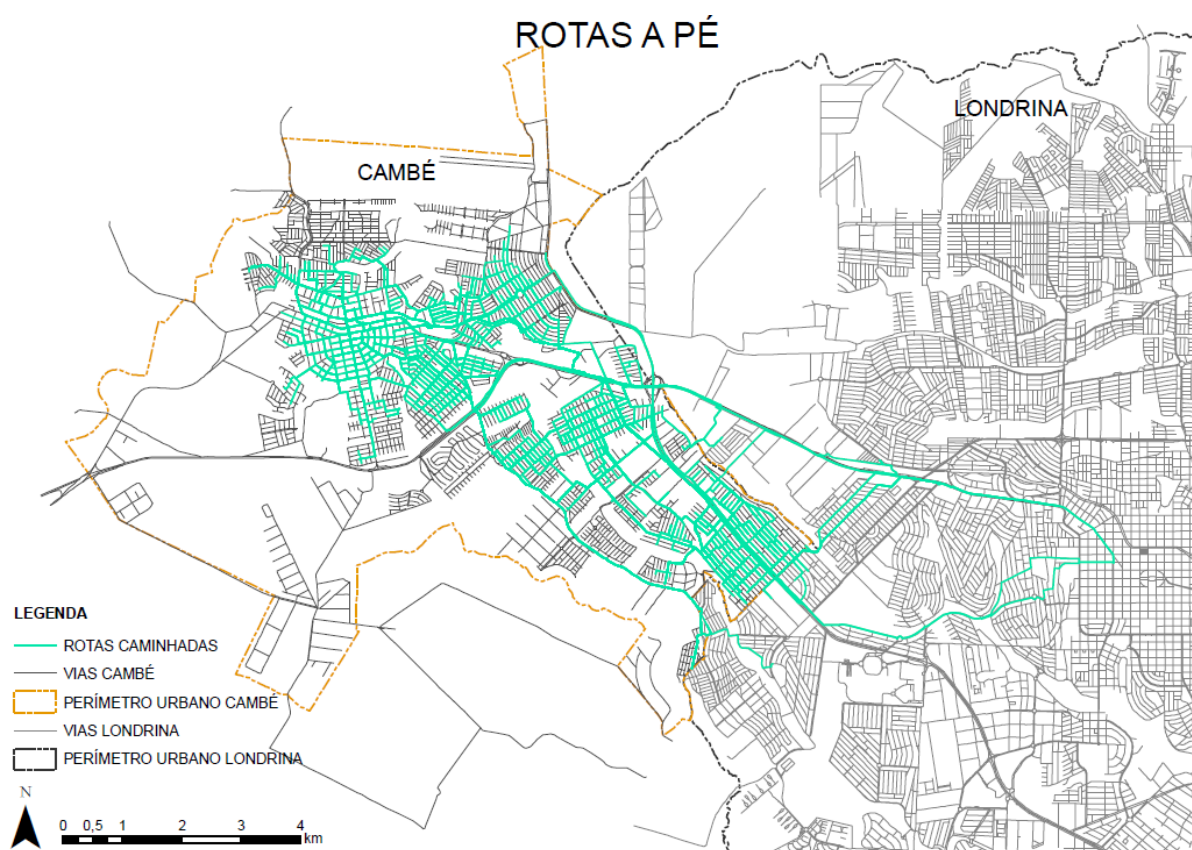
Fonte: ITEDES, 2017. Organizado pela autora<sup>10</sup>, 2020.

<sup>10</sup> Resultados descritos em artigo científico submetido e aprovado para publicação na Revista de Morfologia Urbana, como resultado da pesquisa de Iniciação Científica 2019/2020 da aluna de graduação Maria Luiza Gouvea da Costa

Para o georreferenciamento das rotas, foram descartadas 50 viagens que apresentavam informações de endereço incompletas (e.g. sem número), ou que tinham ambos origem e destino na cidade de Londrina. Assim, o número final de viagens a pé corresponde à amostra de  $n=1.075$ .

Os dados foram espacializados em Sistema de Informações Geográficas (SIG) pelo Grupo de Pesquisa (GP) Design Ambiental Urbano, e seguem o referencial geodésico SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e projeção UTM zone 22S. As origens e destinos das 1.075 viagens foram sistematizados e georreferenciados no aplicativo ArcGIS 10.6 Online, através do mapa de arruamento base disponibilizado pela Prefeitura do Município de Cambé (PMC) e Prefeitura do Município de Londrina (PML) (**Figura 17**). Considerando a intensa relação socioespacial entre Cambé e Londrina, o mapa apresenta também parte do arruamento de Londrina.

**Figura 17.** Espacialização das rotas a pé.



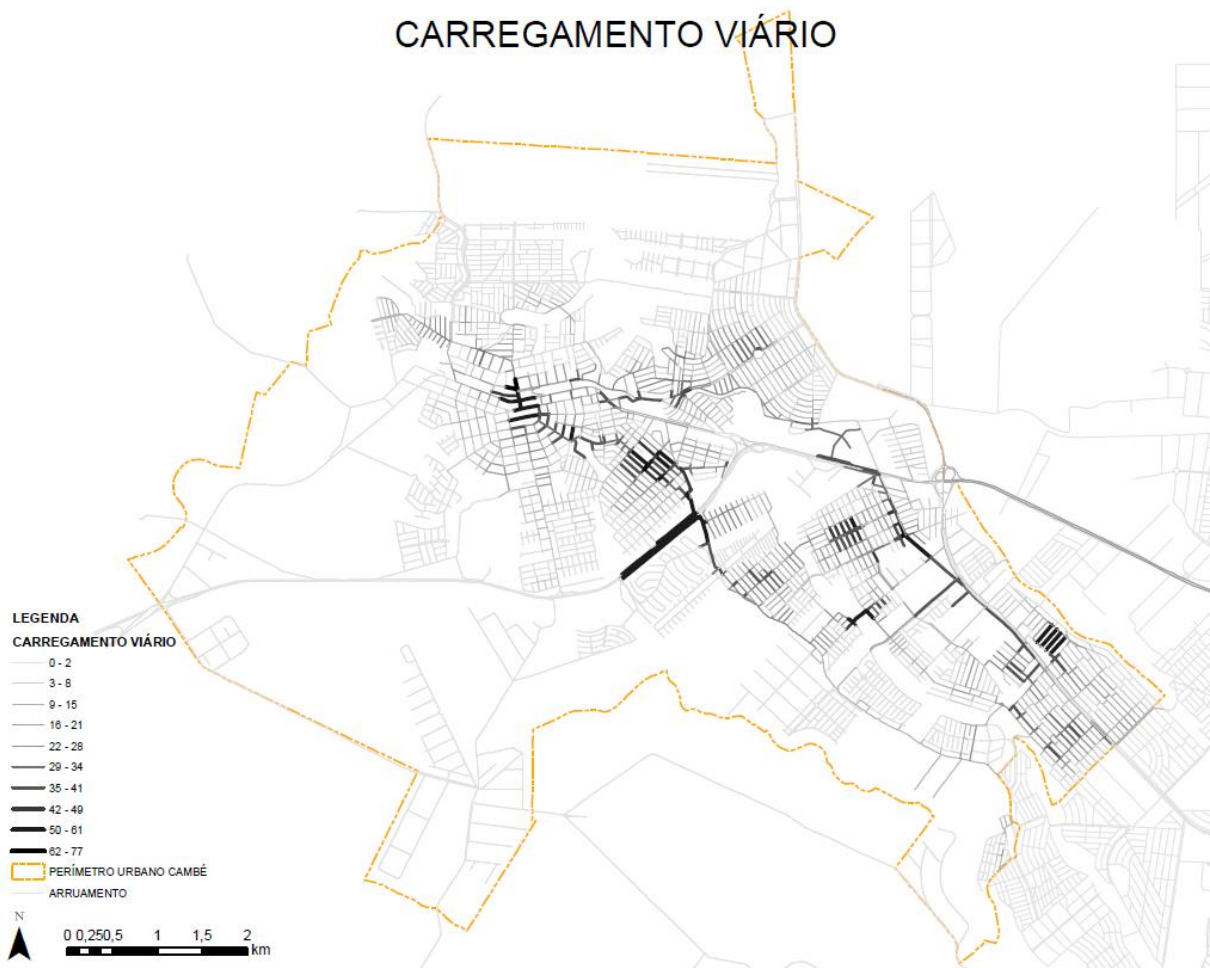
Fonte: ITEDES, 2017; PMC, 2019; PML, 2019. Sistematizado pelo GP Design Ambiental Urbano e organizado pela autora, 2020.

Pela caixa de ferramentas do *Spatial Analyst* do ArcGIS Online e da ferramenta *Connect Origin to Destination*, as rotas foram geocodificadas e os pontos

de origem e destino foram conectados. Esta ferramenta mede a distância entre os pontos considerando os modos de deslocamento (neste caso, a pé) e define caminhos pela malha viária, definindo o caminho mais curto entre origem e destino.

A partir da espacialização das rotas, foi realizado o cálculo do carregamento viário, que corresponde à quantidade de vezes que viagens a pé reportadas na pesquisa OD passaram pela via. A Figura 18 indica os locais e a intensidade das viagens a pé como um mapa de carregamento.

**Figura 18.** Mapa de carregamento viário de Cambé-PR.



Fonte: ITEDES, 2017; PMC, 2019; PML, 2019. Sistematizado pelo GP Design Ambiental Urbano e organizado pela autora, 2020.

O trecho que chama mais atenção na primeira observação do mapa é a linha mais escura que segue na rodovia BR-369 próximo ao acesso sul da cidade, um ambiente completamente desfavorável ao deslocamento a pé. Esse resultado pode estar relacionado à forma como o programa ArcGIS Online sistematiza os dados para gerar as rotas: ele entende que para atravessar a rodovia, o pedestre tenha que fazer o retorno assim como os carros, e talvez por isso tenha dado esse resultado, já

que é a única alternativa “oficial” de transposição da rodovia. Essa é uma limitação da pesquisa, em que as rotas foram geradas automaticamente pelos algoritmos do programa, pela falta de informações do percurso das viagens.

Considerando esse aspecto, foi utilizado nesta pesquisa o volume de pedestres, e não a projeção das rotas em si. Ou seja, o valor do carregamento viário foi agregado nas unidades espaciais de análise, então todas as viagens a pé que passaram por dentro área foram contabilizadas para a comparação com os dados de uso do solo.

### 3.2.2 Uso do Solo

Para a operacionalização do uso misto do solo, foram necessários dados sistematizados e georreferenciados do uso de cada lote da cidade de Cambé. Por isso, foi desenvolvido pelo GP Design Ambiental Urbano o levantamento do uso do solo em cada um dos 37.843 lotes dispostos no mapa base de Cambé, fornecido pela PMC.

Inicialmente, a base cartográfica foi inserida e georreferenciada no programa ArcGIS Desktop 14.4.1, no referencial geodésico SIRGAS2000 e projeção UTM zone 22S, e ajustes foram feitos. Das 41.103 feições totais, foram excluídas as duplicadas, bem como loteamentos projetados em glebas rurais que ainda não foram parceladas. Lotes subdivididos ou agregados também foram atualizados. Lotes em área de preservação permanente (fundos de vale), sem construção visível, foram excluídos.

O levantamento teve início em agosto de 2018, e foi finalizado em agosto de 2020. As informações foram coletadas virtualmente, por meio das imagens de satélite do *Google Maps* e do *Google Street View* (GSV), e inseridas na tabela de atributos de cada lote, no ArcGIS, seguindo um protocolo pré-definido (Tabela 1).

**Tabela 1.** Exemplo de coleta de dados de uso do solo.

ID	TIPO_COM_S	USO_SOLO	QUANT1	QUANT2	QUANT3	QUANT4	QUANT5	N_PAV
01		1	1	0	0	0	0	1
02	oficina e bar	35	0	0	1	0	1	1
03	loja de tintas	12	1	1	0	0	0	2

Fonte: elaborado pela autora, 2020.

O protocolo relacionou informações referentes ao uso (USO\_SOLO), a quantidade de cada uso no lote (QUANT1, QUANT2...), número de pavimentos

(N\_PAV) e, para os usos não-residenciais, a especificação da atividade (TIPO\_COM\_S). Os usos foram numerados de 0 a 5 de acordo com a classificação em: vazio, residencial, comercial, serviço, institucional e entretenimento. As categorias seguiram a classificação aplicada no índice de caminhabilidade (FRANK et al., 2010), e mantém os critérios adotados por Motomura (2017) (Quadro 2). Edificações em construção, abandonadas, para venda ou alugar, foram consideradas como vazios. Lotes com mais de uma atividade, receberam as numerações referentes aos usos, e as quantidades de cada uso foram especificadas.

**Quadro 2.** Critérios de classificação dos usos.

CATEGORIA DE USO DO SOLO		DEFINIÇÃO E EXEMPLOS
1	Residencial	Moradias térreas, condomínios residenciais verticais ou horizontais, considerando o número de unidades habitacionais.
2	Comercial	Estabelecimentos que vendem bens para o consumidor final, e não para revenda. Ex.: farmácias, supermercados, padarias, lojas de roupas.
3	Serviço	Estabelecimentos que suprem necessidades do público mediante pagamento. Ex.: escritório de advocacia, pet shop, clínicas, transportadora, fábricas e pequenas indústrias.
4	Institucional	Lugares que pertencem à administração pública ou que reúne pessoas num mesmo propósito. Ex.: prefeitura, unidades de saúde, escolas públicas e privadas, igrejas.
5	Entretenimento	Lugares destinados à atividades recreativas e de lazer. Ex.: bar, restaurante, cafeteria, academia, clube.

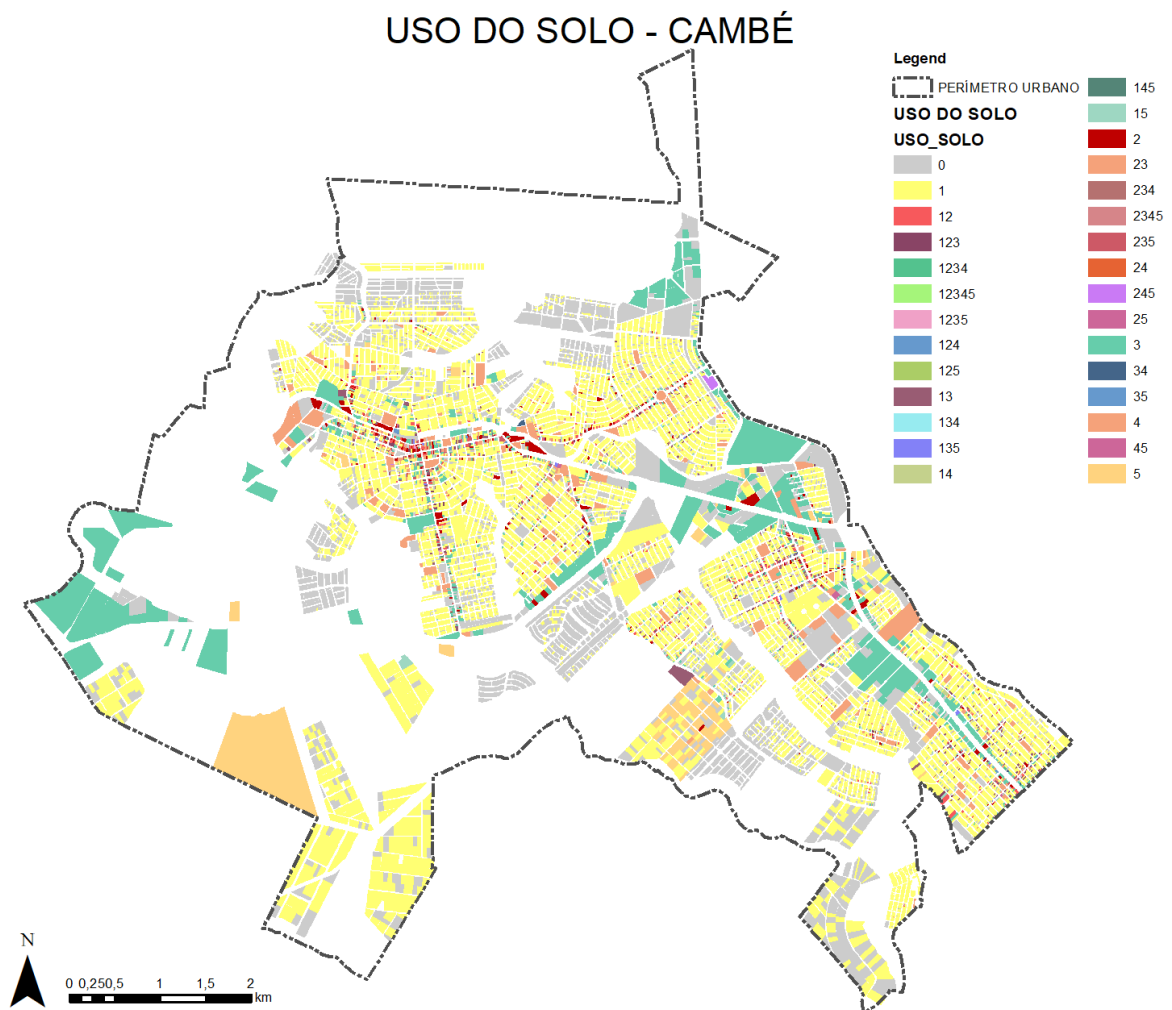
Fonte: MOTOMURA, 2017. Modificado pela autora, 2020.

As datas das imagens do GSV variam de acordo com a região da cidade: nos bairros mais afastados, encontram-se imagens de 2011 e 2015; na região central e mais urbanizada, as imagens mais recentes datam setembro de 2019 e fevereiro de 2020. Nos casos em que a imagem estava desatualizada ou pouco nítida, em que não era possível identificar o uso remotamente, foram marcadas observações e todas as dúvidas foram conferidas *in loco* em agosto de 2020. A conferência foi realizada durante o horário comercial, então os estabelecimentos que se encontravam fechados e sem identificação foram classificados como vazios. Shoppings e centros comerciais tiveram todas as atividades conferidas pessoalmente. Assim, os dados de uso do solo foram sistematizados e são apresentados na **Figura 19**.

Como o foco desta pesquisa é a mistura de usos, é importante

ressaltar que os lotes com uso misto receberam a numeração de cada uso (por exemplo, residencial + comercial = 12; residencial + serviço + entretenimento = 135). Se cada uma das 5 categorias pode se tornar uso misto bifuncional, então só assim já terão potencialmente 10 categorias. No caso de Cambé, foram levantadas 28 categorias. Isso faz com que o mapa se torne pouco legível devido ao grande número de categorias.

**Figura 19.** Mapa de uso do solo de Cambé-PR.



Fonte: PMC, 2019 e GP Design Ambiental Urbano. Organizado pela autora, 2020.

### 3.2.2.1 Medidas de UMS e Estratégias de Categorização

A partir da base de dados de uso do solo e da fundamentação teórica, foram definidos três métricas de UMS para aplicação na pesquisa: o índice de entropia como medida de equilíbrio; o MXI para aferir a proporção em que os usos estão distribuídos na área de estudo; e a contagem de destinos caminháveis. O MXI, no

entanto, foi calculado pela quantidade de lotes destinada a cada uso, e não pela razão entre a taxa de ocupação e o tamanho do lote, pela inexistência desses dados.

Para cada métrica, as categorias de uso do solo foram agrupadas a partir de diferentes estratégias (**Quadro 3**). Para o cálculo da entropia, manteve-se os dados na classificação original, aqui chamada tradicional, em cinco categorias (FRANK et al., 2010). Na aplicação do MXI os dados foram reclassificados em três categorias de funções, considerando a ação do pedestre (DOVEY; PAFKA, 2017; HOEK, 2009). Por fim, foi criada uma classificação a partir da frequência dos destinos caminháveis, em cotidianos ou eventuais (MAVOA et al., 2018), como uma tentativa de capturar a complementaridade funcional (HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001). Considerando que o foco da pesquisa é a caminhada como meio de transporte, usos atrativos para caminha recreativa não foram considerados (como parque e lagos).

**Quadro 3.** Medidas de uso misto e suas categorias.

MEDIDA	Entropia	MXI	Contagem de Destinos
<b>DEFINIÇÃO</b>	$E = - \sum_{i=1}^N \frac{P_i \times \ln(P_i)}{\ln N}$	( %morar / %trabalhar / %visitar)	presença = 1 ausência = 0
<b>CATEGORIAS</b>	1. Residencial 2. Comercial 3. Serviço 4. Institucional 5. Entretenimento	1. Morar 2. Trabalhar 3. Visitar	1. Cotidianos 2. Eventuais

Fonte: Frank et al. (2010); Hoek (2009); Mavoa et al. (2018). Elaborado pela autora, 2021.

A recategorização foi feita com base nos critérios usados pelos próprios autores das referências citadas. No caso do MXI, a categoria *residencial* foi automaticamente transferida para *morar*, usando o *Field Calculator* do ArcGIS, mas as outras duas precisaram de uma análise mais criteriosa, possível pela existência de informações detalhadas das atividades de cada lote. De acordo com Hoek (2009), a principal diferença entre *trabalhar* e *visitar* é a quantidade de visitantes: no trabalho, a maioria dos usuários são funcionários (como escritórios, laboratórios, indústrias); já atividades comerciais e culturais recebem muitos visitantes ao longo do dia (**Quadro 4**).

Da mesma forma que o levantamento original, os lotes com mais de um uso receberam os respectivos números e foram contabilizados em todas as categorias existentes (123=morar+trabalhar+visitar, 12=morar+trabalhar,

23=trabalhar+visitar e 13=morar+visitar).

Por fim, as categorias de destinos foram criadas seguindo a mesma lógica das funções (DOVEY; PAFKA, 2017; HOEK, 2009), mas considerando a característica do deslocamento e a frequência com que ele acontece (MAVOA et al., 2018). Para *destinos cotidianos*, aqueles realizados diariamente, foi considerada a categoria *trabalhar* (**Quadro 4**) acrescida de instituições de ensino (IE), já que são atividades mandatórias que os usuários geralmente vão e voltam sempre no mesmo horário; para os *destinos eventuais*, aqueles que recebem visitantes regularmente, foram consideradas as atividades da categoria *visitar* (**Quadro 4**), com exceção das IE (já consideradas). Também foram excluídos os destinos não-caminháveis, aqueles em que dificilmente o morador iria a pé, como atividades de saúde (e.g. hospital, pronto atendimento), e de serviço automotivo (e.g. oficina mecânica, borracharia, loja de peças, estacionamento, lavagem de carros).

**Quadro 4.** Descrição das categorias do MXI.

1. Morar	2. Trabalhar	3. Visitar
Casas	Escritórios	Comércios
Apartamentos	Indústrias	Varejos
Condomínios horizontais	Fábricas	Restaurantes/bares
Vilas	Laboratórios	Salão de beleza
Chácaras residenciais	Emissoras	Bancos
		Hotéis
		Serviços em geral
		Prefeitura/secretarias
		Terminais rodoviários
		Universidades
		Escolas
		Consultórios
		Hospitais
		Equipamentos culturais
		Igrejas

Fonte: Hoek (2009), adaptado pela autora.

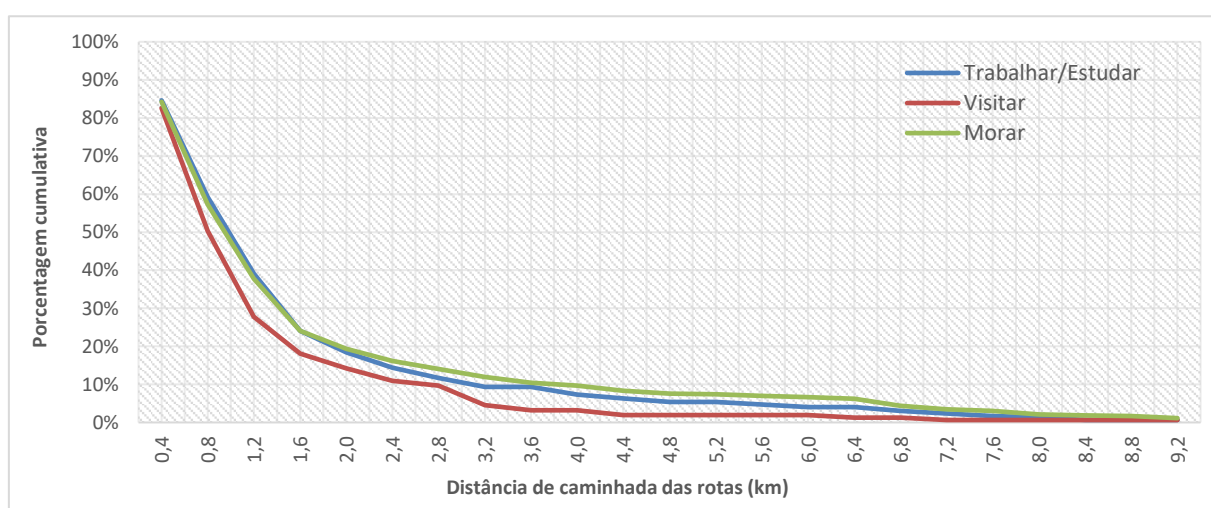
### 3.2.3 Densidade Residencial

A densidade residencial foi calculada a partir dos dados do levantamento de uso do solo, já que os dados mais recentes do IBGE são de 2010. A quantidade de unidades habitacionais foi multiplicada pela média de moradores por município (três, de acordo com o Plano Diretor do Município de Cambé) e dividida pela área de análise em km<sup>2</sup>. Os dados, agregados nas áreas de análise, serão mostrados na tabela dos resultados e em um mapa de densidade residencial.

### 3.3 UNIDADES ESPACIAIS DE ANÁLISE

Considerando que a cidade de Cambé-PR é cortada por barreiras físicas (rodovias, ferrovia e fundos de vale), é aplicada nessa pesquisa a análise a partir de *buffers* de rede. Para definir o raio do *buffer* de análise, foram considerados os resultados da pesquisa de iniciação científica<sup>11</sup> realizada com os dados de OD de Cambé, que classificou as rotas a partir dos motivos de deslocamento. A pesquisa encontrou evidências de que mais da metade de todas as viagens a pé foram realizadas até 800 metros e duram até 15 minutos (**Gráfico 2**). Destas, a maioria foi realizada até 400 m. Assim, foram definidos os raios de 400, 600 e 800 metros, frequentemente usados na literatura.

**Gráfico 2.** Curva de decaimento de distâncias percorridas em Cambé.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

<sup>11</sup> Resultados descritos em artigo científico submetido e aprovado para publicação na Revista de Morfologia Urbana, como resultado da pesquisa de Iniciação Científica 2019/2020 da aluna de graduação Maria Luiza Gouvea da Costa.

Os *buffers* de rede foram gerados no ArcGIS Desktop 10.4.1, por meio da ferramenta *Service Area Solver* da extensão *Network Analyst*. Essa ferramenta cria uma área de serviço ao redor de um ponto a partir de um raio especificado, que representa a distância máxima que pode ser percorrida ao longo da malha viária dentro desse raio.

Para isso, a primeira etapa foi criar um *Network Dataset* com a malha viária de Cambé e Londrina<sup>12</sup>, já que esta pesquisa considera a contiguidade da mancha urbana. Depois, foi necessário converter cada segmento em diversos pontos equidistantes ao longo da linha pela ferramenta de edição *Construct Points*, que são as posições onde as áreas de serviço são computadas. Isso é feito em cada ponto do segmento, para finalmente serem unidos em um único *buffer* de cada segmento pela ferramenta de gerenciamento de dados *Dissolve*.

A partir disso, cada lote da base foi transformado em um ponto, localizado no centroide do polígono, pela ferramenta *Feature to Point*. A camada de pontos foi então unida com a camada de cada *buffer* com o *Spatial Join*, que agregou os dados de uso do solo com as áreas de análise. Em seguida, foram exportadas as tabelas de atributos de cada *buffer* para o Microsoft Excel, onde foram realizados os cálculos e as medidas de uso misto foram sistematizadas. Após a aplicação das medidas, foram gerados gráficos e os resultados foram anexados novamente na tabela de atributos dos *buffers*, no ArcGIS, para a criação de mapas temáticos, com os resultados classificados em quintil.

### 3.4 ESTRATÉGIA ANALÍTICA

O conjunto de dados da pesquisa foi elaborado a partir dos dados do uso do solo aplicados nas três medidas de UMS, e dos dados de deslocamento a pé (carregamento viário), agregados nos *buffers* de 400, 600 e 800 metros. A medida de destinos, por ser uma somatória simples (e quanto maior a área, maior a quantidade de destinos caminháveis dentro dele), foi normalizada pela área do *buffer* em metros para permitir comparações.

As variáveis MXI\_1, MXI\_2 e MXI\_3 (a porcentagem de cada categoria) são correlacionadas entre si, e com o objetivo de sintetizar as três variáveis

---

<sup>12</sup> Os *shapefiles* de arruamento de cada cidade foram unidos pela ferramenta *Merge* e depois explodidos com o *Dissolve*, para que os pontos das vias na divisa das cidades formem uma única linha.

em uma única variável, foi feita a análise de componentes principais e gerada a variável MXI, em que:

$$MXI = 0,56MXI_1 - 0,57MXI_2 - 0,58MXI_3$$

Para essa nova variável (MXI), valores elevados indicam valores elevados de MXI\_1 e valores baixos para MXI\_2 e MXI\_3, assim como valores baixos de MXI indicam valores baixos de MXI\_1 e valores elevados para MXI\_2 e MXI\_3. Os resultados são apresentados na Tabela 2, e para complementar as análises, os dados foram organizados em gráficos.

Para identificar grupos com características semelhantes em relação às variáveis de uso misto do solo e dos deslocamentos realizados por pedestres, foi feita a análise de clusters usando-se o pacote cluster (MAECHLER et al., 2019) do *software* R Core Team (2021). As variáveis usadas na análise foram: tipologia dos segmentos (acesso, aglomerado, bairro e centro); *buffer* (400, 600 e 800); medidas de UMS (entropia, MXI, contagem de destinos cotidianos e eventuais); viagens a pé (carregamento viário); e densidade residencial.

O número de clusters foi definido de acordo com o coeficiente do critério “*silhouette*” (ROUSSEEUW, 1987). Esse coeficiente varia de -1 a 1, e valores maiores que 0,5 indicam alta qualidade dos clusters. Foram formados quatro clusters e o valor do coeficiente “*silhouette*” = 0,6. Após a formação dos quatro clusters, foi verificada a importância de cada variável na formação. A importância varia de zero a um, sendo que quanto mais o valor for próximo de um, maior é a importância da variável para a formação dos clusters identificados.

Para comparar os dados das variáveis entre os clusters, para a variável “tipologia” foi feito o teste Exato de Fisher seguido do teste z, e para as variáveis quantitativas (medidas, viagens a pé e densidade residencial) foi feita a Análise de Variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey. O nível de significância usado foi 0,05. Se o p-valor < 0,05, as porcentagens (para a variável “tipologia”) ou médias (para variáveis quantitativas) são seguidas por letras, sendo que letras iguais indicam que não há diferença de determinada variável entre os clusters, e se as porcentagens ou médias são seguidas por letras diferentes há diferenças. Na Tabela 3 são apresentados os resultados das comparações das variáveis entre os clusters e as importâncias das variáveis. Todas as análises foram feitas no *software* R Core Team (2021).

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados encontrados na aplicação dos procedimentos metodológicos no estudo de caso. Primeiro, serão mostradas as áreas de uso misto, que deram base para a criação dos *buffers* de rede. Em seguida, será apresentada uma tabela geral com as variáveis operacionalizadas (medidas de UMS, viagens a pé e densidade residencial), agregadas nas áreas de análise, e os respectivos gráficos. Em seguida, será apresentado como esses resultados estão dispostos no espaço, com o auxílio de mapas temáticos. Por fim, é discutida a análise estatística por clusters, com a identificação dos padrões de agrupamento entre as áreas de análise.

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE USO MISTO

Como este trabalho se propõe a questionar as estratégias operacionais que vêm sendo aplicadas, a primeira definição seria a delimitação das unidades de análise, visto que unidades administrativas ou setores censitários não consideram a homogeneidade espacial.

Buscou-se uma abordagem que prioriza e identifica as áreas de uso misto da cidade ao invés da subdivisão de todo o perímetro urbano. Para evitar distorções de leitura, será considerada a extensão de área onde os usos são mistos e a granularidade em que ocorrem (HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001). Por isso, optou-se pela criação segmentos ao longo de vias com uso misto para, a partir deles, gerar os *buffers* de rede. Em tal aproximação insere-se a questão do uso misto do solo enquanto destino motivador para o deslocamento a pé (CERIN et al., 2007; LESLIE et al., 2007) e não os usos não residenciais inseridos no bairro, estratégia dos índices de caminhabilidade disseminados (FRANK et al., 2010).

Para a criação desses segmentos, foram identificados no mapa de uso do solo de Cambé (**Figura 19**) as áreas de uso misto, considerando a mistura não apenas pela quantidade de usos (BATTY et al., 2004) mas também pela localização e concentração dos usos no espaço (SONG; MERLIN; RODRIGUEZ, 2013).

A partir dos conceitos de *quantidade* e *proximidade*, as áreas foram identificadas e classificadas em “padrões de mistura” considerando sua granularidade. Isto é, pelos diferentes tipos de atividades e concentração dos usos não-residenciais,

para tentar capturar misturas qualitativamente diferentes.

Observa-se a temporalidade na identificação dessas características espaciais dos usos não residenciais. Inicialmente, no núcleo planejado pela CTNP, a avenida Inglaterra era a concentração das atividades comerciais e de serviços bem com o acesso inicial sul, a avenida Brasil.

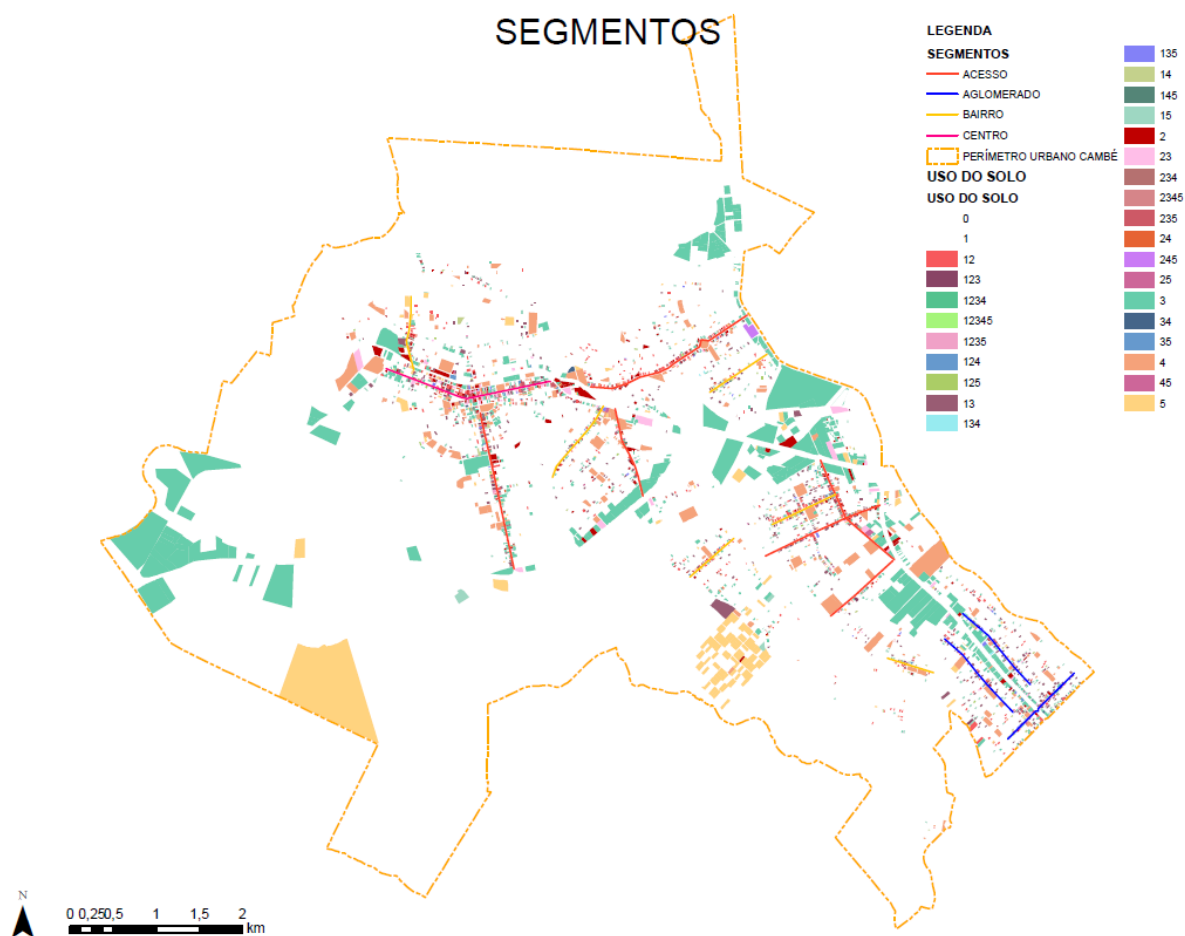
A expansão ao norte da linha férrea e a organização de núcleos industriais, ao sudoeste definiram novas centralidades além do centro inicial. Os Bairros Jardim Santo Amaro, Novo Bandeirantes e o Ana Rosa, próximos às unidades industriais da rodovia e fragmentados e com uma ocupação de alta densidade horizontal, fez surgir novas centralidades para atender a demanda. Soma-se a contiguidade de bairros no limite do perímetro urbano da cidade de Londrina.

Rowley (1996) apontou que a localização de usos mistos do solo propiciaria diferentes atividades urbanas assim como indicou Jacobs (2011) nas cidades americanas. Portanto, a leitura a partir da granularidade, da proximidade e da temporalidade dos usos mistos do solo propiciou a identificação de 4 tipologias de padrões de mistura diferenciados na cidade de Cambé-PR:

- a. **Centro:** corresponde ao núcleo inicial da cidade, maior concentração de usos não-residenciais variados;
- b. **Acessos:** vias de acesso à cidade a partir das rodovias, caracterizada principalmente por barracões de serviços;
- c. **Bairros:** centralidades locais, com atividades comerciais de pequeno porte ao longo da via mais movimentada;
- d. **Aglomerado urbano:** área com forte conexão com a cidade de Londrina, em que os usos não-residenciais estão dispersos ao longo do bairro e nas margens da PR-445.

A partir dessas tipologias de mistura, foram traçados 16 segmentos ao longo das vias de maior concentração de usos não-residenciais (**Figura 20**), para então gerar os *buffers* de rede nos três raios (Figura 21). Os segmentos, classificados de acordo com o padrão, foram numerados e localizados para facilitar a identificação nas etapas seguintes (**Quadro 5**).

**Figura 20.** Usos não-residenciais e segmentos para criação dos *buffers* de rede.



Fonte: PMC, 2019 e GP Design Ambiental Urbano. Organizado pela autora, 2020.

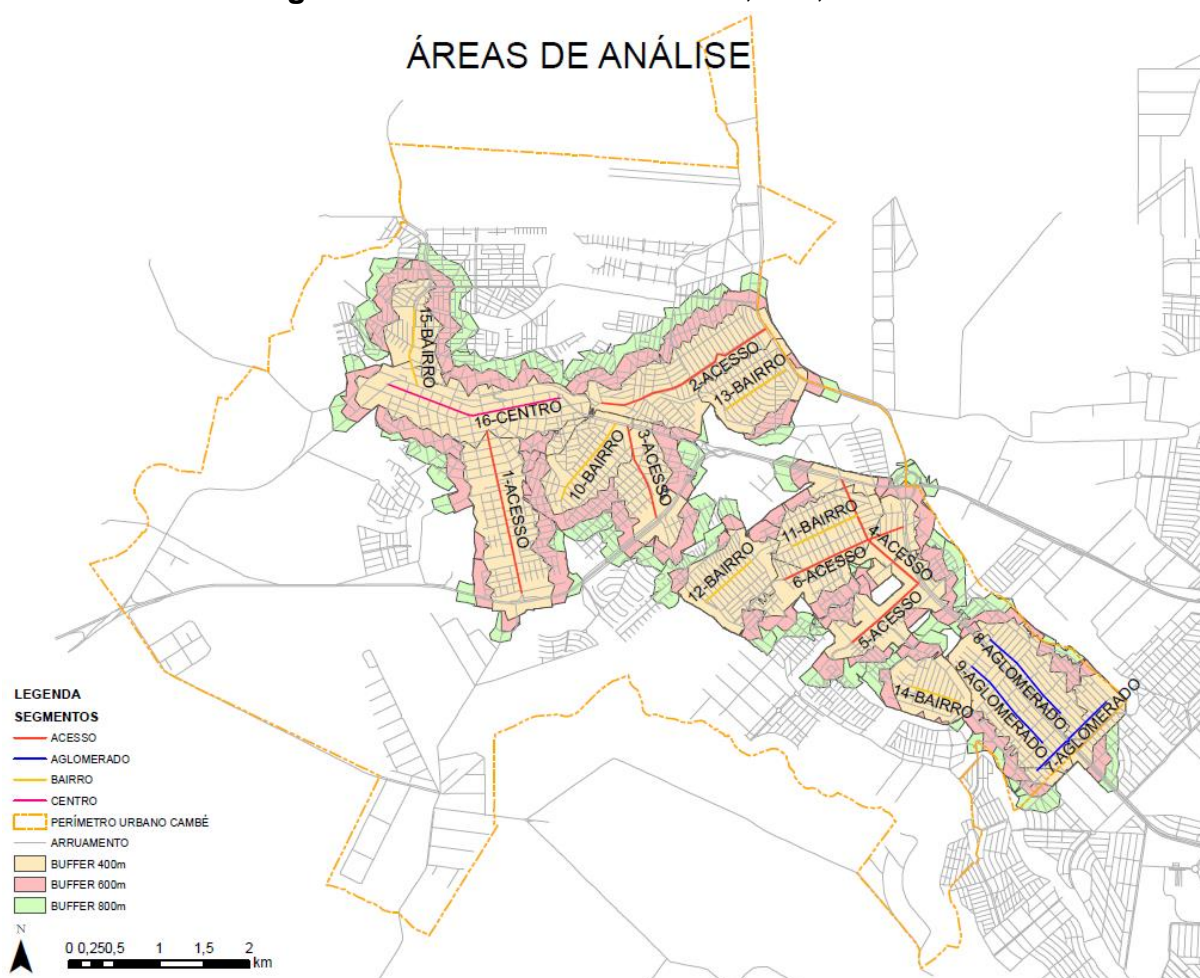
**Quadro 5.** Identificação e localização dos segmentos.

ID	Tipo	Localização
1	ACESSO	Avenida Brasil - Bairro Seis de Agosto
2	ACESSO	Avenida Antônio Ramineli - Parque Residencial Ana Rosa
3	ACESSO	Rua da Esperança - Jardim Morumbi
4	ACESSO	Avenida Gabriel Freceiro de Miranda - Jardim Santo Amaro
5	ACESSO	Avenida Pedro Viriato P. de Souza - Residencial Golden Park
6	ACESSO	Rua Rio Paraná - Jardim Santo Amaro
7	AGLOMERADO	Avenida Valdomiro Ferreira da Silva - Jardim Novo Bandeirantes
8	AGLOMERADO	Rua Antônio Dias Adorno - Jardim Riviera / Novo Bandeirantes
9	AGLOMERADO	Rua Zacarias de Góes Vasconcelos - Jardim Silvino / Novo Bandeirantes
10	BAIRRO	Avenida Brasília - Jardim São José / Eldorado
11	BAIRRO	Avenida José Afonso dos Santos - Jardim Santo Amaro
12	BAIRRO	Avenida Bernadino de Campos - Jardim São Paulo
13	BAIRRO	Avenida Jácomo Rossini - Parque Residencial Ana Rosa
14	BAIRRO	Rua Guaíra - Jardim Ana Eliza

15	BAIRRO	Estrada da Prata - Conjunto Habitacional Waldomiro Gomes
16	CENTRO	Avenida Inglaterra - Centro

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

**Figura 21.** Buffers de rede de 400, 600, e 800 m.



Fonte: PMC, 2019; PML, 2019. Elaborado pela autora, 2021.

## 4.2 OPERACIONALIZAÇÃO DAS MEDIDAS DE UMS

Para a operacionalização das medidas de uso misto do solo, os dados foram sintetizados por tipologia, com três possibilidades de mensuração de usos do solo misto – entropia, MXI, destinos cotidianos e eventuais – bem com a quantidade de deslocamento a pé e a densidade residencial, em buffers de rede de 400, 600 e 800m.

A Tabela 2 apresenta o resultado da aplicação da entropia, do MXI em porcentagem (MXI\_1, MXI\_2 e MXI\_3) e no índice único (MXI), e da contagem de destinos cotidianos (CD\_1) e eventuais (CD\_2). Todos os valores foram arredondados

para 4 casas decimais, e os maiores e menores valores de cada variável estão indicados na tabela para facilitar a identificação.

De maneira geral, os resultados indicam diferentes comportamentos das estratégias de operacionalização do uso misto do solo em diferentes áreas da cidade. O maior valor de entropia foi encontrado no centro (#16) no *buffer* de 400 m, como já era esperado, já que é um bairro com alta concentração de amenidades (31%) e trabalho (06%). O centro também apresenta o maior valor na contagem de destinos cotidianos (CD\_1), por outro lado, observou-se a diminuição dos valores tanto da Entropia quanto do CD\_1 com o aumento do raio do *buffer*. Em contrapartida, esse segmento apresenta o menor valor de MXI, que cresce proporcionalmente conforme o raio do *buffer* aumenta.

Já o menor valor de entropia foi do Jd. Ana Eliza (#14) no *buffer* de 800 m, bairro predominantemente residencial (94% dos lotes são da categoria “morar”). Seguindo a mesma lógica que o centro, apresenta um resultado inverso no MXI, com o maior valor da medida também no *buffer* de 800 m. O bairro ainda apresenta a menor contagem de destinos eventuais (600 m) e a menor quantidade de viagens a pé (400 m).

A menor contagem de destinos cotidianos está no Jd. São Paulo (#12) no *buffer* de 800 m, enquanto a maior quantidade de destinos eventuais é encontrada no Jd. Santo Amaro (#11) no *buffer* de 600 m. A maior densidade residencial é encontrada no Pq. Ana Rosa (#13), e a menor no Residencial Golden Park (#5), que é um segmento da tipologia de acesso, ambos valores no *buffer* de 400 m.

Já a maior quantidade de viagens a pé está localizada no *buffer* de 800 m do acesso da Rua Rio Paraná (#6), no Jd. Santo Amaro. Ou seja, os valores mais significativos (maiores e menores) da tabela estão nos segmentos do tipo “bairro” e no centro, com exceção da quantidade de viagens a pé, que está no tipo “acesso”.

**Tabela 2.** Medidas de Uso Misto do Solo, Viagens a pé e Densidade Residencial por segmento.

ID	Tipologia	Buffer	Entropia	MXI_1(%)	MXI_2(%)	MXI_3(%)	MXI Total	CD_1	CD_2	Viagens a pé	Densidade Residencial
				Morar	Trabalhar	Visitar		Cotidianos	Eventuais		
1	Acesso	400	0,4764	79	04	17	0,3394	0,0429	0,1639	1627	4211,64
		600	0,4531	82	03	15	0,3742	0,0342	0,1318	2782	3914,79
		800	0,4533	82	03	15	0,3722	0,0309	0,1265	3931	3758,11
2	Acesso	400	0,3300	89	01	10	0,4614	0,0048	0,1615	3035	5041,77
		600	0,2968	89	01	10	0,4635	0,0039	0,1470	4322	5088,98
		800	0,2988	90	00	10	0,4673	0,0055	0,1332	4937	4967,26
3	Acesso	400	0,2618	89	02	09	0,4580	0,0205	0,0953	3714	5124,96
		600	0,2650	89	02	09	0,4625	0,0198	0,0844	5329	4368,35
		800	0,2830	89	02	09	0,4628	0,0187	0,0814	6546	4008,95
4	Acesso	400	0,4101	80	02	18	0,3523	0,0277	0,1783	2936	4464,99
		600	0,3678	81	02	17	0,3703	0,0225	0,1561	4613	4367,06
		800	0,3712	83	02	15	0,3892	0,0193	0,1366	6648	4146,22
5	Acesso	400	0,3688	83	02	15	0,3831	0,0178	0,1227	1729	3584,25*
		600	0,2745	84	02	14	0,3966	0,0168	0,1168	2957	4954,88
		800	0,2935	86	02	12	0,4180	0,0154	0,1098	4466	4557,67
6	Acesso	400	0,4432	83	01	16	0,3829	0,0161	0,1945	3286	4426,93
		600	0,3822	83	01	16	0,3897	0,0175	0,1827	5033	4893,55
		800	0,3670	84	02	14	0,4011	0,0160	0,1507	6763**	4478,33
7	Aglomerado	400	0,4731	82	02	16	0,3766	0,0253	0,2298	1157	5261,71
		600	0,4206	84	02	14	0,3991	0,0273	0,1872	1871	5047,90
		800	0,4175	84	02	14	0,4029	0,0249	0,1679	2221	4549,63
8	Aglomerado	400	0,4855	79	03	18	0,3464	0,0355	0,2830	1860	5405,93
		600	0,4332	80	03	17	0,3571	0,0331	0,2465	2687	5525,73
		800	0,4185	83	02	15	0,3833	0,0271	0,2130	3546	5268,51

<b>9</b>	<b>Aglomerado</b>	400	0,4583	80	02	18	0,3559	0,0328	0,2108	2169	4343,76
		600	0,4338	81	02	17	0,3696	0,0279	0,2070	3470	4388,99
		800	0,4299	83	02	15	0,3876	0,0220	0,1963	4340	4504,36
<b>10</b>	<b>Bairro</b>	400	0,3152	89	01	10	0,4613	0,0251	0,1101	1864	4532,21
		600	0,2407	91	01	08	0,4817	0,0197	0,0915	3427	5491,76
		800	0,2506	91	01	08	0,4834	0,0195	0,0913	4880	5214,38
<b>11</b>	<b>Bairro</b>	400	0,4912	80	02	18	0,3562	0,0335	0,3262	3296	6103,28
		600	0,4458	82	02	16	0,3780	0,0316	0,3780**	4070	5044,02
		800	0,4395	82	02	16	0,3765	0,0239	0,3765	4562	4645,86
<b>12</b>	<b>Bairro</b>	400	0,2770	90	00	10	0,4734	0,0027	0,1383	1839	4860,94
		600	0,2559	90	00	10	0,4758	0,0027	0,1262	2333	4524,03
		800	0,2703	91	00	09	0,4763	0,0024*	0,1077	3049	3990,19
<b>13</b>	<b>Bairro</b>	400	0,2458	91	01	08	0,4796	0,0056	0,1330	797	6143,08**
		600	0,3091	89	01	10	0,4528	0,0063	0,1502	1432	5364,23
		800	0,3206	89	01	10	0,4551	0,0046	0,1486	1976	5084,05
<b>14</b>	<b>Bairro</b>	400	0,2228	93	00	07	0,5023	0,0079	0,0930	473*	4782,73
		600	0,1985	94	00	06	0,5139	0,0060	0,0741*	672	4404,42
		800	0,1794*	94	00	06	0,5148**	0,0055	0,0753	910	5171,97
<b>15</b>	<b>Bairro</b>	400	0,3936	84	02	14	0,3967	0,0157	0,1599	958	3920,21
		600	0,3241	88	01	11	0,4433	0,0172	0,1247	1637	4215,67
		800	0,3449	88	01	11	0,4489	0,0229	0,1036	2409	4167,85
<b>16</b>	<b>Centro</b>	400	0,6444**	63	06	31	0,1561*	0,0606**	0,2499	3149	3620,18
		600	0,5393	73	04	23	0,2719	0,0475	0,1829	4697	3791,89
		800	0,4863	79	03	18	0,3397	0,0390	0,1552	6383	3850,05

\*menor valor por coluna

\*\*maior valor por coluna

Fonte: elaborado pela autora, 2021.

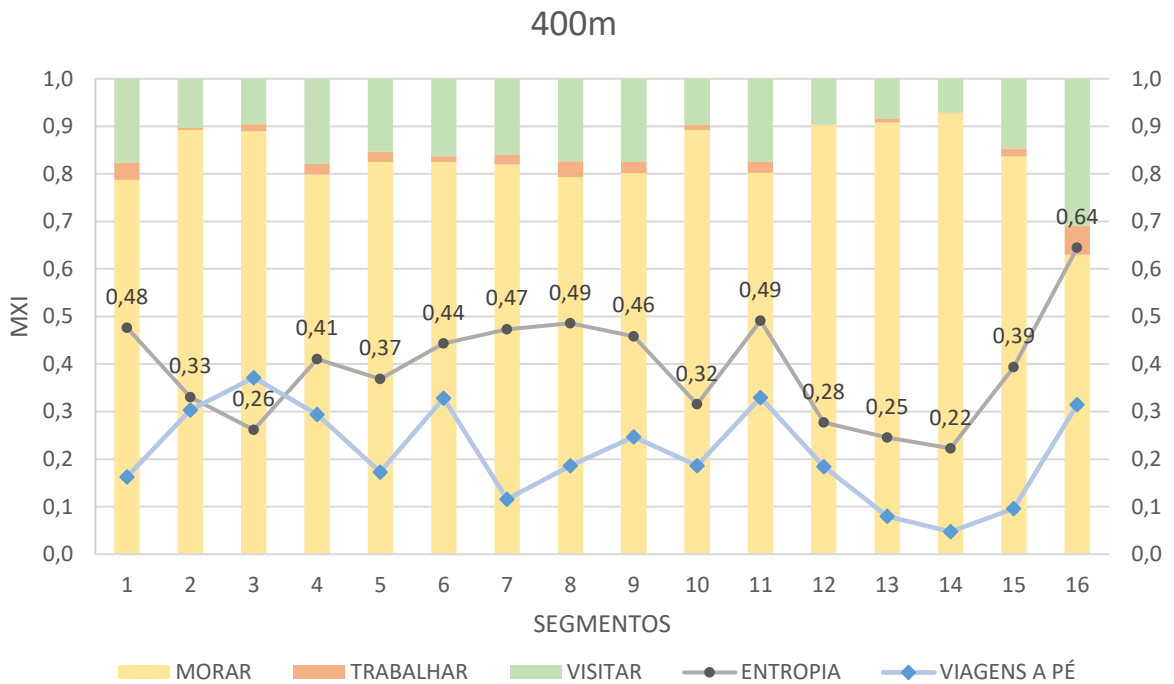
A partir desses resultados foi sistematizada uma comparação entre o MXI, a Entropia e as viagens a pé em cada segmento no raio de 400 metros (Gráfico 3) e de 800 metros (Gráfico 4). A quantidade de viagens a pé foi dividida por dez mil para reduzir as casas decimais e melhorar a leitura do gráfico (com valores entre 0 e 1).

Em uma leitura inicial do Gráfico 3, observa-se que os eixos dos valores de entropia e de viagens a pé seguem uma mesma tendência nos segmentos 10 a 16, que corresponde aos bairros e o centro, que não ocorre nos segmentos de acesso e aglomerado (#1 a #9). Enquanto no centro e nos bairros os maiores valores de entropia estão relacionados com maiores níveis de caminhada, nos acessos e aglomerado essa relação não é linear. Destaca-se o segmento #3, no acesso pela rua da Esperança, que tem baixa entropia (0,26) e alta quantidade de viagens a pé (0,37), e o segmento #1, no acesso sul pela avenida Brasil, que tem alta entropia (0,48) e poucas viagens a pé (0,16).

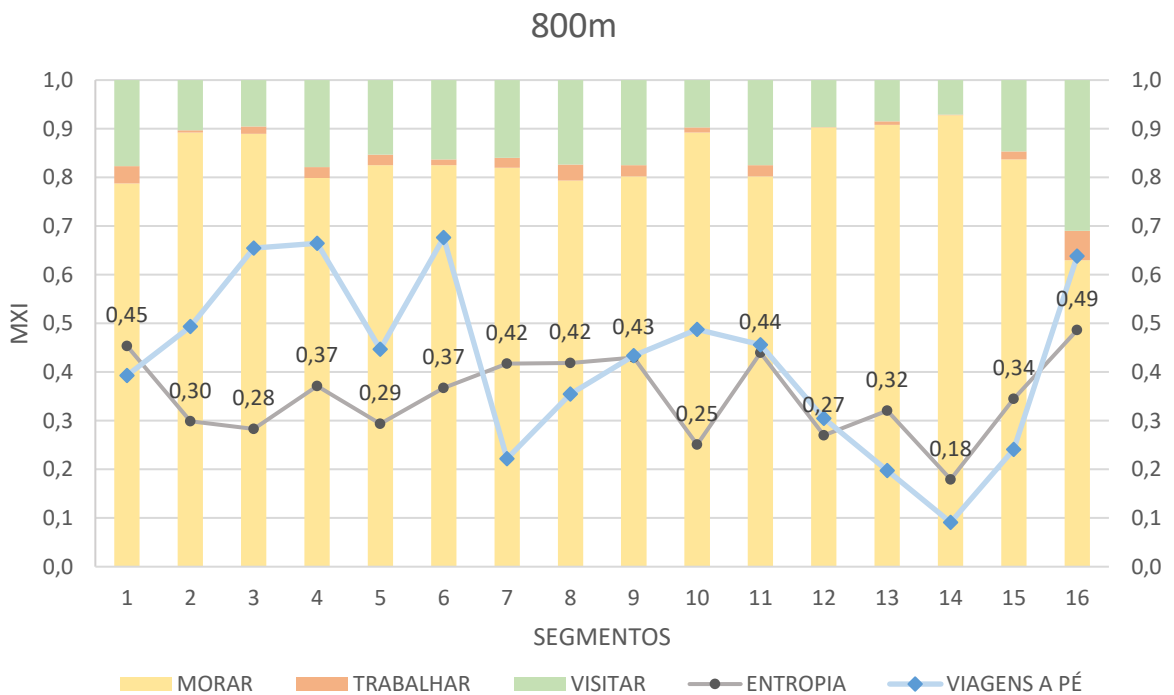
Outro segmento de destaque no Gráfico 3 é o #11, que corresponde ao Jd. Santo Amaro, no núcleo Industrial da cidade (**Figura 15**). Ele apresenta alto valor de viagens a pé (0,33) e o segundo maior valor de entropia (0,49). No entanto, o segmento #8, localizado no aglomerado urbano, Jd. Novo Bandeirantes, possui o mesmo valor de entropia (0,49) mas com um nível indicado menor de caminhada (0,19).

Já no Gráfico 4, em que os dados foram agregados em uma área maior, não há uma relação linear (direta nem indireta) indicada entre as medidas e a variável de viagens a pé. Observa-se uma redução dos valores de entropia, apesar de seguirem a mesma tendência, em que o valor mais alto (0,49) continua sendo encontrado no centro (#16). O volume de caminhada, por outro lado, aumentou significativamente, principalmente nos segmentos de acesso (#1 a #6) e no centro (#16).

Observa-se ainda que o alto valor de entropia do centro (#16) coincide com mais opções de destinos parar trabalhar e visitar, e está diretamente relacionado à uma distribuição mais proporcional dos usos, como indicado na teoria (SONG; MERLIN; RODRIGUEZ, 2013). No mesmo sentido, é possível identificar um comportamento antagônico entre o MXI e a entropia – maiores valores de entropia apresentam menores porcentagens da categoria “morar”, o que pode explicar a relação inversa da entropia com o MXI Total identificada na Tabela 2.

**Gráfico 3.** Relação entre MXI, Entropia e viagens a pé no *buffer* de 400 m.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

**Gráfico 4.** Relação entre MXI, Entropia e viagens a pé no *buffer* de 800 m.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Da mesma forma, foram organizados os dados da contagem de destinos (classificados em cotidianos e eventuais), da Entropia e viagens a pé por área, também nos *buffers* de 400 metros (Gráfico 5) e 800 metros (Gráfico 6).

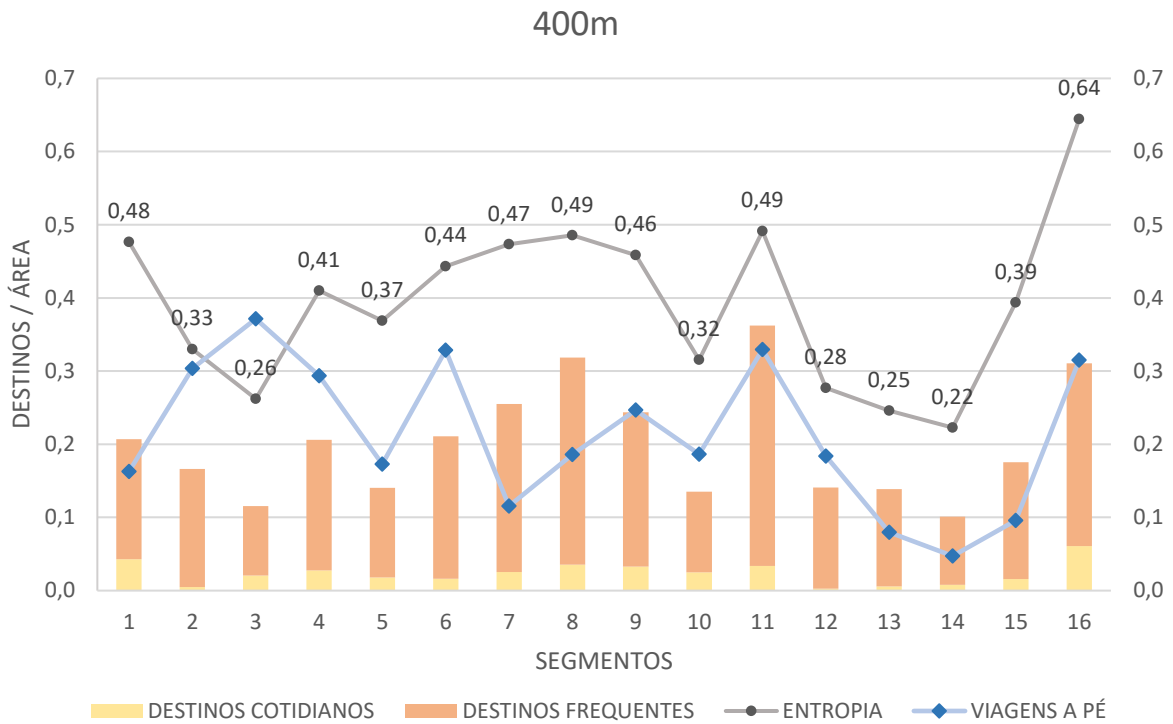
Nesta comparação, ao contrário do que foi observado com o MXI, a variação dos valores das barras da contagem de destinos tem um comportamento similar ao eixo com os valores de entropia, em ambos os raios de análise, indicando que as medidas possuem uma relação direta. No entanto, semelhanças são encontradas na falta de relação com os níveis de caminhada no *buffer* de 800 m.

A maior diferença no comportamento das medidas nestes gráficos foi que o maior valor de entropia (0,64) encontrado no centro (#16) não coincide com a maior quantidade de destinos caminháveis (cotidianos + eventuais), apesar de ainda ser alta. Mas quando analisados as categorias de destinos separadamente, o centro (#16) é o que possui o maior valor de destinos cotidianos – aqueles acessados diariamente, como trabalho e escola.

A maior contagem de destinos caminháveis no *buffer* de 400 m está no Jd. Santo Amaro (#11), pela grande quantidade de destinos eventuais, e que também apresentou alto nível de caminhada (0,33) e o segundo maior valor de entropia (0,49). Os segmentos com baixo nível de caminhada (#13 e #14) foram aqueles que também apresentaram poucos destinos eventuais e praticamente nenhum destino cotidiano. Uma discrepância foi identificada novamente no segmento #3, que tem poucos destinos caminháveis, baixa entropia (0,26) e alto nível de caminhada (0,37).

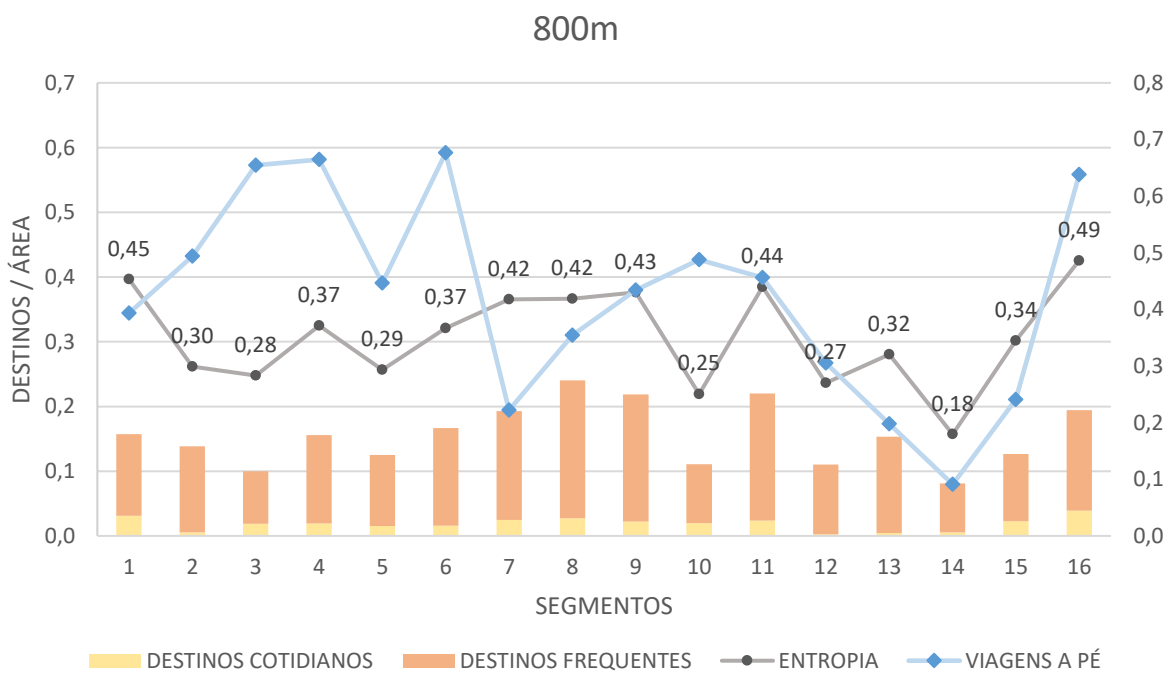
Já no *buffer* de 800 m, a maiores quantidades de destinos caminháveis foram encontradas no aglomerado (#8 e #9) e novamente no Jd. Santo Amaro (#11), com valores intermediários de viagens a pé. Assim como o Gráfico 4, é notável o aumento da quantidade de viagens a pé nos segmentos do tipo acesso, sendo o maior valor encontrado no segmento #6, no Jd. Santo Amaro. Esse resultado pode indicar a característica em que os dados foram gerados pelo ArcGIS – por serem áreas de acesso, são também rotas mais acessíveis, e por isso é provável que o programa tenha as escolhido como rotas das viagens a pé.

**Gráfico 5.** Relação da Contagem de Destinos, Entropia e viagens a pé no *buffer* de 400 m.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

**Gráfico 6.** Relação da Contagem de Destinos, Entropia e viagens a pé no *buffer* de 800 m.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A partir da descrição dos resultados quantitativos da aplicação das medidas de uso misto e seus diferentes comportamentos, foi desenvolvida a espacialização dos resultados. Os mapas foram realizados para auxiliar no entendimento das relações espaciais da operacionalização do uso misto do solo e sua influência no deslocamento a pé.

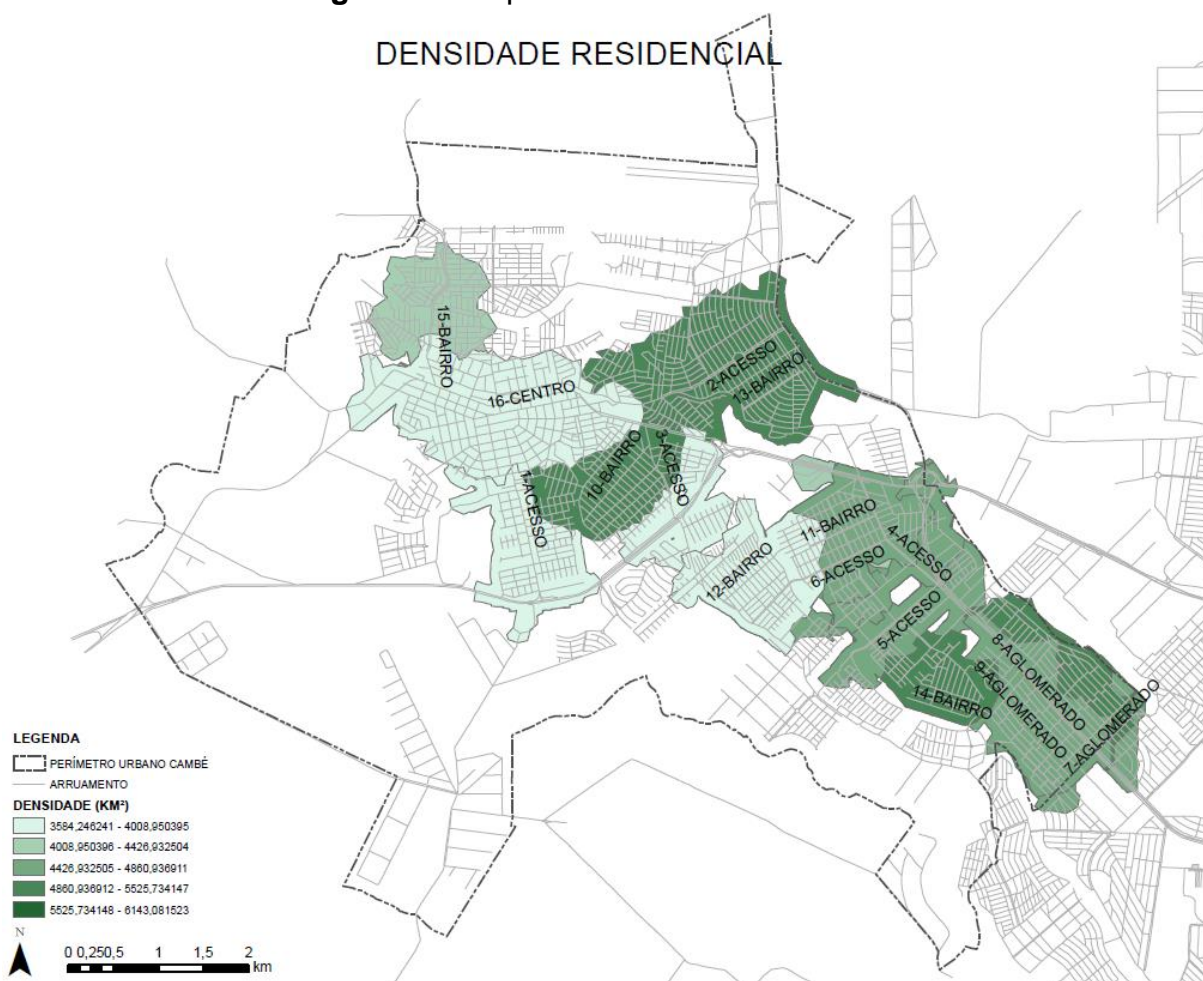
#### 4.3 ESPACIALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Considerando a lógica que em áreas de maior densidade residencial existe a probabilidade de maior volume de deslocamentos a pé, inicialmente, foi realizado o mapa da densidade residencial com os valores agregados no maior raio de *buffer* (Figura 22). Os maiores valores foram encontrados no Parque Residencial Ana Rosa (#2 e #13), no Jardim São José (#10), no Jardim Ana Eliza (#14) e no Jardim Novo Bandeirantes (#8). Já as áreas menos densas foram localizadas no centro (#16), no acesso sul (#1), no Jardim Morumbi (#3) e no Jardim São Paulo (#12).

Os bairros de alta densidade residencial são contemporâneos – surgiram entre as décadas de 1970 e 1980, como mostrado nos mapas de evolução urbana (**Figura 14**). Com exceção do Jd. São José, que possui residências de alto padrão, os bairros são originalmente conjuntos habitacionais, o que faz com que tenha alta ocupação.

O centro, apesar de ser a única região da cidade que apresenta um início de verticalização, possui majoritariamente atividades não-residenciais e, portanto, tem baixa densidade em relação aos demais, que são predominantemente residenciais. O Jd. Morumbi é delimitado por duas importantes conexões com a cidade – a BR-369 e a Av. Roberto Conceição, antiga extensão da rodovia – e por isso abrange lotes grandes de atividades industriais ou de serviço. Já o acesso sul e o Jd. São Paulo são áreas mais recentes, em consolidação, e apresentam muitos lotes vazios ou em construção.

**Figura 22.** Mapa de densidade residencial.



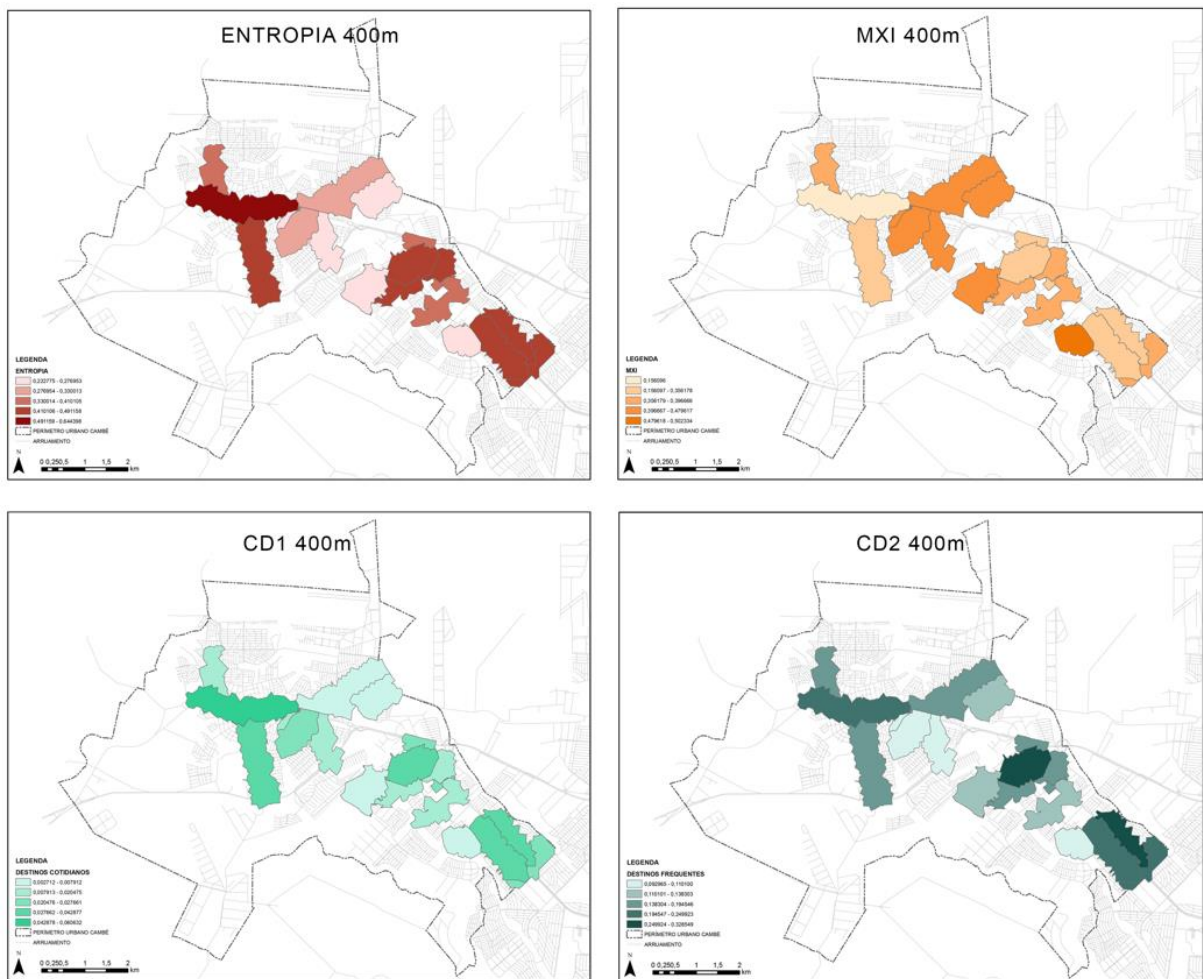
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Em seguida, foram especializadas as medidas aplicadas no *buffer* de 400 metros (Figura 23). Observa-se certa similaridade entre a distribuição dos resultados de Entropia e Contagem de Destinos (CD1 e CD2), com os maiores valores no centro (#16), no núcleo Industrial (#11) e no núcleo Bandeirantes (#7, #8 e #9), os mesmos apresentados na **Figura 15**. Mais especificamente, no mapa da entropia e dos destinos cotidianos destaca-se o centro (#16), enquanto no mapa dos destinos eventuais (CD2) os maiores valores estão no Jd. Santo Amaro (#11) e no aglomerado (#8).

Como já observado na Tabela 2 e nos Gráficos 3 e 4, o MXI apresentou um comportamento inverso, com o maior valor no Jd. Ana Eliza (#14) e o menor no centro (#16). O Jardim Ana Eliza é um bairro que surgiu na década de 1970, junto com o núcleo Bandeirantes, mas sem a contiguidade da malha urbana já que está localizado nas margens do Ribeirão Esperança. Loteado originalmente como conjunto habitacional, apesar de ter uma rua com usos comerciais que atendem às

necessidades do bairro, é ainda predominantemente residencial.

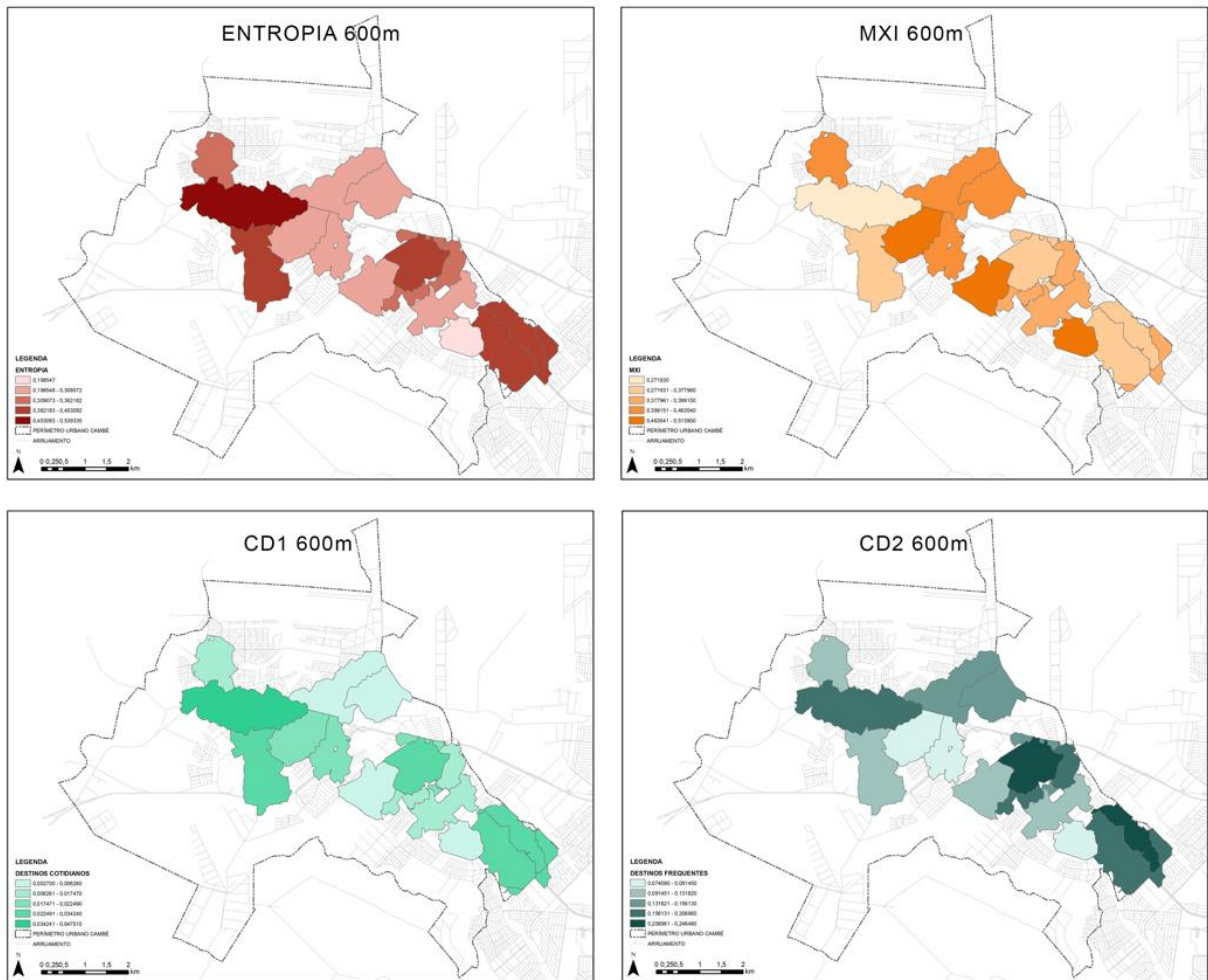
**Figura 23.** Medidas aplicadas no buffer de 400m.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Quando analisados os mapas das medidas aplicadas no *buffer* de 600 metros (Figura 24), os resultados seguem a mesma lógica da aplicação no raio de 400 metros, com os maiores valores nos núcleos Central, Industrial e Bandeirantes. No entanto, observa-se uma alteração no mapa do MXI, em que outras duas áreas apresentam os valores máximos, além do Jd. Ana Eliza: Jd. São José (#10), ao longo da Avenida Brasília, localizado próximo a região central; e Jd. São Paulo (#12), um bairro isolado entre fundos de vale e glebas rurais. Apesar de serem todas áreas do tipo “bairro”, o Jd. São José se difere dos outros dois bairros por estar numa região bem consolidada, próximo ao centro, com construções de alto padrão e perto do Parque Zezão – o único parque com infraestrutura da cidade.

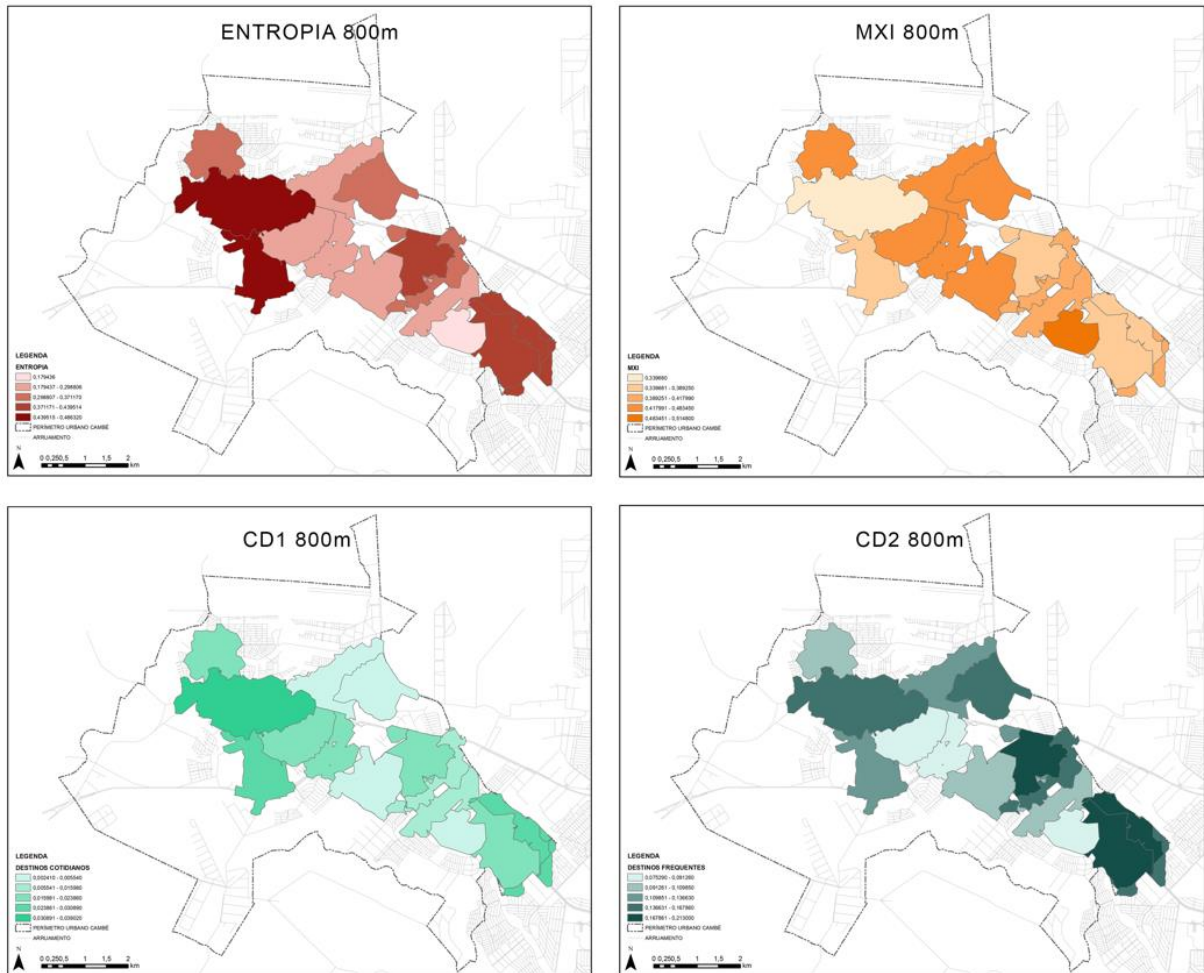
**Figura 24.** Medidas aplicadas no buffer de 600m.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Já nos mapas das medidas no *buffer* de 800 metros (Figura 25), nota-se que a área em torno da avenida Brasil (#1), no acesso sul da cidade, foi classificado com alto valor no mapa da entropia, assim como o centro (#16). Isso pode ter acontecido porque, como o *buffer* abrange uma área maior, foram agregados os lotes da região central na sua operacionalização. No mais, os resultados são similares aos apresentados nos raios menores, com os valores mais significativos nos núcleos.

**Figura 25.** Medidas aplicadas no buffer de 800m.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Entendendo a dispersão da aplicação das medidas de UMS nas distintas regiões da cidade, é apresentada em seguida a análise de clusters, que permite entender as semelhanças e diferenças dos comportamentos das variáveis nas áreas de análise.

#### 4.4 ANÁLISE DE CLUSTERS

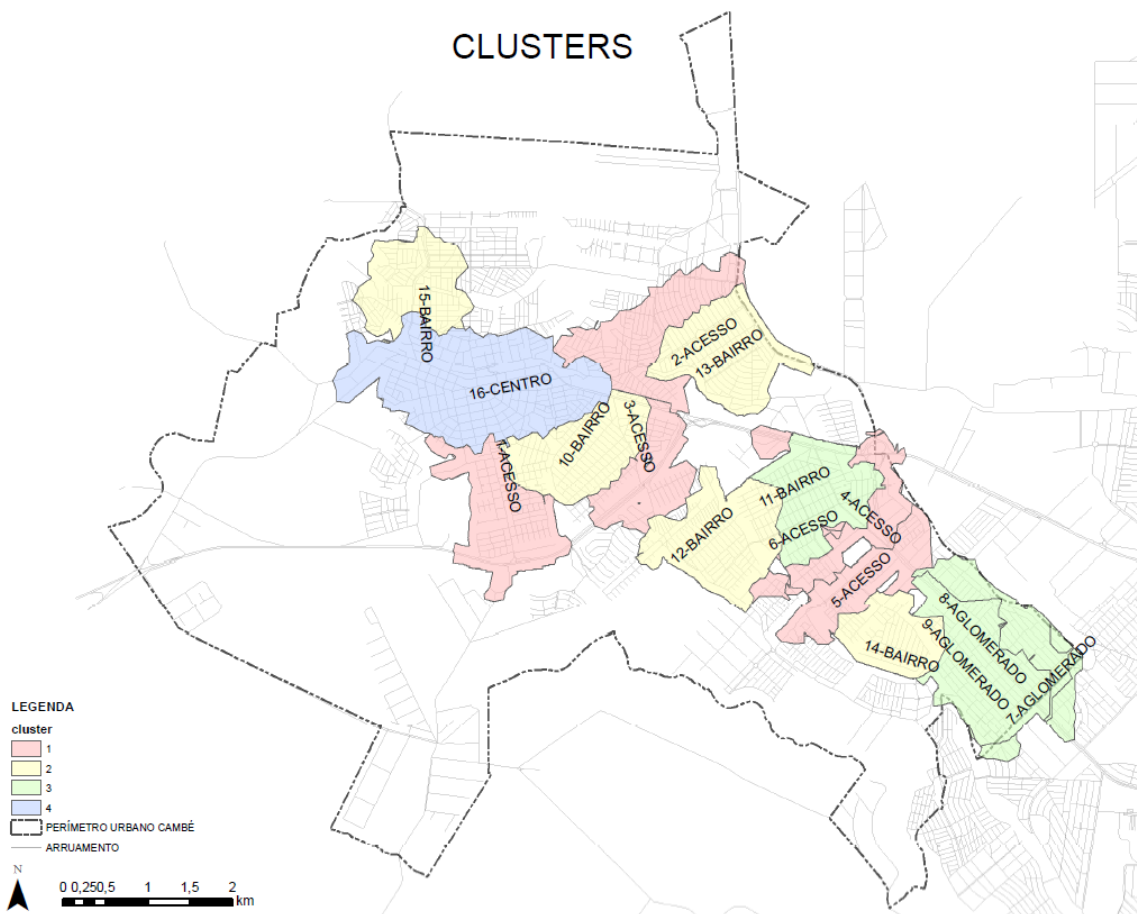
Para identificar características semelhantes entre as aplicações das medidas de UMS nos *buffers*, foi desenvolvido um agrupamento por clusters dos resultados, em relação aos dados de caminhada e de densidade residencial (Tabela 3). Os carregamentos foram relacionados com as variáveis de medidas de UMS, a partir da quantidade rotas de viagens a pé que passam dentro de cada buffer, e a densidade residencial foi calculada a partir do banco de dados de uso do solo.

Dessa forma, a análise foi realizada entre quatro variáveis de tipologia

do *buffer* (“acesso”, “aglomerado”, “bairro” e “centro”), quatro variáveis de medidas [“MXI”, “Entropia”, “Destinos 2” (eventuais), e “Destinos 1”(cotidianos)], ordenadas de acordo com o grau de Importância para o agrupamento dos clusters, a variável de carregamento das viagens a pé e de densidade residencial, sendo que  $n = 48$ . A partir desses dados, foi feita a análise de clusters, e os dados foram divididos em quatro grupos: cluster 1 com  $n = 18$ , cluster 2 com  $n = 15$ , cluster 3 com  $n = 12$  e cluster 4 com  $n = 3$ .

Em uma primeira aproximação, os clusters foram espacializados para ajudar na interpretação e caracterização dos agrupamentos e o resultado é apresentado na **Figura 26**. É notável a relação direta do agrupamento com a classificação das tipologias de mistura, usadas como base para a delimitação dos segmentos que deram origem aos *buffers*. Em uma segunda aproximação, a análise dos clusters indicou que o cluster 1 agregou apenas *buffers* do tipo “acesso”, o cluster 2 apenas por *buffers* do tipo “bairro”, o cluster 3 incluiu todos os *buffers* do “aglomerado” e alguns do “bairro”, e o cluster 4 tem apenas os *buffers* do “centro”.

**Figura 26.** Espacialização dos *clusters*.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

**Tabela 3.** Análise de *clusters* realizada com as tipologias de mistura, medidas de UMS e quantidade de viagens a pé nos *buffers* de rede de Cambé-PR.

	Variáveis	Cluster 1 (n=18)	Cluster 2 (n=15)	Cluster 3 (n=12)	Cluster 4 (n=3)	Imp.*	p-valor
Tipologia	<b>Acesso</b>	18 (100%) a	0 (0%) b	0 (0%) b	0 (0%) b	1,00	< 0,01
	<b>Aglomerado</b>	0 (0%) a	0 (0%) a	9 (75%) b	0 (0%) a		
	<b>Bairro</b>	0 (0%) a	15 (100%) b	3 (25%) a	0 (0%) a		
	<b>Centro</b>	0 (0%) a	0 (0%) a	0 (0%) a	3 (100%) b		
Medidas	<b>MXI</b>	0,41 (0,04) a	0,47 (0,03) b	0,37 (0,02) a	0,26 (0,09) c	0,47	< 0,01
	<b>Entropia</b>	0,36 (0,07) a	0,28 (0,06) b	0,45 (0,03) c	0,56 (0,08) d	0,45	< 0,01
	<b>Destinos 2</b>	0,14 (0,03) ac	0,12 (0,03) a	0,22 (0,04) b	0,20 (0,05) bc	0,40	< 0,01
	<b>Destinos 1</b>	0,02 (0,01) a	0,01 (0,01) b	0,03 (0,01) c	0,05 (0,01) d	0,37	< 0,01
	<b>Viagens a pé</b>	4147,44 (1556,10) a	1910,40 (1192,38) b	2962,42 (1084,09) ab	4743,00 (1617,49) a	0,18	< 0,01
	<b>Densidade resid.</b>	4464,37 (473,69) ac	4791,18 (625,05) ab	5007,47 (537,71) b	3754,04 (119,51) c	0,12	< 0,01

\*valor de Importância

Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Para as medidas de uso do solo misto, as letras que acompanham os resultados da Tabela 3 indicam se há diferença da variável (linha) entre os clusters (colunas). Assim, na variável “MXI” o cluster 1 (acessos) e o cluster 3 (aglomerados + Santo Amaro) se relacionam, mas se diferem do cluster 2 de maior valor, representados pelos bairros e do cluster 4, a área central.

Na variável “Destinos 2” que seriam as atividades eventuais, o cluster 3 (aglomerados + Santo Amaro) se difere dos demais e apresenta o maior valor. Na “Entropia” e na “Destinos 1” todos se diferem e verificou-se os maiores valores no cluster 4, que representa a área central da cidade, apresentando valores mais elevados em comparação com os outros clusters.

Já “Destinos 2” (eventuais) foram maiores no cluster 3 (aglomerados + Jd. Santo Amaro), por outro lado, o “MXI” – que é a variável que teve maior importância na formação dos clusters – teve o maior valor no cluster 2, formado integralmente pelos *buffers* de bairro.

Analisando a variável “Viagens a pé”, observa-se que os cluster 1 (acessos), 3 (aglomerado + Santo Amaro) e 4 (Centro) não são diferentes, mas o cluster 3 é semelhante ao cluster 2 (bairros), que por sua vez apresenta o menor valor. Em relação à densidade, o cluster 1 não difere do cluster 2 nem do 4, e o cluster 2 não difere do cluster 3, sendo o cluster 3 com valor superior aos demais.

## 5 DISCUSSÕES

Para responder à questão de *como operacionalizar o uso misto do solo para a avaliação da caminhabilidade em cidades brasileiras*, foram aplicadas nesta pesquisa métricas conceitualmente diferentes, e essas diferenças podem ser extraídas também dos resultados encontrados.

Em síntese, a entropia e o MXI mediram parcialmente a *quantidade* e, principalmente, a *proporcionalidade*. São medidas inversamente proporcionais – quanto maior a entropia, menor o valor de MXI – que dão um peso maior ao equilíbrio das áreas de análise no seu cálculo. Já a contagem de destinos capturou sobretudo a *riqueza* (quantidade), mas também a *proximidade* e a *integração* em segundo plano, por considerar a compatibilidade funcional dos usos (destinos caminháveis) dentro da área.

### 5.1 COMPORTAMENTO DAS ESTRATÉGIAS DE MENSURAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO

Sobre a aplicação das estratégias de operacionalização do uso misto do solo, elas apresentaram diferentes características, e diferentes relações com os dados de caminhada, possivelmente pela forma como os dados da pesquisa OD foram usados. É importante notar que o banco de dados de caminhada é um relatório de viagens autorreportadas, com a indicação da origem e do destino das viagens de todos os modais, não especificamente do deslocamento a pé, portanto oferece algumas limitações para a avaliação da caminhabilidade.

A entropia reflete o equilíbrio entre os usos do solo e, portanto, se mostrou eficiente para a aplicação nas áreas mais proporcionais do estudo de caso, como a região central. No entanto, Saboya et al. (2021) alertam para o fato de que esse índice negligencia a quantidade total de usos diferentes, ou a riqueza, que formam a base do conceito de Jacobs (2011) sobre diversidade: os bairros devem atender a mais de uma função principal.

Além disso, por não diferir os diferentes tipos de usos, se são compatíveis ou não, e por não considerar a configuração espacial deles, é mantido o questionamento sobre sua aplicabilidade no contexto brasileiro de cidades predominantemente residenciais. Além disso, sua abordagem computacional (KRIZEK, 2003a) e a falta de linearidade da fórmula (SABOYA et al., 2021) são pontos

que tornam o índice difícil de ser interpretado nos estudos urbanos e na definição de diretrizes de intervenção.

Além do alerta de Im e Choi (2019) sobre o “lado obscuro da entropia”, em um estudo recente na Coréia do Sul confirmou a relação não-linear entre o uso misto do solo, calculado pelo índice de entropia, e a escolha do caminhar como meio de transporte (SEONG; LEE; CHOI, 2021). De acordo com os autores, embora o uso misto do solo nos bairros tenha aumentado a probabilidade de os residentes optarem por caminhar ao invés de outros meios motorizados, quando o grau de complexidade (mistura) aumentou acima de um determinado nível, o efeito oposto foi observado.

No contexto chinês, pesquisas encontraram evidências da ineficiência de usar o índice de uso misto do solo para promover atividade física (SUN et al., 2021). Divergências também são encontradas em pesquisa holandesa que encontrou evidências de associações positivas entre LUM (uso misto do solo medido pela entropia) e o tempo médio de caminhada por semana, mas também algumas evidências de associações negativas entre uma mudança no LUM e deslocamento ativo (NOORDZIJ et al., 2021). Ou seja, o LUM parece estar relacionado ao deslocamento ativo, mas o efeito das mudanças do LUM no ciclismo e na caminhada não é claro.

Apesar dos questionamentos da sua aplicação para medir a mistura nos estudos de caminhabilidade, a entropia ainda é uma robusta ferramenta de análise do “caos” e continua apresentando resultados positivos nos estudos urbanos. Um exemplo é o estudo de Brigatti et al. (2021) que aplicou a entropia para caracterizar a morfologia de tecidos urbanos em diferentes culturas e regiões do mundo. Por meio da análise de clusters, os autores identificaram similaridades entre cidades de contextos diferentes, abrindo novos questionamentos sobre a possibilidade de que a forma urbana possa incorporar características relacionadas a diferentes identidades culturais, processos históricos e regiões geográficas.

De forma semelhante, o *Mixed-Use Index* se mostrou inversamente proporcional à entropia e aplicável também para capturar a proporcionalidade da área de estudo. É uma medida muito interessante para a comparação e análise de diferentes bairros de uma cidade, ou mesmo de diferentes cidades. Nesta pesquisa, por exemplo, dois bairros muito caminhados apresentaram diferentes distribuições em relação moradia/trabalho/lazer: o centro tem um  $mxi=63/06/31$  enquanto o Jd. Santo Amaro tem  $mxi=84/02/14$ . Isso pode contribuir de diversas formas para a

caracterização desses bairros e para o estabelecimento de parâmetros “desejáveis” de mistura.

No entanto, assim como aparece nas discussões do uso da entropia, não há comprovações da suposição de que um equilíbrio completo entre as três categorias seria o ideal para o incentivo da caminhada. Mesmo que a aplicação das medidas tenha se restringido às áreas de uso misto da cidade, a média do percentual destinado às moradias entre os segmentos em Cambé é 84%.

Neste sentido, a pesquisa de Silva (2021) aplicou o MXI em João Pessoa, Paraíba, uma cidade litorânea e verticalizada, e também alerta para a incoerência de buscar um equilíbrio total entre os usos como indicativo de maior urbanidade. Os melhores resultados do MXI foram encontrados nos bairros próximos ao litoral praiano, com paisagem mais verticalizada. Por outro lado, a amostra do centro histórico foi a área de menor MXI por ter baixa presença habitacional, devido ao intenso processo de esvaziamento habitacional que sofreu nas últimas décadas (SILVA, 2021). O resultado se distingue dos encontrados nos centros históricos de cidades europeias como Amsterdam (HOEK, 2008) que apresentam os melhores indicadores de MXI (próximos à 50/50).

Por outro lado, a contagem de destinos conseguiu capturar a presença de origens e destinos suscetíveis de serem conectados por viagens a pé (HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001) de forma menos onerosa computacionalmente que o índice de entropia. É a única das medidas aplicada que considera a compatibilidade funcional dos usos. É uma estratégia por verificação (KRIZEK, 2003a) e, por isso, é mais simples de operacionalizar e mais relacionada com o comportamento de caminhada porque considera que os usos não são todos iguais. É como se a classificação tivesse passado por um filtro, mas isso só é possível quando existe esse nível de especificidade no banco de dados.

Ao comparar a diversidade de usos com os índices de criminalidade em Santa Catarina, Saboya et al. (2021) encontraram resultados diferentes em relação às medidas de contagem simples: a medida de riqueza simples utilizando apenas as 6 classes de usos gerais fornecidas pelo CNEFE mostrou-se incapaz de captar adequadamente a diversidade, enquanto a medida de riqueza considerando a descrição detalhada dos usos mostrou-se altamente correlacionada com o índice Gini *True Diversity* e, portanto, não teve muito a acrescentar à análise (SABOYA et al., 2021).

A abordagem de medidas com base nos destinos é interessante por reconhecer que os usos não têm níveis iguais de atração para pedestres, mas reduzir isso a uma métrica de uso misto do solo pode ser problemático. A atratividade dos destinos é uma abordagem conceitualmente complexa, e quando reduzida a estudos de tipos particulares de atração, deixam de ser medidas de mistura/diversidade (DOVEY; PAFKA, 2017).

Esses procedimentos podem apresentar limitações, mas isso não invalida a sua aplicação e teste na busca pela quantificação de atributos qualitativos do espaço para, em seguida, adequá-los para o uso aplicado no design e no planejamento. Definir, caracterizar e identificar o que é o uso misto no espaço urbano, bem como estabelecer métodos de análise e instrumentalização para o planejamento são desafios ímpares aos urbanistas atuais (SILVA, 2021).

Sobre as estratégias de categorização, buscou-se trazer uma perspectiva diferente, de forma que a combinação dos usos nas categorias fosse guiada por critérios que expressassem a mistura ao invés da segregação. Afinal, o objetivo da pesquisa tem que estar refletido também nas categorias de uso do solo. A classificação tipológica é uma etapa fundamental de qualquer estudo sistemático e científico de fenômenos naturais e feitos pelo homem (RAMAN; ROY, 2019).

Se por um lado temos a categorização tradicional, aplicada na medida de entropia, que classifica os usos pela atividade do lote, por outro, o MXI agrupou os usos a partir da perspectiva do indivíduo, voltada à ação do pedestre, e a contagem de destinos classificou os destinos caminháveis com base na frequência.

Apesar de ainda ter fundamentos modernistas e de segregação nessa estratégia, os resultados do MXI contribuem para a visualização e localização dos destinos para onde as pessoas vão para trabalhar ou para visitar, tendo como principal diferença entre as duas categorias o número de visitantes. Distribuir os usos da categoria “visitar” ao longo dos bairros para que estejam dentro de uma distância acessível a pé pode trazer resultados positivos para os níveis de caminhada utilitária.

Essa estratégia de localizar atividades básicas dentro de uma distância caminhável já vem sendo aplicada internacionalmente, como o “*15-minute city*” em Paris e o “*20-minute neighbourhoods*” em Melbourne (SHANNON et al., 2019). Ademais, a partir de uma investigação sobre a caminhada utilitária em áreas centrais nas cidades de Porto (Portugal) e Bologna (Itália), pesquisadores encontraram que 68% das viagens diárias envolvem a caminhada, e que as principais

limitações para o incentivo da escolha pelo caminhar como forma de deslocamento é o tempo e a distância até o destino (FONSECA et al., 2021).

Uma das principais vantagens da representação binária da contagem de destinos é que, diferente das outras estratégias, foram desconsiderados os usos não relevantes para o deslocamento ativo (como hospitais e oficinas). Essa é, portanto, a única medida em que o objetivo para o qual se pretende medir o uso misto está claramente refletido na categorização adotada.

Outro ponto positivo dessa abordagem é a consideração das particularidades de cada aplicação, já que a classificação em destinos cotidianos e eventuais pode ser ajustada de acordo com o contexto e o objetivo da pesquisa. No contexto chinês, por exemplo, foi encontrada uma associação positiva entre a presença e mistura de destinos relacionados à alimentação (como restaurantes, cafés, e até ambulantes) com maiores durações da caminhada (SUN et al., 2021), então um olhar mais atento a esse tipo de atividade pode ampliar a leitura do fenômeno.

Além disso, o uso industrial é visto como não-compatível em algumas pesquisas (DUNCAN et al., 2010), e recebe questionamentos sobre ser incluído ou não no cálculo da entropia (DOVEY; PAFKA, 2017). Por exemplo, uma pesquisa brasileira recente classificou os usos em habitacional, não-habitacional misturável (varejo, lazer, saúde, educação, etc.) e não-habitacional não-misturável (produção industrial e fabril, aeroporto, gestão de resíduos, etc.) (SILVA, 2021).

No contexto de cidades pequenas e médias em que Cambé se insere, onde indústrias e fábricas de pequena escala são atividades bem consolidadas, é comum que os trabalhadores usem o deslocamento ativo (principalmente bicicleta) para ir até elas, então a desconsideração dessa categoria poderia trazer resultados distorcidos.

Portanto, esse conhecimento empírico do estudo de caso é essencial para decidir os critérios de categorização e, conseqüentemente, de mensuração. Mas Dovey e Pafka (2017) alertam para o fato de que a falta de consistência nos critérios de classificação dos usos e na definição das categorias pode dificultar a interpretação dos planejadores urbanos.

Cabe ressaltar que a disponibilidade temporal não foi considerada em nenhuma das abordagens aplicadas neste estudo, apesar de ser reconhecida sua relevância (GEHRKE; CLIFTON, 2016). Pesquisadores analisaram recentemente o fluxo de pedestres durante a semana e nos finais de semana, e demonstraram que

em diferentes horários, as viagens a pé tem diferentes demandas em vários elementos do uso do solo, como a densidade de edifícios, de funções e de caminhos (DUAN et al., 2021).

Apesar dos constantes esforços para encontrar um consenso entre as estratégias de mensuração objetiva de fenômenos urbanos, novas abordagens continuam sendo desenvolvidas, como o “*Walkable trips*” (CARPIO-PINEDO; BENITO-MORENO; LAMÍQUIZ-DAUDÉN, 2021), o “*Street Smart Walk Score*” e o índice de caminhabilidade tridimensional (FRANK et al., 2021).

O “*Walkable trips*” aplica os conceitos de complementariedade funcional e espacial dos usos (HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001) para formar uma medida de uso misto do solo como o número de viagens caminháveis (CARPIO-PINEDO; BENITO-MORENO; LAMÍQUIZ-DAUDÉN, 2021), e pode contribuir para as discussões de planejamento urbano, transporte, saúde e vitalidade urbana.

## 5.2 UMS EM DIFERENTES ÁREAS DA CIDADE

Os resultados indicam diferentes comportamentos das estratégias de operacionalização do uso misto do solo em diferentes áreas da cidade. Os maiores valores foram encontrados no centro (entropia e contagem de destinos cotidianos), nos bairros (MXI, contagem de destinos eventuais e densidade residencial) e nos acessos (maior quantidade de viagens a pé). Nesses parâmetros, os *buffers* do aglomerado urbano não se destacaram.

O centro de Cambé (#16), área que obteve maiores valores para entropia e para contagem de destinos cotidianos, alto nível de caminhada, mas também menor densidade residencial. É uma das regiões mais antigas e proporcionais da cidade, ainda que a distribuição não chegue a um equilíbrio total entre as partes, e onde apresenta um processo inicial de verticalização, mas que ainda não supre a baixa densidade residencial. Os resultados da pesquisa de Sugiyama et al. (2019) evidenciam a importância de áreas comerciais para a caminhada, já que a substituição de áreas residenciais pelo uso comercial pode aumentar a probabilidade e a quantidade de caminhada.

O bairro Jd. Santo Amaro (#11) apresentou a maior quantidade de viagens a pé, o segundo maior valor de entropia, e a maior contagem de destinos caminháveis (considerando os cotidianos e eventuais juntos). É um bairro antigo, de

malha ortogonal e bem consolidado. Sua localização no núcleo Industrial da cidade, próximo à conexão entre as rodovias PR-445 e BR-369, pode ter favorecido o surgimento de uma centralidade autônoma em relação ao núcleo inicial, impulsionada pelo caráter de “passagem” do bairro.

O Jd. Novo Bandeirantes (#8), localizado no aglomerado urbano, possui o mesmo valor de entropia que o Jd. Santo Amaro (#11) mas menos registros de caminhada. Os dois bairros são contemporâneos, surgiram no início da expansão urbana de Cambé, apresentam a mistura de usos dispersos ao longo do bairro e estão próximos à rodovia. A principal diferença entre eles é que o Novo Bandeirantes é fortemente conectado com a cidade de Londrina.

Resultados semelhantes foram encontrados na pesquisa de Motomura, Fontoura e Kanashiro (2018), que aplicou o índice de caminhabilidade nos setores censitários de Cambé e encontrou os maiores valores do índice no centro, no Jd. Santo Amaro e no Novo Bandeirantes – mas na área que corresponde ao segmento #9, do outro lado da rodovia.

Assim, a presença dos maiores valores das medidas nos núcleos iniciais da cidade (Central, Industrial e Bandeirantes) pode indicar que bairros mais antigos e, portanto, mais consolidados da cidade apresentam maior diversidade de usos. Isso indica a importância da temporalidade e da passagem do tempo para o surgimento espontâneo de usos não-conflituosos, que por consequência podem contribuir para a promoção da diversidade, e reforça que a demanda por usos não-residenciais depende de áreas residenciais mais consolidadas.

Em contrapartida, o acesso pela Rua da Esperança (#3), no Jd. Morumbi, apresentou alta caminhada e baixa entropia, além de poucos destinos caminháveis. Apesar de ser um bairro predominantemente residencial, por estar próximo à região central, obteve baixos valores de densidade residencial porque ainda está em consolidação – apresenta muitos lotes vazios ou em construção.

O bairro com maior densidade residencial é o Parque Residencial Ana Rosa (#13). Apesar do pressuposto de que viagens a pé acontecem mais frequentemente em bairros residenciais (DUAN et al., 2021), o Ana Rosa registrou poucas viagens a pé e poucos destinos caminháveis (quase nenhum destino cotidiano). Esse resultado alerta para o fato de que, mesmo tendo quem caminhe, a falta de oferta de destinos para onde caminhar dentro do bairro inviabiliza o deslocamento ativo.

No mesmo sentido, o bairro Jd. Ana Eliza (#14) apresentou não apenas o menor valor de entropia entre todas as áreas, como também poucos destinos caminháveis e, conseqüentemente, baixo valor de caminhada. É o bairro que apresenta a maior porcentagem de lotes destinados à moradia (94%), reforçando que a monofuncionalidade nos bairros estimula a dependência de meios motorizados de transporte, resquícios do planejamento urbano modernista.

Cabe ainda relacionar esses resultados com as evidências encontradas por Santos et al. (2021). A pesquisa, conduzida também na cidade de Cambé-PR, demonstrou que a caminhabilidade mantém uma relação intrínseca com níveis de renda, aumentando conforme o nível socioeconômico do local. Os setores censitários de maior renda, que correspondem à área central (#16), do acesso sul pela av. Brasil (#1) e Jd. Morumbi (#3), e regiões mais caminhadas pelos pedestres são aquelas com maiores escores médios gerais de caminhabilidade em seus segmentos (SANTOS et al., 2021).

### 5.3 OS TIPOS DE MISTURA

Ainda sobre a espacialização dos resultados, a análise de clusters de certa forma validou a classificação por tipologias, já que segmentos da mesma tipologia foram agrupados. A única ressalva é o cluster 3, que agrupou o Jd. Santo Amaro (do tipo bairro) com as áreas do aglomerado urbano, indicando que tiveram resultados semelhantes. Esse cluster apresentou maiores valores em relação aos destinos eventuais e densidade residencial. No mais, o cluster 4, que corresponde ao centro, agrupou os maiores valores de entropia, destinos cotidianos e viagens a pé, enquanto o cluster 2 (bairros) obteve o maior MXI. O cluster 1, que representa os segmentos do tipo acesso, teve o segundo maior valor para a variável MXI e para viagens a pé.

Ainda, a partir da análise de cluster é possível inferir que a classificação das tipologias capturou “misturas” qualitativamente diferentes. Ou seja, além de aplicar em áreas de uso misto, foi considerado os tipos de mistura dessas áreas, e esses tipos apresentaram resultados diferentes. Essa é uma das principais contribuições da pesquisa, e a principal diferença entre outras pesquisas da área da saúde que aplicam medidas de diversidade sem considerar a espacialização e as características dessa mistura. Esse tipo de abordagem pode ajudar pesquisas futuras

a definir a medida de uso misto do solo a partir do tipo de mistura identificado no contexto do estudo.

A partir de uma perspectiva semelhante, ainda que os objetivos de investigação sejam distintos, Silva (2021) analisou os bairros de João Pessoa-PA a partir de uma matriz espacial em dois recortes temporais e os classificou nas seguintes tipologias: subúrbio de baixa densidade, centro antigo (histórico), urbano intermédio, rural e Torres-Parque. A concordância entre as estratégias de classificação em tipologias demonstra um potencial avanço nas abordagens de investigações urbanas.

#### 5.4 ÁREAS DE ANÁLISE

Reflexões também podem ser feitas em relação à delimitação da área de abrangência na aplicação das medidas de uso misto. A escolha do *buffer* de rede como área de análise mostrou-se adequada para o estudo da caminhabilidade em cidades brasileiras com barreiras físicas, como Cambé. O uso de *buffers* de rede oferece inúmeras melhorias em relação aos *buffers* euclidianos mais tradicionais que não levam em consideração se a rede viária permite ou impede o acesso a locais específicos (NOORDZIJ et al., 2021).

Vários estudos concluíram que as associações entre atributos ambientais e os níveis de atividade física podem variar consideravelmente de acordo com o tamanho e tipo dos *buffers* usados (euclidianos ou de rede) (FRANK et al., 2017). Então, para verificar a escala geográfica das abordagens desta pesquisa, foram definidos três raios de *buffer* – 400, 600 e 800 m, e no geral, houve pouca diferença entre os resultados nesses três raios. Na análise de clusters (Tabela 3), o tamanho do *buffer* não foi importante para o agrupamento das variáveis, e diferenças sutis foram observadas nos mapas dos resultados (Figuras 23, 24 e 25).

No entanto, em alguns segmentos, como o centro (#16), os valores das medidas diminuíram com o aumento da área do *buffer*, indicando que a mistura (ou a concentração de usos não-residenciais) abrange áreas menores é mais intensa no raio de 400 m. Então se o objetivo for medir o uso misto do solo, raios menores são mais indicados.

No mesmo sentido, o estudo de Gehrke e Wang (2020), conduzido em Portland, nos EUA, examinou os efeitos do ambiente construído na escala do bairro sobre a escolha do meio de transporte a partir da análise do efeito MAUP na

operacionalização dos atributos. Foram encontradas evidências de que os índices de uso misto do solo foram afetados pela decisão subjetiva de delimitação de limites e exibiram uma associação mais forte com a caminhada em uma extensão espacial menor (GEHRKE; WANG, 2020).

Por outro lado, o número de viagens a pé cresceu conforme o aumento da área do *buffer*, já que mais rotas caminhadas foram agregadas à área de análise. Ainda, no caso de Cambé, raios maiores como de 1200 m abrangeriam praticamente a cidade toda, e não apenas as áreas de uso misto, portanto não é indicado para cidades de pequeno e médio porte.

## 5.5 REFLEXÕES FINAIS

No estudo de caso de Cambé foram identificadas misturas em diferentes escalas: na macro, representada pela classificação dos segmentos em tipologias, e na micro, entre edifícios, quando lotes abrigam mais de um uso. Em qualquer configuração, os efeitos da diversidade de usos existem quando ela afeta e é experimentada pelo domínio público (ROWLEY, 1996).

Nesse sentido, percebe-se que os usos do solo têm considerável potencial de estimular atividades sociais. É o que defende Jacobs (2011) desde 1960, sobre a importância de localizar mais de uma função principal nos bairros. Mais do que isso, a cidade é um campo de diferenças onde as funções não são encontradas, mas construídas (DOVEY; PAFKA, 2017). Ambientes funcionalmente diversos criam vivacidade e acomodam convenientemente o espectro de atividades humanas diárias (HOEK, 2008).

Ainda que a mistura de usos seja crucial para qualquer abordagem da caminhabilidade, é importante notar que a mistura urbana é composta também pelo mix espacial formal – que produz diferentes tamanhos de lotes, estilos e tipologias de edifícios, e social – que aproxima pessoas de diferentes idades, intelectos, etnias e classes (DOVEY; PAFKA, 2020). Boas cidades tendem a ser um equilíbrio de uma forma urbana razoavelmente ordenada e legível e locais de muitas e variadas idas e vindas, reuniões e transações (MONTGOMERY, 1998).

Em outras palavras, um bairro que estabelece diversidade de usos, edifícios, tipologias e pessoas (JACOBS, 2011), e projetado na escala do pedestre (GEHL, 2013), constitui atmosfera compatível para maior ocorrência da urbanidade

(MONTGOMERY, 1998).

No entanto, nas últimas décadas, a América Latina (em especial Brasil e Colômbia) vivenciou significativas mudanças urbanas como o aumento na infraestrutura de serviços e expansão das redes de transporte, influenciando mudanças no estilo de vida e comportamentos da atividade física nas populações (HINO et al., 2014). O Brasil é um país com economia em desenvolvimento, com características urbanas particulares, em que ainda domina a priorização do automóvel na ordenação do espaço das cidades maiores. Já nas cidades menores, nota-se o aumento da mobilidade ativa (CNI-IBOPE, 2015), e a mistura de usos surge mais espontaneamente – seria uma característica de “brasilidade”?

A partir da perspectiva da morfogênese, isto é, a produção do espaço urbano e a criação do ambiente construído a partir de forças ordenadoras (BRIGATTI et al., 2021), cidades brasileiras como Cambé compartilham a ênfase em regras locais focadas nos edifícios individuais ao invés de construções coordenadas. É um processo “*bottom-up*” tomado por iniciativas individuais que resultam em padrões formais irregulares (BRIGATTI et al., 2021). É a cidade do empreendimento e do planejamento virado de ponta-cabeça, como destaca Hall (2016).

Do ponto de vista da aplicação prática dos resultados da pesquisa, é importante considerar que os formuladores de políticas têm receio de sugerir/apresentar o uso misto como um princípio porque é mais difícil controlar e gerir o seu desenvolvimento (HOEK, 2008). Há ainda resquícios modernistas da necessidade de ordenação da cidade.

Cabe destacar que as associações entre diversidade de usos e níveis de caminhada, ainda que moderadas, são bastante significativas quando estamos lidando com um objeto de estudo tão complexo como o espaço urbano. Padrões espaciais e relações sociais são resultados de contingências, de valores culturais, de aspectos ambientais etc., além da atuação ininterrupta de agentes produtores desse espaço (SABOYA et al., 2021).

Além disso, nota-se que as medidas de uso misto são apenas uma pequena parte de um conjunto maior de métricas espaciais, de paisagem e de forma urbana (SONG; MERLIN; RODRIGUEZ, 2013), fato que aumenta sua complexidade. Nesse sentido, pesquisas que considerem o comportamento individual dos pedestres para entender como as pessoas caminham pelo espaço (DEAN et al., 2020) são essenciais para evoluir no entendimento da caminhabilidade.

Por fim, os resultados mostram que as abordagens alternativas de operacionalização do uso misto do solo são aplicáveis no contexto brasileiro de cidades de pequeno e médio porte e proporcionam leituras diferentes do espaço urbano. No entanto, todas ainda reduzem a mistura a um índice, um número que é necessário metodologicamente para correlações, mas que ainda dificulta a interpretação de fenômenos urbanos. Índices contribuem para a mensuração objetiva da diversidade de usos, mas não tem um valor preditivo quanto à urbanidade (muito mais vinculada à qualidade e tipos de usos – mistos –, dos edifícios e partes urbanas) (SILVA, 2021).

## 6 CONCLUSÕES

Considerando que a maneira em que a mistura é mensurada pode afetar a leitura e interpretação do fenômeno, e que medidas tradicionalmente utilizadas tem se mostrado frágeis na avaliação da caminhabilidade, este trabalho cumpriu o objetivo de comparar estratégias de mensuração e categorização do uso misto do solo para a avaliação da caminhabilidade em cidades brasileiras.

Evidências foram encontradas em relação à aplicabilidade da entropia, do índice de uso misto (MXI) e da contagem de destinos em áreas morfologicamente distintas da cidade. Como uma recomendação geral para pesquisas futuras, a entropia e a contagem de destinos cotidianos capturaram bem a mistura da área central, o núcleo inicial da cidade, que apresenta maior concentração de usos não-residenciais variados. Já o MXI é recomendado para a mistura do tipo bairro e acesso, caracterizada por centralidades locais, com atividades comerciais de pequeno porte ao longo da via mais movimentada. A contagem de destinos eventuais, aqueles que não são acessados diariamente, é indicada para áreas onde os usos não-residenciais estão dispersos ao longo do bairro e há maior presença de usos industriais.

Outra contribuição desta pesquisa é a identificação na revisão bibliográfica das divergências e convergências teórico-metodológicas dos principais autores e pesquisadores da área. Assim, esta pesquisa oferece não apenas evidências sobre a operacionalização do uso misto do solo no contexto brasileiro, mas também contribui com o avanço das discussões teóricas.

É importante ressaltar também as limitações práticas encontradas no processo da pesquisa. O primeiro obstáculo encontrado se refere aos dados usados para a verificação da pesquisa. Os dados autorreportados de deslocamento a pé disponíveis a partir da pesquisa OD apresentam uma amostragem relativamente pequena. Além disso, as rotas foram geradas automaticamente pelo ArcGIS com base nas informações de endereço de origem e destino fornecidas pelos respondentes, e por isso são estimativas computadorizadas.

Já os dados de uso do solo foram levantados com a colaboração de integrantes do Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano e com verificação *in loco*, entre 2018 e 2020, o que demandou maior tempo e esforço, e pode apresentar informações desatualizadas, já que as atividades comerciais são dinâmicas e mudam

com frequência. Em contrapartida, o banco de dados apresenta maior refinamento e possibilitou análises mais específicas.

Além disso, os dados usados nessa pesquisa são pré-pandêmicos, então é possível que o contexto urbano em 2021 seja diferente daquele captado pelos levantamentos nos anos anteriores.

Apesar de ter resultados comparativos importantes, nenhuma das medidas mensurou o nível de integração entre os usos (SAELENS; SALLIS; FRANK, 2003), já que requer dados mais refinados. Sugere-se que pesquisas futuras incluam a aplicação do CMDI (ZHUO et al., 2019) para considerar o grau de compatibilidade da mistura. Mas o futuro das medidas de mensuração do uso misto do solo promete tomar rumos mais tecnológicos, com o uso de *big data* e dados de imagens de alta resolução, além de técnicas computacionais como aprendizado de máquinas.

Em relação à categorização dos usos, sugere-se para pesquisas futuras verificar uma classificação que considera a disponibilidade temporal das atividades, ou seja, classificar a partir do horário de funcionamento ou frequência. Considerar por exemplo usos diurnos (como escritórios, varejo, usos de atendimento ao público) e noturnos (bares, restaurantes, conveniências, postos de combustível); usos parcialmente diurnos (bancos, que atendem apenas em um período); ou ainda usos frequentes (padarias, mercados) ou esporádicos (feiras livres que acontecem semanalmente).

Esta pesquisa desenvolveu uma análise na macroescala, identificando a distribuição dos usos mistos em diferentes regiões da cidade a partir de uma abordagem espacial mais geral. É entendido a importância dessa perspectiva, mas também a dificuldade de transformar em ações práticas – são alterações a longo prazo que demandam tempo e esforço dos planejadores. Nesse sentido, abordagens na microescala e com a informação sobre a rota caminhada podem contribuir e complementar o entendimento do fenômeno e para ter ajustes mais eficazes a curto prazo.

Outro ponto importante de ser considerado é a diferença entre caminhar por necessidade e por opção, o que traz também a reflexão sobre a falta de considerar variáveis sociodemográficas e a interação com o transporte público (como a localização de pontos de ônibus ou terminais urbanos).

Por fim, é reconhecido o caráter complexo do fenômeno, que é influenciado por diversos fatores e difícil de ser traduzido em medidas ou índices.

Espera-se avançar no entendimento da influência da diversidade de usos na caminhabilidade e, conseqüentemente, para aproximar relação entre teoria e prática. Afinal, uma operacionalização legítima do uso misto do solo fornecerá benefícios para as práticas de planejamento urbano ao trazer clareza para as diretrizes e tomadas de decisões, direcionando investimentos que tornem as cidades mais caminháveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLAKHA, Deepti et al. “Can we walk?” Environmental supports for physical activity in India. **PREVENTIVE MEDICINE**, [s. l.], v. 103, n. S, p. S81–S89, 2017.

APA - *American Planning Association*, 1998.

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

BADLAND, Hannah M. et al. Examining commute routes: Applications of GIS and GPS technology. **Environmental Health and Preventive Medicine**, [s. l.], v. 15, n. 5, p. 327–330, 2010.

BADLAND, Hannah M.; SCHOFIELD, Grant M.; GARRETT, Nick. Travel behavior and objectively measured urban design variables: Associations for adults traveling to work. **Health and Place**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 85–95, 2008.

BARBOSA, J. P. A. S. et al. Walkability, overweight, and obesity in adults: A systematic review of observational studies. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 16, n. 17, 2019.

BATTY, Michael et al. Representing multifunctional cities: Density and diversity in space and time. **Built Environment**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 324–337, 2004.

BATTY, Michael. Space, scale, and scaling in entropy maximizing. **Geographical Analysis**, [s. l.], v. 42, n. 4, p. 395–421, 2010.

BENTLEY, Rebecca et al. A longitudinal study examining changes in street connectivity, land use, and density of dwellings and walking for transport in Brisbane, Australia. **Environmental Health Perspectives**, [s. l.], v. 126, n. 5, p. 057003-1- 057003–8, 2018.

BERTACHI, Caroline Hirata. A vitalidade urbana sob a ótica da diversidade. [s. l.], p. 148 f., 2018.

BHATTACHERJEE, Anol. **Social Science Research: Principles, Methods, and Practices**. [s.l.] : University of South Florida, Tampa, 2012. v. 3 Disponível em: <[http://scholarcommons.usf.edu/oa\\_textbooks/3%0AThis](http://scholarcommons.usf.edu/oa_textbooks/3%0AThis)>

BOARNET, Marlon; CRANE, Randall. The influence of land use on travel behavior: Specification and estimation strategies. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 35, n. 9, p. 823–845, 2001.

BORDOLOI, Rupjyoti et al. Quantification of Land Use Diversity in The Context of Mixed Land Use. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [s. l.], v. 104, p. 563–572, 2013.

BRIGATTI, E. et al. Entropy and hierarchical clustering: characterising the morphology of the urban fabric in different spatial cultures. [s. l.], n. August, 2021. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/2108.05550>>

BROWN, Barbara B. et al. Mixed land use and walkability: Variations in land use measures and relationships with BMI, overweight, and obesity. **Health and Place**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 1130–1141, 2009.

CANTARINO, Júlia; NETTO, Vinicius M. O Programa Minha Casa Minha Vida e seus impactos em áreas de expansão na cidade do Rio de Janeiro: diversidade, integração e transformação. In: ANAIS DA 6ª CONFERÊNCIA DA REDE LUSÓFONA DE MORFOLOGIA URBANA, PNUM 2017, **Anais...** [s.l: s.n.]

CARPIO-PINEDO, José; BENITO-MORENO, Manuel; LAMÍQUIZ-DAUDÉN, Patxi J. Beyond land use mix, walkable trips. An approach based on parcel-level land use data and network analysis. **Journal of Maps**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 23–30, 2021.

CERIN, Ester et al. Destinations that matter: Associations with walking for transport. **HEALTH & PLACE**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 713–724, 2007.

CERVERO, Robert. Mixed land-uses and commuting: Evidence from the American housing survey. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 30, n. 5 PART A, p. 361–377, 1996.

CERVERO, Robert et al. Influences of built environments on walking and cycling: Lessons from Bogotá. **International Journal of Sustainable Transportation**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 203–226, 2009.

CERVERO, Robert; DUNCAN, Michael. Which reduces vehicle travel more: Jobs-housing balance of retail-housing mixing? **Journal of the American Planning Association**, [s. l.], v. 72, n. 4, p. 475–490, 2006.

CERVERO, Robert; KOCKELMAN, Kara. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 199–219, 1997.

CHRISTIAN, H. E. et al. How important is the land use mix measure in understanding walking behaviour? Results from the RESIDE study. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, [s. l.], v. 8, n. 55, p. 1–12, 2011.

CNI-IBOPE. **Retratos da sociedade brasileira: Mobilidade urbana**. Brasília. 2015.

CNU - Congress for the New Urbanism, 2019. Disponível em: <<https://www.cnu.org/who-we-are/charter-new-urbanism>>. Acessado em: 14 de dezembro de 2019.

COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ (CMNP). **Colonização e desenvolvimento do Norte do Paraná**. Originalmente publicada em 1975. Paraná: 3ª Edição, 2013. 256 p.

DEAN, Jennifer et al. Thinking relationally about built environments and walkability: A study of adult walking behavior in Waterloo, Ontario. **Health and Place**, [s. l.], v. 64, n. June 2019, p. 102352, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2020.102352>>

DOVEY, Kim; PAFKA, Elek. What is functional mix? An assemblage approach. **Planning Theory and Practice**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 249–267, 2017.

DOVEY, Kim; PAFKA, Elek. What is walkability? The urban DMA. **Urban Studies**, [s. l.], v. 57, n. 1, p. 93–108, 2020.

DUAN, Yaqiong et al. Land use characteristics of Xi'an residential blocks based on pedestrian traffic system. **Alexandria Engineering Journal**, [s. l.], v. 60, n. 1, p. 15–24, 2021.

DUNCAN, Mitch J. et al. Relationships of land use mix with walking for transport: Do land uses and geographical scale matter? **Journal of Urban Health**, [s. l.], v. 87, n. 5, p. 782–795, 2010.

ELSHAHAT, Sarah; O'RORKE, Michael; ADLAKHA, Deepti. Built environment correlates of physical activity in low- And middle-income countries: A systematic review. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 1–19, 2020.

EWING, Reid; CERVERO, Robert. Travel and the built environment. **Journal of the American Planning Association**, [s. l.], v. 76, n. 3, p. 265–294, 2010.

FAUEL. **Revisão do Plano Diretor Municipal de Cambé-PR: Aspectos Socioespaciais**, 2017. Disponível em: <[http://www.cambe.pr.gov.br/site/revisao-planodiretor/documentos/cat\\_view/478-documentos-revisao-plano-diretor.html](http://www.cambe.pr.gov.br/site/revisao-planodiretor/documentos/cat_view/478-documentos-revisao-plano-diretor.html)>. Acessado em: 15 de maio de 2020.

FAUEL. **Revisão do Plano Diretor Municipal de Cambé-PR: Introdução e Aspectos Regionais**, 2017. b.

FERENHOF, Helio Aisenberg; FERNANDES, Roberto Fabiano. DESMISTIFICANDO A REVISÃO DE LITERATURA COMO BASE PARA REDAÇÃO CIENTÍFICA: MÉTODO SSF. **Revista ACB**, [s. l.], n. January, p. 1–14, 2016.

FLORINDO, Alex Antonio et al. Walking for transportation and built environment in Sao Paulo city, Brazil. **Journal of Transport and Health**, [s. l.], v. 15, n. September, p. 100611, 2019.

FLOWERDEW, Robin; MANLEY, David J.; SABEL, Clive E. Neighbourhood effects on health: Does it matter where you draw the boundaries? **Social Science and Medicine**, [s. l.], v. 66, n. 6, p. 1241–1255, 2008.

FONSECA, Fernando et al. Levels and characteristics of utilitarian walking in the central areas of the cities of Bologna and Porto. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 13, n. 6, p. 1–24, 2021.

FONTOURA, Larissa Casaril Da; KANASHIRO, Milena; SABOYA, Renato Tibiriçá De. Como Operacionalizar O Uso Misto Do Solo Nos Estudos De Caminhabilidade? Reflexões Teórico-Methodológicas. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO (ENANPARQ) 2021, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: FAU-UnB, 2021.

FORSYTH, Ann et al. Design and destinations: Factors influencing walking and total physical activity. **Urban Studies**, [s. l.], v. 45, n. 9, p. 1973–1996, 2008.

FORSYTH, Ann et al. NEAT-GIS Protocols. [s. l.], n. January, 2012. a.

FORSYTH, Ann et al. LEAN-GIS Protocols. [s. l.], n. January, p. 1–168, 2012. b.

FRANK, L. D. et al. The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study. **British journal of sports medicine**, [s. l.], v. 44, n. 13, p. 924–933, 2010.

FRANK, L. D.; PIVO, G. Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel: single-occupant vehicle, transit, and walking. **Transportation research record**, [s. l.], p. 44–44, 1994.

FRANK, Lawrence D. et al. International comparison of observation-specific spatial buffers: Maximizing the ability to estimate physical activity. **International Journal of Health Geographics**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 1–13, 2017.

FRANK, Lawrence D. et al. Comparing walkability methods: Creation of street smart walk score and efficacy of a code-based 3D walkability index. **Journal of Transport and Health**, [s. l.], v. 21, n. August 2020, p. 101005, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.101005>>

GEHL, Jan. **Cidade para Pessoas**, 2013.

GEHRKE, Steven R.; CLIFTON, Kelly J. Operationalizing Land Use Diversity at Varying Geographic Scales and Its Connection to Mode Choice. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [s. l.], v. 2453, n. 1, p. 128–136, 2015.

GEHRKE, Steven R.; CLIFTON, Kelly J. Toward a spatial-temporal measure of land-use mix. **Journal of Transport and Land Use**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 171–186, 2016.

GEHRKE, Steven R.; WANG, Liming. Operationalizing the neighborhood effects of the built environment on travel behavior. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 82, n. October 2019, 2020.

GILES-CORTI, Billie et al. Understanding physical activity environmental correlates: Increased specificity for ecological models. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, [s. l.], v. 33, n. 4, p. 175–181, 2005.

GOMES, Grace A. O. et al. Walking for leisure among adults from three Brazilian cities and its association with perceived environment attributes and personal factors. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, [s. l.], v. 8, p. 1–8, 2011.

GRANT, Jill. Mixed Use in Theory and Practice: Canadian Experience with Implementing a Planning Principle. **JOURNAL OF THE AMERICAN PLANNING ASSOCIATION**, [s. l.], v. 68, n. 1, p. 71–84, 2002.

GRASSER, Gerlinde et al. A European perspective on GIS-based walkability and active modes of transport. **European journal of public health**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 145–151, 2017.

GROAT, Linda N.; WANG, David. **Architectural Research Methods**. 2nd Ed. ed. [s.l: s.n.].

GUNN, Lucy Dubrelle et al. Identifying destination distances that support walking trips in local neighborhoods. **Journal of Transport and Health**, [s. l.], v. 5, p. 133–141, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jth.2016.08.009>>

HAJNA, Samantha et al. A call for caution and transparency in the calculation of land use mix: Measurement bias in the estimation of associations between land use mix and physical activity. **Health and Place**, [s. l.], v. 29, p. 79–83, 2014.

HALL, P. **Cidades do amanhã: uma história intelectual do planejamento e do projeto urbanos no século XX**. São Paulo: Perspectiva, 2016.

HANDY, S. L. et al. How the built environment affects physical activity - Views from urban planning. **AMERICAN JOURNAL OF PREVENTIVE MEDICINE**, [s. l.], v. 23, n. 2, S, p. 64–73, 2002.

HESS, Paul Mitchell; MOUDON, Anne Vernez; LOGSDON, Miles G. Measuring land use patterns for transportation research. **Transportation Research Record**, [s. l.], n. 1780, p. 17–24, 2001.

HINO, Adriano A. F. et al. The built environment and recreational physical activity among adults in Curitiba, Brazil. **Preventive Medicine**, [s. l.], v. 52, n. 6, p. 419–422, 2011.

HINO, Adriano A. F. et al. Built environment and physical activity for transportation in adults from Curitiba, Brazil. **Journal of Urban Health**, [s. l.], v. 91, n. 3, p. 446–462, 2014.

HINO, Adriano Akira Ferreira et al. [Projeto ESPAÇOS de Curitiba, Brazil: applicability of mixed research methods and geo-referenced information in studies about physical activity and built environments]. **Revista panamericana de salud pública = Pan American journal of public health**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 226–33, 2012.

HOEHNER, C. M. et al. Perceived and objective environmental measures and physical activity among urban adults. **AMERICAN JOURNAL OF PREVENTIVE MEDICINE**, [s. l.], v. 28, n. 2, 2, p. 105–116, 2005.

HOEK, Joost W. Van den. The MXI (Mixed-use Index) as Tool for Urban Planning and Analysis. **Corporations and Cities: Envisioning Corporate Real Estate in the Urban Future**, [s. l.], n. May, p. 15, 2008.

HOEK, Joost W. Van den. The Mixed Use Index (MXI) as Planning Tool for (New) Towns in the 21st Century. In: PROVOOST, Michelle (Ed.). **New Towns for the 21st Century: the Planned vs. the Unplanned City**. Amsterdam: SUN, 2009. p. 198–206.

HU, Shougeng; WANG, L. Automated urban land-use classification with remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 790–803, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas Populacionais por Município em 2020**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/cambe/panorama>>. Acessado em 13 de março de 2020.

IM, Ha Na; CHOI, Chang Gyu. The hidden side of the entropy-based land-use mix index: Clarifying the relationship between pedestrian volume and land-use mix. **Urban Studies**, [s. l.], v. 56, n. 9, p. 1865–1881, 2019.

ITEDES - Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento Econômico e Social. **PlanMob**: Plano Municipal de Mobilidade Urbana de Cambé-PR. Cambé, 2017.

JACOBS, Jane. **Morte e Vida de Grandes Cidades**. 2ª Ed. ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2011.

JOST, Lou. Entropy and diversity. **Oikos**, [s. l.], v. 113, n. 2, p. 363–375, 2006.

KING, Tania Louise et al. Does the presence and mix of destinations influence walking and physical activity? **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 1–12, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12966-015-0279-0>>

KRETZER, Geruza; SABOYA, Renato Tibiriçá. Tipos arquitetônicos e diversidade de usos do solo: uma análise em duas escalas | Architectural types and land use diversity: an analysis in two scales. **Oculum Ensaios**, [s. l.], v. 17, p. 1, 2020.

KRIZEK, Kevin J. Operationalizing neighborhood accessibility for land use - Travel behavior research and regional modeling. **Journal of Planning Education and Research**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 270–287, 2003. a.

KRIZEK, Kevin J. Neighborhood services, trip purpose, and tour-based travel. **Transportation**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 387–410, 2003. b.

LAMOUR, Quentin; MORELLI, Adriano M.; MARINS, Karin R. d. C. Improving walkability in a TOD context: Spatial strategies that enhance walking in the Belém neighbourhood, in São Paulo, Brazil. **Case Studies on Transport Policy**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 280–292, 2019.

LARRANAGA, Ana Margarita et al. **Using best–worst scaling to identify barriers to walkability: a study of Porto Alegre, Brazil**. [s.l.] : Springer US, 2019. v. 46

LE CORBUSIER. **A Carta de Atenas**. São Paulo: EDUSP, 1993.

LEÃO, Ana Luiza Favarão. **Objective Walkability Measures for Brazilian Towns : a Case Study in Rolândia – Paraná**. 2019. State University of Londrina, [s. l.], 2019.

LEÃO, Ana Luiza Favarão et al. Agregação de dados para análise da

caminhabilidade: um estudo empírico. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s. l.], v. 12, n. e20190171, p. 1–14, 2020.

LEE, Chanam; MOUDON, Anne Vernez. The 3Ds + R: Quantifying land use and urban form correlates of walking. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 204–215, 2006.

LESLIE, Eva et al. Walkability of local communities : Using geographic information systems to objectively assess relevant environmental attributes. [s. l.], v. 13, p. 111–122, 2007.

LIU, Xi et al. Incorporating spatial interaction patterns in classifying and understanding urban land use. **INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCE**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 334–350, 2016.

LOFTI, Sedigheh; KOOHSARI, Javad. Neighborhood Walkability in a City within a Developing Country. **Journal of Urban Planning and Development**, [s. l.], v. 137, n. 4, p. 402–408, 2011.

LOPES, Adalberto Aparecido dos Santos et al. Características da microescala do ambiente, caminhada e uso de bicicleta no deslocamento em adultos de Curitiba, Paraná, Brasil. **Cadernos de Saude Publica**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 1–14, 2018.

MAEHLER, M., ROUSSEUW, P., STRUYF, A., HUBERT, M., HORNIK, K. cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. **R package version 2.1.0**, 2019.

MAGURRAN, Anne E. **Ecological Diversity and Its Measurement**. Princeton, N.J: Croom Helm Ltd, 1988.

MANAUGH, Kevin; KREIDER, Tyler. What is mixed use? Presenting an interaction method for measuring land use mix. **Journal of Transport and Land Use**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 63, 2013.

MARICATO, Ermínia. **Morte e vida no urbanismo moderno**. 2001. Disponível em:  
<[http://www.fau.usp.br/deprojeto/labhab/biblioteca/textos/maricato\\_resenhajacob.pdf](http://www.fau.usp.br/deprojeto/labhab/biblioteca/textos/maricato_resenhajacob.pdf)>.

MAVOA, Suzanne et al. Identifying appropriate land-use mix measures for use in a national walkability index. **JOURNAL OF TRANSPORT AND LAND USE**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 681–700, 2018.

MCCORMACK, Gavin R. et al. Destinations Correspondence and Predictive Validity. **Environment And Behavior**, [s. l.], p. 401–425, 2008.

MCCORMACK, Gavin R.; GILES-CORTI, Billie; BULSARA, Max. The relationship between destination proximity, destination mix and physical activity behaviors. **Preventive Medicine**, [s. l.], v. 46, n. 1, p. 33–40, 2008.

MONTGOMERY, J. Making a city: urbanity, vitality and urban design. **Journal of Urban Design**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 93–116, 1998.

MOTOMURA, Monica Cristina Nishikawa. **Walkable spaces: correlation between built environment, social capital and self-rated health in Cambé – Paraná – Brazil**. 2017. State University of Londrina, [s. l.], 2017.

MOTOMURA, Monica Cristina Nishikawa; FONTOURA, Larissa Casaril Da; KANASHIRO, Milena. Understanding walkable areas: applicability and analysis of a walkability index in a Brazilian city. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 413–425, 2018.

NAKAMURA, Priscila et al. Associação da caminhada no lazer e no transporte com ambiente construído em adultos do município de Rio Claro-SP. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, [s. l.], v. 18, n. 4, 2013.

NETTO, Vinicius M. Jane Jacobs. **Políticas Públicas & Cidades**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 9–50, 2016.

NOORDZIJ, J. M. et al. Land use mix and physical activity in middle-aged and older adults: a longitudinal study examining changes in land use mix in two Dutch cohorts. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 1–10, 2021.

OLAK, André Silva. **Ambiente Construído e Caminhabilidade: Influência do uso do solo no deslocamento a pé**. 2019. Universidade Estadual de Londrina, [s. l.], 2019.

OYEYEMI, Adewale L. et al. Perceived environmental correlates of physical activity and walking in African young adults. **American Journal of Health Promotion**, [s. l.], v. 25, n. 5, p. 10–20, 2011.

PARRA, Diana C. et al. Built environment characteristics and perceived active park use among older adults: Results from a multilevel study in Bogota. **HEALTH & PLACE**, [s. l.], v. 16, n. 6, p. 1174–1181, 2010.

PARRA, Diana C. et al. Perceived environmental correlates of physical activity for leisure and transportation in Curitiba, Brazil. **Preventive Medicine**, [s. l.], v. 52, n. 3–4, p. 234–238, 2011.

PMC - Prefeitura Municipal de Cambé. Dados Gerais sobre Cambé, 2020. Disponível em: <<http://www.cambe.pr.gov.br/site/cambe/dadosgeraiscambe.html>>. Acessado em: 15 de março de 2020.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Ranking IDHM Municípios 2010**. Disponível em: <<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>>. Acessado em: 15 de setembro de 2020.

POLIDORO, Maurício; TAKEDA, Mariane Mayumi Garcia; BARROS, Omar Neto Fernandes. Análise temporal do processo de conurbação na região de Londrina-PR por meio de imagens Landsat. **Revista Geografia Acadêmica**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 70–77, 2009.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RAMAN, Rewati; ROY, Uttam Kumar. Taxonomy of urban mixed land use planning. **Land Use Policy**, [s. l.], v. 88, n. June, p. 104102, 2019.

REIS, Rodrigo S. et al. Bicycling and walking for transportation in three Brazilian cities. **American Journal of Preventive Medicine**, [s. l.], v. 44, n. 2, p. e9–e17, 2013. a.

REIS, Rodrigo Siqueira et al. Walkability and physical activity: Findings from Curitiba, Brazil. **American Journal of Preventive Medicine**, [s. l.], v. 45, n. 3, p. 269–275, 2013. b.

RIVA, Mylene et al. Establishing the soundness of administrative spatial units for operationalising the active living potential of residential environments: an exemplar for designing optimal zones. **INTERNATIONAL JOURNAL OF HEALTH GEOGRAPHICS**, [s. l.], v. 7, 2008.

RODRÍGUEZ, Daniel A. et al. Land Use, Residential Density, and Walking. The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. **American Journal of Preventive Medicine**, [s. l.], v. 37, n. 5, p. 397–404, 2009.

ROUSSEEUW, P. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 20 p. 53–65, 1987. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](https://doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7).

ROWLEY, Alan. Mixed-use Development: Ambiguous concept, simplistic analysis and wishful thinking? **Planning Practice & Research**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 85–98, 1996.

SABOYA, Renato T. et al. As condições para a diversidade de Jacobs: um teste em três cidades brasileiras. **Eure**, [s. l.], v. v. 47, n. n. 140, p. 243–267, 2021.

SAELENS, Brian E.; HANDY, Susan L. **Built environment correlates of walking: A review** **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 2008.

SAELENS, Brian E.; SALLIS, James F.; FRANK, Lawrence D. Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. **Annals of Behavioral Medicine**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 80–91, 2003.

SANTOS, Lauren et al. Microscale , pedestrian movement , and socioeconomic levels : An empirical study MICROESCALA , MOVIMENTO DE PEDESTRES E NÍVEIS SOCIOECONÔMICOS : UM ESTUDO EMPÍRICO MICROSCALE , PEDESTRIAN MOVEMENT AND SOCIOECONOMIC LEVELS : AN EMPIRICAL STUDY. [s. l.], n. January, 2021.

SEONG, Eun Yeong; LEE, Nam Hwi; CHOI, Chang Gyu. Relationship between land use mix and walking choice in high-density cities: A review of walking in Seoul, South Korea. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 1–16, 2021.

SHANNON, Rory et al. 20-Minute Neighbourhoods: Creating a More Liveable Melbourne. **Journal of Transport & Health**, [s. l.], v. 14, p. 100773, 2019.

SILVA, Geovany Jessé Alexandre Da. Formas, usos e cenários urbanos: métricas para projetar bairros. **Oculum Ensaios**, [s. l.], v. 18, p. 1–25, 2021.

SMITH, Melody et al. Systematic literature review of built environment effects on physical activity and active transport - an update and new findings on health equity. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 1–27, 2017.

SONG, Yan; MERLIN, Louis; RODRIGUEZ, Daniel. Comparing measures of urban land use mix. **Computers, Environment and Urban Systems**, [s. l.], v. 42, p. 1–13, 2013.

SONG, Yan; RODRÍGUEZ, Daniel A. The Measurement of the Level of Mixed Land Uses : A Synthetic Approach. **Carolina Transportation Program White Paper Series**, [s. l.], n. April, p. 1–40, 2005.

SOUTHWORTH, Michael. Designing the Walkable City. **Journal of Urban Planning and Development**, [s. l.], v. 131, n. 4, p. 246–257, 2005.

SUGIYAMA, Takemi et al. Land use proportion and walking: Application of isometric substitution analysis. **HEALTH & PLACE**, [s. l.], v. 57, p. 352–357, 2019.

SUN, Ziwen et al. Time Distances to Residential Food Amenities and Daily Walking Duration: A Cross-Sectional Study in Two Low Tier Chinese Cities. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 839, 2021.

UN-HABITAT. **A new strategy of Sustainable Neighbourhood Planning: Five Principles Urban Planning Discussion Note 3**. Nairobi, Kenya.

VEILLETTE, Marie Pier; GRISÉ, Emily; EL-GENEIDY, Ahmed. Does One Bicycle Facility Type Fit All? Evaluating the Stated Usage of Different Types of Bicycle Facilities among Cyclists in Quebec City, Canada. **Transportation Research Record**, [s. l.], v. 2673, n. 6, p. 650–663, 2019.

VILLAÇA, Flávio. **Espaço intra-urbano no Brasil**. 1ª Ed. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

WINTERS, Meghan et al. Built Environment Influences on Healthy Transportation Choices: Bicycling versus Driving. **JOURNAL OF URBAN HEALTH-BULLETIN OF THE NEW YORK ACADEMY OF MEDICINE**, [s. l.], v. 87, n. 6, p. 969–993, 2010.

WHO.- World Health Organization. **Noncommunicable diseases country profiles 2018**. Geneva: World Health Organization; 2018.

YAMAKI, Humberto. **Iconografia Londrinense**. Londrina: Edições Humanidades, 2003.

YANG, Yong; DIEZ-ROUX, Ana V. Walking distance by trip purpose and population subgroups. **American Journal of Preventive Medicine**, [s. l.], v. 43, n. 1, p. 11–19, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.amepre.2012.03.015>>

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. [s.l: s.n.].

ZHANG, Ce et al. Joint Deep Learning for land cover and land use classification. **Remote Sensing of Environment**, [s. l.], v. 221, n. November 2018, p. 173–187, 2019.

ZHUO, Yuefei et al. Compatibility mix degree index: A novel measure to characterize urban land use mix pattern. **Computers, Environment and Urban Systems**, [s. l.], v. 75, n. June 2018, p. 49–60, 2019.