

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

Ana Margarita Larránaga

ANÁLISE DO PADRÃO COMPORTAMENTAL DE PEDESTRES

Porto Alegre, 2008

Ana Margarita Larrañaga

ANÁLISE DO PADRÃO COMPORTAMENTAL DE PEDESTRES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Transportes.

Orientadora: Professora Helena Beatriz Bettella Cybis, *Ph.D.*

Porto Alegre, 2008

Ana Margarita Larrañaga

ANÁLISE DO PADRÃO COMPORTAMENTAL DE PEDESTRES

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Prof^a. Orientadora Helena Beatriz
Bettella Cybis, *Ph.D.***
Orientadora PPGE/UFGRS

—
Prof. Flávio Sanson Fogliatto, *Ph.D.*
Coordenador PPGE/UFGRS

Banca Examinadora:

Pesquisadora Rogéria Motta de Sant'Anna, Dra. (COPPE/UFRJ)

Professor Luis Antonio Lindau, *Ph.D.* (PPGE/UFGRS)

Professora , Christine Tessele Nodari, Dra. (PPGE/UFGRS)

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Dr^a. Helena Beatriz Bettella Cybis, pela dedicação e competência profissional que marcaram o seu papel de orientadora e motivadora para o meu crescimento profissional;

aos professores do PPGEF por terem contribuído para minha formação em transportes;

à UFRGS e CNPq que subsidiaram a infraestrutura científica, tecnológica, e os recursos financeiros para o desenvolvimento desta pesquisa;

aos funcionários do DEPROT por serem sempre solícitos e pelo apoio durante todo o mestrado;

aos colegas do LASTRAN pelo apoio e companheirismo durante esses dois anos;

e, especialmente, ao meu marido Giovani, ao meu filho Lorenzo e a toda a minha família, sempre presentes, incentivando e apoiando todas as minhas decisões

Ana Margarita Larrañaga

RESUMO

Esta dissertação visa avaliar o padrão comportamental dos pedestres nos deslocamentos na cidade de Porto Alegre. É abordado a partir da base de dados provenientes da pesquisa de entrevistas domiciliares realizadas em 2003 em Porto Alegre. Para isto, caracterizaram-se os deslocamentos a pé na cidade e identificaram-se as regiões de maior e menor concentração de viagens a pé. A fim de determinar os fatores que influenciam a decisão de caminhar foram estimados modelos logit binomiais para as viagens menores que 2 km em cada uma das regiões identificadas anteriormente. As variáveis explicativas para os modelos analisados incluem características do domicílio (disponibilidade de automóvel e renda por domicílio), dos residentes (idade), das viagens (distância e motivo da viagem), da forma urbana (densidade de domicílios, densidade populacional, comprimento médio das quadras, padrão do sistema viário, tipo de uso do solo e estacionamento tarifado em área pública) e da disponibilidade de transporte coletivo na origem da viagem. Foram consideradas duas categorias de viagens: viagens por motivo trabalho/estudo e viagens por motivo não trabalho/estudo (motivos recreacionais, compras, saúde, assuntos pessoais e outros). Os resultados do estudo mostram que características sócio-econômicas dos residentes, características das viagens e da forma urbana influenciam a escolha do modo a pé. Analisando os valores de elasticidade obtidos para as duas categorias de viagens originadas em Petrópolis e no Centro pode-se inferir que as variáveis que exercem maior influência estão relacionadas principalmente a características da viagem (distância) e à configuração física da rede viária. A análise de sensibilidade evidenciou a sensibilidade do modelo frente a alterações das variáveis estudadas. Os resultados obtidos servem de apoio para um planejamento mais adequado da mobilidade e acessibilidade dos pedestres.

Palavras-chave: pedestres, escolha modal, modelos de escolha discreta

ABSTRACT

This thesis aims to evaluate the pedestrians' behavior in Porto Alegre. The study was based on a Porto Alegre household survey of 2003. During the analysis, the pedestrian trips were characterized and the traffic zones with the larger and the smaller number of pedestrian trips were identified. In order to determine the influencing factors related to the walk choice, binomial logit models were developed for trips with less than 2km in each traffic zone previously identified. The explanatory variable used in the models included the characteristics of the household (auto availability and household income), of the household members (age), of the trip (distance and purpose of the trip), of the built environment (housing units density, population density, mean block size, street patterns, land use and public parking), and transit availability in the origin of the trip. Two types of pedestrian travel were considered: work and non-work trips (shopping, health, personal purposes and others). The study results showed that socio-economic characteristics, trip characteristics and local measures of the built environment influence walk mode-choice. Elasticity results for the two types of trips, with origin in "Petrópolis" and Downtown, indicate that the most influence variables are connected with trip characteristics (distance) and street design. The sensibility analysis showed the model sensibility strength under the changes introduced in the variables studied. These analysis results may provide support for a better planning for pedestrians' mobility and accessibility.

Key words: pedestrians, mode choice, discrete choice models.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O processo comportamental associado a motivação e tomada de decisão	23
Figura 2 - Distribuição das viagens a pé no município de Porto Alegre	50
Figura 3 - Percentual de viagens a pé por zona de tráfego.....	51
Figura 4 - Área Centro	59
Figura 5 - Área Petrópolis.....	60
Figura 6 - Distribuição das viagens a pé no centro de Porto Alegre.....	61
Figura 7 - Distribuição das viagens a pé em Petrópolis	63
Figura 8 - Setores censitários que compõem a área Centro	69
Figura 9 - Setores censitários que compõem a área Petrópolis.....	69
Figura 10 - Determinação do valor de um atributo para o setor	72
Figura 11 - Divisão modal : Viagens por motivo trabalho/estudo	82
Figura 12 - Divisão modal : Viagens por motivo não trabalho/estudo.....	83
Figura 13 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Renda: Viagens Trabalho/Estudo, Petrópolis	105
Figura 14 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função do Comprimento Médio das Quadras: Viagens Trabalho/Estudo, Petrópolis	105
Figura 15 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Distância: Viagens Trabalho/Estudo, Petrópolis	106
Figura 16 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Distância: Viagens Trabalho/Estudo, Centro	107
Figura 17 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Disponibilidade de Transporte Coletivo: Viagens Trabalho/Estudo, Centro	108

Figura 18 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função do Comprimento Médio das Quadras: Viagens Não Trabalho/Estudo, Petrópolis	109
Figura 19 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função do Padrão do Sistema Viário: Viagens Não Trabalho/Estudo, Petrópolis	110
Figura 20 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Distância: Viagens Não Trabalho/Estudo, Petrópolis	110
Figura 21 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Renda: Viagens Não Trabalho/Estudo, Petrópolis	111
Figura 22 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Distância: Viagens Não Trabalho/Estudo, Centro	112
Figura 23 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função do Comprimento Médio das Quadras: Viagens Não Trabalho/Estudo, Centro	113
Figura 24 - Distribuição da Renda mensal por domicílio por setor censitário na área Centro	125
Figura 25 - Distribuição da Renda mensal por domicílio por setor censitário na área Petrópolis	125
Figura 26 - Distribuição da Densidade Populacional por setor censitário na área Centro	126
Figura 27 - Distribuição da Densidade Populacional por setor censitário na área Petrópolis	126
Figura 28 - Distribuição da Densidade de Domicílios por setor censitário na área Centro	127
Figura 29 - Distribuição da Densidade de Domicílios por setor censitário na área Petrópolis	127

Figura 30 - Distribuição do tipo de Uso do Solo por setor censitário na área Centro	128
Figura 31 - Distribuição do tipo de Uso do Solo por setor censitário na área Petrópolis	128
Figura 32 - Distribuição do Estacionamento por setor censitário na área Centro	129
Figura 33 - Distribuição do Estacionamento por setor censitário na área Petrópolis	129
Figura 34 - Distribuição do Comprimento Médio das Quadras por setor censitário na área Centro	130
Figura 35 - Distribuição do Comprimento Médio das Quadras por setor censitário na área Petrópolis	130
Figura 36 - Distribuição do Padrão do Sistema Viário por setor censitário na área Centro	131
Figura 37 - Distribuição do Padrão do Sistema Viário por setor censitário na área Petrópolis	131
Figura 38 - Distribuição da Disponibilidade de Transporte Coletivo por setor censitário na área Centro	132
Figura 39 - Distribuição da Disponibilidade de Transporte Coletivo por setor censitário na área Petrópolis.....	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Zonas de tráfego com maior relação viagens a pé/viagens totais	52
Tabela 2 - Categoria das variáveis	53
Tabela 3- Índice de motorização	57
Tabela 4- Distribuição das viagens a pé: Porto Alegre, Centro Petrópolis	64
Tabela 5 - Estatística descritiva das variáveis explicativas – Centro	76
Tabela 6- Estatística descritiva das variáveis explicativas - Petrópolis	79
Tabela 7 - Resumo das variáveis usadas no modelo	88
Tabela 8 - Resultados do modelo: Petrópolis - Motivo trabalho/estudo.....	89
Tabela 9 - Resultados do modelo: Centro - Motivo trabalho/estudo	89
Tabela 10 - Resumo de coeficientes estimados -Viagens trabalho/estudo	91
Tabela 11 - Resultados do modelo: Petrópolis – Motivo não trabalho/estudo	94
Tabela 12 - Resultados do modelo: Centro – Motivo não trabalho/estudo	94
Tabela 13 - Resumo de coeficientes estimados -Viagens não trabalho/estudo	96
Tabela 14 - Elasticidades estimadas: Viagens trabalho/estudo.....	100
Tabela 15 - Elasticidades estimadas: Viagens não trabalho/estudo.....	102

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 TEMA E OBJETIVOS.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 MÉTODO	15
1.4 LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	16
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2 PEDESTRES	18
2.1 MOBILIDADE NAS CIDADES.....	18
2.2 DEFINIÇÃO DE PEDESTRE	20
2.3 COMPORTAMENTO DE PEDESTRES	21
2.3.1 O comportamento humano.....	21
2.3.2 O processo comportamental relacionado a motivação e tomada de decisão	23
2.4 PLANEJAMENTO DE ESPAÇOS PARA PEDESTRES.....	25
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
3 MODELOS DE COMPORTAMENTO DE PEDESTRES	29
3.1 VARIÁVEIS SÓCIO-ECONÔMICAS E DE VIAGENS.....	29
3.2 VARIÁVEIS DA FORMA URBANA	31
3.2.1 Densidade	32
3.2.2 Diversidade de uso do solo	33
3.2.3 Projeto de vias.....	37
3.3 DISPONIBILIDADE DE TRANSPORTE COLETIVO.....	38
3.4 MODELOS	40
3.4.1 Modelos de escolha discreta	40
3.4.2 Revisão de modelos de escolha modal utilizados na literatura	43
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
4 ANÁLISE DA MOBILIDADE DOS PEDESTRES EM PORTO ALEGRE.....	48
4.1 VARIÁVEIS OBSERVADAS.....	48
4.2 ESTUDO DAS ZONAS DE TRÁFEGO	51
4.2.1 Índice de Motorização	56

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
5 OBTENÇÃO E AGREGAÇÃO DOS DADOS	59
5.1 ÁREA DE ESTUDO	59
5.2 VARIÁVEIS DE ESTUDO	65
5.3 OBTENÇÃO DE DADOS	67
5.3.1 Variáveis sócio-econômicas e de viagens	67
5.3.2 Variáveis da forma urbana	67
5.3.2.1 Densidade.....	68
5.3.2.2 Diversidade de uso do solo.....	70
5.3.2.3 Projeto de vias	71
5.3.3 Disponibilidade de transporte coletivo	73
5.4 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS	75
5.4.1 Estatística descritiva.....	75
5.4.2 Divisão modal	81
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
6 MODELAGEM E ANÁLISE DE RESULTADOS	86
6.1 ESTIMAÇÃO DOS MODELOS DE ESCOLHA MODAL.....	86
6.1.1 Modelos estimados para viagens com motivo trabalho/estudo	89
6.1.2 Modelos estimados para viagens com motivo não trabalho/estudo	94
6.2 CÁLCULO DE ELASTICIDADES	99
6.2.1 Viagens motivo trabalho/estudo	100
6.2.2. Viagens motivo não trabalho/estudo	102
6.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	104
6.3.1 Sensibilidade dos modelos para as viagens com motivo trabalho/estudo	104
6.3.1. Sensibilidade dos modelos para as viagens com motivo não trabalho/estudo.....	109
6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
APÊNDICE A	125

1 INTRODUÇÃO

Entre os modos utilizados para circulação de pessoas na maioria das cidades, existe uma grande predominância do automóvel. O excesso de automóveis dificulta a utilização de outros modais economicamente mais acessíveis à maioria da população, e afeta, dentre outros fatores, o meio ambiente, a economia, a saúde e as condições de segurança da circulação. Para reduzir os volumes de tráfego e atenuar as externalidades produzidas pela operação do sistema de transporte é necessário alterar os padrões de mobilidade atuais, que incentivam o uso do automóvel em detrimento de modos mais sustentáveis (DEPARTMENT OF TRANSPORT OF LONDON, 2002). Para isto, é necessário estimular modos de transportes não motorizados, reconhecendo a importância do deslocamento dos pedestres.

Caminhar, além de ser a forma mais antiga e básica de transporte humano, constitui-se no modo de transporte mais acessível e barato. Porém, apesar da infraestrutura de passeios públicos ser relativamente barata, a maioria das cidades brasileiras não se preocupa em acomodar pedestres nas calçadas com o mesmo empenho com que se preocupa em acomodar os veículos nas vias (BRASIL, 2004). A acessibilidade e sustentabilidade são os princípios fundamentais de uma nova política de desenvolvimento urbano e de transportes, tendo como um de seus objetivos a priorização dos modos de transporte coletivo e não motorizados.

1.1 TEMA E OBJETIVOS

O tema deste trabalho é o estudo de pedestres. Esse é um tópico importante, que vem merecendo destaque mundial. O surgimento e o intenso uso dos veículos automotores aumentaram a mobilidade da população nas cidades. Em nenhum momento, porém, a condição natural de andar a pé foi abandonada. Basta observar

atentamente os pedestres que circulam nas cidades e na área rural para concluir que andar a pé constitui uma forma indispensável de transporte para a maioria da população, às vezes como modo único, outras combinando com outros modos, para complementar viagens realizadas através de transporte público ou automóvel. Pesquisas de origem-destino realizadas em cidades brasileiras mostram que mais de 30% dos deslocamentos em áreas urbanas são feitos a pé (INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS, IPEA, 2003). Em Porto Alegre 28% das viagens são realizadas exclusivamente a pé, revelando a expressiva participação das viagens a pé no sistema de transporte na cidade.

O objetivo geral do trabalho é avaliar os fatores que afetam as decisões individuais de realização de viagens a pé. É abordado a partir da base de dados provenientes da pesquisa de entrevistas domiciliares realizada em 2003 em Porto Alegre. Este banco de dados possui informações de caracterização do domicílio, indicadores sócio-econômicos dos residentes e características dos deslocamentos realizados pelos residentes.

Como objetivos específicos deste trabalho, pode-se citar:

- Identificação de fatores que influenciam a decisão de caminhar
- Análise de mobilidade
- Análise estatística das variáveis selecionadas como determinantes da escolha do modo a pé
- Determinação de um modelo que ajude à compreensão dos fatores intervenientes no comportamento do pedestre e o peso que os usuários dão as diferentes variáveis na decisão de caminhar
- Compreensão dos hábitos de viagem dos pedestres

1.2 JUSTIFICATIVA

Os pedestres são parte integral de todo o sistema de transporte, portanto é necessário estabelecer políticas para atender suas necessidades. Para o planejador de transporte é útil contar com informações que possam orientar suas decisões. O melhor entendimento do comportamento da demanda é valioso na definição de políticas de transporte. A compreensão das preferências e hábitos dos residentes e investigação das razões implícitas em suas escolhas possibilita um planejamento mais adequado da mobilidade e acessibilidade dos pedestres.

1.3 MÉTODO

O presente trabalho pode ser classificado de natureza aplicada, com uma abordagem quantitativa. O desenvolvimento deste trabalho de conclusão será feito a partir de três etapas. A primeira etapa envolve uma revisão bibliográfica sobre os diferentes trabalhos existentes na literatura relacionados com o tema de estudo, identificando as variáveis consideradas em cada um, a modelagem dos dados e resultados obtidos. A segunda etapa envolve a análise da base de dados da pesquisa de entrevistas domiciliares de Porto Alegre (EDOM, 2003), identificando os fatores que influenciam a decisão de caminhar. Esse estudo irá envolver uma análise estatística, e a construção de um modelo que represente o comportamento do pedestre, seus hábitos e preferências. A última etapa envolve a discussão dos resultados obtidos

1.4 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O trabalho analisa o comportamento do pedestre baseando-se em dados da pesquisa de entrevistas domiciliares de Porto Alegre. Portanto, os resultados obtidos são válidos no ambiente modelado, devendo considerar a possível dispersão dos resultados obtidos pela característica geográfica da cidade e pelos próprios erros induzidos na pesquisa de obtenção da base de dados.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em sete capítulos. O segundo capítulo expõe os problemas do planejamento urbano e de transporte nos centros urbanos. Define o conceito de pedestre e apresenta o processo comportamental do pedestre na tomada de decisões. Por último, expõe as políticas urbanas e de transporte promovidas em vários países para melhorar a qualidade do ambiente construído para pedestres.

O terceiro capítulo apresenta as bases teóricas utilizadas no desenvolvimento do estudo. Compreende uma revisão bibliográfica sobre as variáveis que influenciam os deslocamentos a pé e os modelos utilizados para analisar a seleção do modo a pé para realizar um deslocamento.

O quarto capítulo descreve o banco de dados utilizado e analisa a mobilidade dos pedestres na cidade de Porto Alegre. Estuda a relação entre variáveis categóricas selecionadas como determinantes da escolha utilizando o Teste de Independência Qui Quadrado de Pearson.

O quinto capítulo descreve a área de estudo, as variáveis utilizadas e os procedimentos para a obtenção dos valores dessas variáveis.

O sexto capítulo apresenta a estimação dos modelos de escolha modal e a análise dos resultados obtidos.

O sétimo capítulo é composto pela conclusão do trabalho e recomendações para trabalhos futuros.

2 PEDESTRES

Este capítulo contempla a mobilidade urbana e os problemas de transporte enfrentados nas cidades. Define o conceito de pedestre e apresenta o processo comportamental do pedestre na tomada de decisões. Finalmente, expõe as políticas urbanas e de transporte promovidas em vários países para melhorar a qualidade do ambiente construído para pedestres.

2.1 MOBILIDADE NAS CIDADES

Na segunda metade do século 20, as cidades e os sistemas de transportes foram planejados para a utilização do automóvel particular, excluindo freqüentemente as instalações para pedestres (BLOMBERG *et al.*, 2000). Durante as décadas de 60 e 70 os maiores problemas de transportes nas grandes cidades dos países desenvolvidos eram os congestionamentos, os problemas ambientais e os acidentes. Isso caracterizava um planejamento fraco, de curto prazo, com limitados investimentos e desconhecimento de planejamento estratégico e tomada de decisão. Como consequência, esses problemas não só se fizeram mais comuns, mas adquiriram maior severidade tanto em países industrializados quanto em países em desenvolvimento (ORTUZAR, 1998).

Nos últimos anos, o aumento de tráfego viário e da demanda de transporte em geral, provocou incrementos nos congestionamentos, atrasos, acidentes e poluição, superiores aos considerados aceitáveis (ORTUZAR e WILLUMSEN, 2001). Por tanto, os problemas atuais são os mesmos de décadas passadas, porém, com novas características: baixas rendas, rápida mudança na urbanização, alta demanda para o transporte público e escassez de recursos.

Nos Estados Unidos, considerado o país do automóvel, o carro é responsável por cerca de 85% das viagens urbanas, sendo que nas cidades européias essa porcentagem é menor, entre 30 e 60%. Os países europeus, por razões culturais e históricas, contam com um sistema de transporte público de excelente qualidade, contam também com grandes espaços para pedestres nas regiões centrais (calçadas e praças), ciclovias para incentivar o uso da bicicleta e calçadas adequadas para o deslocamento a pé. Nos países pobres, o transporte público é um modo muito usado assim como também as motocicletas e bicicletas, em razão dos baixos custos de aquisição e operação. Em algumas cidades, as viagens a pé chegam a ser superiores a 40% do total de viagens realizadas. Embora nessas viagens predominem distâncias curtas, muitas pessoas, por absoluta falta de recursos financeiros, chegam a caminhar cerca de duas horas para atingir os seus locais de trabalho (FERRAZ E TORRES, 2001).

Os dados sobre transporte urbano no Brasil revelam que 27% das viagens são realizadas em automóveis particulares e 2% em motocicleta. O transporte público capta 29% das viagens urbanas, sendo que desse valor, 90% utilizam ônibus e 10% trens e metrô. O modo a pé capta 39% das viagens e 3% da população utiliza bicicleta (ANTP, 2005).

Em Porto Alegre 71% das viagens utilizam transporte motorizado; 25% das viagens são realizadas em automóveis particulares. As viagens a pé têm uma grande participação nos deslocamentos urbanos, sendo que o 28% das viagens são realizadas exclusivamente a pé. Este valor revela a importância deste modo no sistema de transporte da cidade.

Segundo Vasconcellos (2000) as políticas de transporte adotadas pelo Estado brasileiro, beneficiaram as classes médias, que tiveram suas necessidades de deslocamento maximizadas com o uso do transporte particular – o automóvel, incentivado pela modernização capitalista. Os setores dependentes do transporte público permaneceram submetidos às más condições de circulação e com suas necessidades de deslocamento reduzidas, gerando a perda da qualidade de vida da população de baixa renda.

A fim de mitigar a problemática dos pedestres e oferecer a eles um ambiente adequado para realizar seus deslocamentos é necessário realizar um planejamento que considere aos pedestres como usuários fundamentais dentro do sistema de transporte e, portanto, desenvolver planos, projetos, programas e ações favorecedoras a acessibilidade e a mobilidade dos pedestres.

2.2 DEFINIÇÃO DE PEDESTRE

Gold (2003) define pedestre como qualquer pessoa se locomovendo a pé nas vias públicas. Como quase todo mundo caminha a palavra “pedestre” significa uma condição temporária de cada membro da população e não uma determinada categoria da população.

Dentro do grupo de pedestres, consideram-se os adultos, as crianças e os idosos que possuem notórias diferenças de aptidões físicas e mentais. Além disso, muitas vezes o pedestre trafega carregando sacolas, empurrando carrinhos de compras ou de bebê, com crianças no colo, elementos que dificultam ainda mais sua locomoção.

Muitos países desenvolvem políticas, programas e projetos que beneficiam a mobilidade e a acessibilidade de pedestres. É o caso da Alemanha, da Holanda e da Inglaterra, onde são encontradas as melhores práticas. Também há grandes avanços neste sentido em algumas cidades da América do Sul, como Bogotá na Colômbia e Santiago no Chile. No Brasil, experiências em cidades como Vitória no Espírito Santo, Campina Grande na Paraíba, e Belo Horizonte em Minas Gerais, são exemplos de boas práticas em prol das caminhadas (MELO, 2005).

2.3 COMPORTAMENTO DE PEDESTRES

2.3.1 O comportamento humano

De todas as definições de Psicologia a mais tradicional é aquela que a define como a “ciência que estuda o comportamento”. No entanto, o termo comportamento é aplicado de forma extensa a uma ampla escala de fatores, dentre as quais se destacam: atividades que são diretamente observáveis e registráveis, processos fisiológicos e processos cognitivos. Nesse sentido, historicamente, a Psicologia sempre lidou com a complexidade que envolve a definição do conceito de comportamento. Tal fato deu origem às chamadas escolas de psicologia, cada uma com seus postulados e referenciais teóricos que tratam de forma distinta a observação e a descrição do comportamento humano, considerando uma ampla capacidade de diferenciação (Henneman, 1998).

Segundo Rozestraten (1988) as escolas Behaviorista e Cognitiva (ambas surgiram no Século XX) foram as principais escolas de psicologia que, ao longo dos anos, fundamentaram as pesquisas nas áreas de trânsito e transportes, propiciando uma base conceitual para identificar os processos básicos do comportamento humano. Nesse sentido, serão apresentadas a seguir as duas escolas, com seus diferentes objetos de estudo.

A psicologia cognitiva destacou-se como o campo que estuda a cognição a partir da organização da informação cognitiva. Cognição é o ato ou processo de conhecer. Inclui a atenção, a percepção, a memória, o raciocínio, a imaginação, o pensamento, a linguagem. Os cognitivistas postulam a existência de um conjunto de atividades e processos mentais pelo qual um organismo adquire informação e desenvolve conhecimentos. Nesse sentido, o comportamento pode ser entendido também como um processo cognitivo.

Com base nesses conceitos, o modelo cognitivista atribui especial atenção às questões que envolvem tomada de informação e seu processamento, a tomada de

decisão, a ação e o *feedback*. O foco central da Psicologia Cognitiva é o estudo da habilidade humana em interagir com o meio ambiente e dele colher informações e gerar conhecimentos com a finalidade de comportar-se de forma a adaptar-se da melhor forma possível (Henneman, 1998).

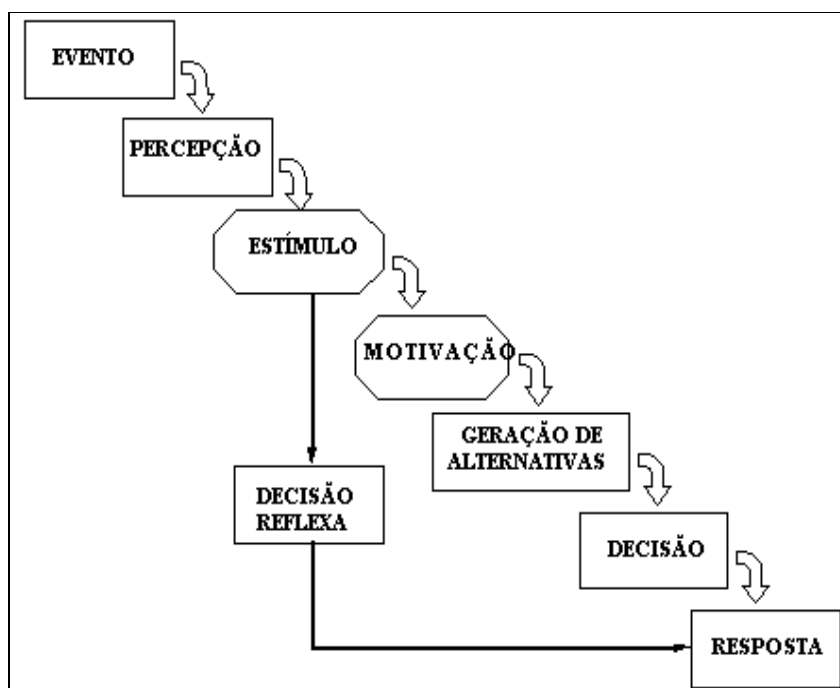
O Behaviorismo ou teoria comportamental surgiu como a maior escola de psicologia americana. Seu nome deriva da tradução do inglês *behavior* (comportamento) e portanto, o foco de estudo é o comportamento observável. Seus principais autores são Watson e Skinner. Ambos enfatizaram a importância da psicologia experimental e suas aplicações práticas, cumprindo o importante papel de definir o fato psicológico, de modo concreto, a partir da definição de comportamento. Watson define comportamento como "O conjunto de reações ou respostas que um organismo apresenta as estimulações do ambiente." Os behavioristas não consideravam a vida mental das pessoas (seus sentimentos, aspirações, interesses, história familiar, etc.), mas somente seus atos, gestos, palavras, expressões fisiológicas, atitudes, etc, ou seja, as manifestações exteriores da vida mental, passíveis de serem observadas (Wertheimer, 1976). Portanto, o objeto de estudo do Behaviorismo é o comportamento que é observável, mensurável e previsível.

Nas principais teorias da psicologia existe uma associação entre as questões relativas ao comportamento e outros fatores psíquicos. Dentre estes fatores destacam-se a emoção, a personalidade, os processos conscientes e inconscientes, a atitude e juízos de valor, a cultura, as necessidades, o conhecimento, as habilidades e a motivação.

Todo o organismo está continuamente recebendo estimulações do ambiente e reagindo a elas num constante processo de interação com o seu ambiente. As relações que mantemos com o mundo que nos rodeia são de dar-e-receber. Recebemos inúmeras estimulações e damos respostas a elas através do comportamento. As decisões são exemplos de comportamentos individuais, impulsadas pela motivação e resultantes da elaboração cognitiva da pessoa que toma a decisão.

2.3.2 O processo comportamental relacionado a motivação e tomada de decisão

Através do comportamento a pessoa dá respostas a situações, procurando satisfazer suas necessidades, portanto o processo comportamental começa com a ocorrência de um evento e conclui com uma ação. Para Longen (1997), o processo comportamental é uma representação das etapas que um indivíduo deve percorrer para responder a um determinado evento (Figura 1).



Fonte: Lezana (1996) *apud* Longen (1997)

Figura 1 - O processo comportamental associado a motivação e tomada de decisão

Evento - é qualquer acontecimento interno ou externo ao indivíduo capaz de produzir um estímulo e influenciar o comportamento, detectados pelo organismo através dos órgãos dos sentidos, num processo chamado de percepção.

Percepção - é o processo pelo qual o indivíduo organiza, interpreta e traduz as informações que vem através dos órgãos dos sentidos. É fundamental para a

compreensão do comportamento porque, é por meio deste processo que as pessoas constroem a sua própria realidade, raciocinam, tomam decisões e agem.

Estímulo - é a percepção de um evento como uma oportunidade para satisfazer uma necessidade, ou um conjunto delas, e portanto, capaz de motivar o indivíduo. Dependendo das necessidades que o indivíduo apresenta na ocasião em que o evento ocorre, este evento poderá ou não se transformar em estímulo.

Motivação – é um impulso fundamental para gerar um comportamento, isto é como uma força propulsora baseada na oportunidade de satisfazer uma necessidade. Quanto maior seja a necessidade para o indivíduo, maior será o grau de motivação.

Geração de alternativas - é o processo de geração de possíveis ações que permitem utilizar o evento para satisfazer o conjunto de necessidades. Uma vez motivado, o indivíduo formulará uma série de alternativas de respostas, baseado no conhecimento que possui e suas habilidades, buscando a melhor forma de utilizar o evento para satisfazer suas necessidades.

Decisão - é o processo pelo qual se seleciona alguma das alternativas de respostas geradas na etapa anterior, mediante um sistema de valoração, fundamentado nos valores do indivíduo.

Resposta - é o processo de execução da alternativa escolhida e, portanto, a manifestação do comportamento.

Na escolha modal, os usuários procuram satisfazer suas necessidades de deslocamento sujeitas a restrições orçamentária, temporal e tecnológica. Eles escolhem entre os modais disponíveis, analisando as características de cada modo e as diferentes variáveis intervenientes. Entre estes elementos se encontram, tempo de viagem, motivo, pressa de atingir o destino, custo da viagem, conforto, acessibilidade, condição de infra-estrutura viária, disponibilidade de automóvel, condições físicas e financeiras do indivíduo e características subjetivas em relação a cada modo. Com estas informações os usuários geram as possíveis alternativas que permitem satisfazer o conjunto de necessidades, baseadas no conhecimento que possuem e suas habilidades.

2.4 PLANEJAMENTO DE ESPAÇOS PARA PEDESTRES

As viagens a pé oferecem vários benefícios para o indivíduo e para a sociedade (CAO *et al*, 2006; LITMAN, 2003). Melhoram a qualidade de vida, geram economia nos custos de transporte, reduzem os impactos ambientais e oferecem maior equidade de acesso às atividades urbanas (HANDY, 2002). Andar a pé constitui uma forma indispensável de transporte para a maioria da população, às vezes como modo único, outras combinando com outros modos. No entanto, os deslocamentos a pé muitas vezes não são considerados nas práticas atuais de planejamento dos transportes (LITMAN, 2003).

Em vários países, planejadores promoveram políticas para melhorar a qualidade do ambiente construído para pedestres. O crescente interesse em “*smart growth*”, “*transit villages*” e “*new urbanism*” gerou várias linhas de pesquisas que investigam as muitas maneiras em que a forma urbana, configuração física do bairro e da cidade em geral afetam a mobilidade das pessoas (CAO *et al*, 2006).

“*Smart growth*” (crescimento inteligente ou sustentável) é uma tendência de planejamento urbano e de transporte que apregoa a concentração do crescimento no centro da cidade para evitar o “*urban sprawl*” (espalhamento urbano). Define um conjunto de medidas e estratégias, com o objetivo de beneficiar as comunidades e preservar o ambiente de forma sustentável. Defende a criação de zonas com alta densidade populacional, uso do solo misto e sistemas de transporte que favoreçam o transporte público (*transit-oriented development-TOD*) e não motorizado (*pedestrian/bicycle-oriented development*). O objetivo destas estratégias é aproximar os residentes com seus destinos de viagens e fornecer alternativas para reduzir a utilização do automóvel. *Smart growth* é baseado numa perspectiva econômico/ecológica de maximizar o investimento em serviços existentes e minimizar o impacto no ambiente, levando a um ambiente construído mais compacto.

As “*transit villages*” são comunidades urbanas densas, bem servidas por transporte público e com alta qualidade nos sistemas de trens. Tem por princípio facilitar a vida sem automóvel, através da utilização de transporte público e caminhadas em ambientes urbanos agradáveis. São planejadas ao redor de um centro de transporte, como por exemplo, uma estação de trem, com a intenção de promover a utilização do transporte público.

“*New urbanism*” (novo urbanismo) é um movimento que surgiu nos Estados Unidos procurando projetar bairros que reduzam a utilização do automóvel e favoreçam a caminhada, bicicleta e o transporte público, especialmente para viagens com motivo diferente que trabalho ou estudo. Defende o retorno aos bairros denominados tradicionais (pré-Segunda Guerra Mundial), isto é, compactos, com configuração viária em forma de grelha, uso de solo misto e ambiente construído mais atraente para pedestres (CERVERO E RADISCH, 1996). A diferença entre o *Smart growth* e o *New urbanism* se refere a que o último é mais uma filosofia estética e de projeto que promove uma configuração do bairro compacta. Não se preocupa necessariamente com os planos econômicos e de crescimento regional.

Na medida que estas políticas se popularizaram, surgiram um grande número de pesquisas que analisam a relação entre forma urbana e escolha individual dos modos de transporte, principalmente sobre o uso do automóvel e deslocamentos de pedestres (BLACK *et al.*, 2001; CERVERO E RADISCH, 1996; CERVERO E DUNCAN, 2003; FRANK E PIVÔ, 1995; GREENWALD E BOARNET, 2001; HANDY E CLIFTON, 2001; HESS *et al.*, 1999; SHRIVER, 1997). Diversas pesquisas sugerem que a presença de certas características na configuração física da cidade (diversidade de uso do solo, melhor conectividade entre vias, maior densidade populacional e de emprego, etc.) estão associados a um aumento no número de viagens a pé.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comportamento humano é afetado por aspectos psicológicos, biológicos, sociológicos, antropológicos, econômicos e políticos. Através do comportamento a pessoa dá respostas a situações, criadas por estímulos internos ou externos, procurando satisfazer suas necessidades. A tomada de decisão e a execução da alternativa selecionada manifestam o comportamento do indivíduo.

Na escolha de um modo de transporte para realizar uma viagem, os indivíduos selecionam uma alternativa de um conjunto de alternativas disponíveis, procurando satisfazer suas necessidades de deslocamento. A seleção da alternativa é baseada em conjunto de crenças, preferências, aversões, predisposições internas, conhecimentos e julgamentos que geram um sistema de valoração e determinam a seleção de um modo de transporte. A compreensão destas preferências, e a investigação das razões implícitas nas escolhas de modo possibilitam um planejamento de transporte mais adequado.

Toda a forma de locomoção começa com o movimento do pedestre. A circulação a pé pode ser de percurso completo ou complementar a uma outra modalidade de transporte, seja para o acesso ao automóvel, ao ônibus, ao metrô, ao trem, à bicicleta. O planejamento urbano e de transportes deve partir do reconhecimento de que esta é uma modalidade de circulação básica que atinge pelo menos um terço das viagens realizadas nas cidades brasileiras.

Transporte e forma urbana são fatores fundamentais para o desenvolvimento das cidades, e estão intrinsecamente relacionados uns com o outro em qualquer forma de assentamento humano. Qualquer mudança na política de transporte e tecnologia implica em efeitos e transformações na forma urbana.

O próximo capítulo apresenta diferentes estudos encontrados na literatura que relacionam o padrão de viagens a pé com características sócio-econômicas e características da forma urbana. Esta revisão bibliográfica permitirá identificar as

variáveis que influenciam a escolha individual dos modos de transporte e os modelos utilizados para analisar esta escolha.

3 MODELOS DE COMPORTAMENTO DE PEDESTRES

Este capítulo compreende uma revisão bibliográfica sobre as variáveis que influenciam os deslocamentos a pé e os modelos utilizados para analisar a seleção deste modo de transporte. Entre os elementos que influenciam a escolha modal se encontram fatores relacionados a características dos indivíduos e do domicílio (idade, gênero, grau de instrução, disponibilidade de automóvel, renda, etc.), características dos modos de transporte disponíveis para a realização da viagem (tempo, custo, conforto, etc.), características da viagem em si (distância, motivo, etc.) e características da forma urbana (densidade populacional, diversidade de uso do solo, desenho das vias, etc.).

3.1 VARIÁVEIS SÓCIO-ECONÔMICAS E DE VIAGENS

Características sócio-econômicas dos indivíduos estão fortemente relacionadas ao comportamento humano de maneira geral. Alguns atributos, como renda ou idade por exemplo, fornecem uma base para a compreensão da tomada de decisão individual em relação às viagens. A literatura que avalia as relações existentes entre padrões de viagens e características sócio-econômicas, afirma que os atributos que influenciam as características de deslocamentos das pessoas são principalmente (PITOMBO, 2007):

- Poder econômico (renda, ocupação, posse de automóveis, etc.)
- Características do domicílio e estrutura familiar (número de pessoas no domicílio, presença de crianças, posição do indivíduo no domicílio, etc.)
- Sexo

Muitas cidades realizam planejamento de transportes baseando-se nos modelos convencionais, os quais são utilizados para estimativa da demanda de viagens por meio da pesquisa Origem e Destino, também conhecida como pesquisa

O/D. Os resultados obtidos destas pesquisas fornecem informação sobre os deslocamentos feitos pela população em suas atividades diárias, através de duas pesquisas distintas e complementares:

- pesquisa domiciliar: consiste no levantamento de dados sobre as viagens internas à área de pesquisa
- pesquisa na linha de contorno: é a pesquisa das viagens externas, aquelas com origem, ou destino no interior da área de pesquisa, ou que atravessam esta área.

A pesquisa domiciliar é realizada em uma amostra representativa de domicílios, a qual é selecionada aleatoriamente em cada uma das zonas de tráfego. Os moradores dos domicílios sorteados são submetidos a um questionário, através do qual são levantadas as características de todas as viagens realizadas no dia anterior ao da entrevista e as características sócio-econômicas das pessoas que as realizaram (ANTP, 2003).

Os dados de viagem devem corresponder aos de um dia típico de semana e as informações básicas sobre as viagens dos moradores dos domicílios entrevistados são:

- **Características das viagens:** endereços de origem e destino das viagens, horários de início e fim das viagens, motivos, modos de transporte utilizados, tempos de acesso aos modos de transporte, etc.
- **Características dos moradores entrevistados:** sexo, idade, escolaridade, ocupação, renda individual, posse de carteira de habilitação, situação familiar, tipo e setor de atividade realizada, etc.
- **Características do domicílio:** tipo de moradia, número de residentes, número, tipo e características de veículos no domicílio, renda do domicílio, consumo de energia ou outros serviços, etc.

Estas pesquisas de demanda fornecem a informação essencial sobre os atuais hábitos de viagens, permitindo utilizar estes dados para analisar os fatores que afetam as decisões individuais em relação às viagens. Estes, em conjunto com outros dados, formam a base para compreender os movimentos atuais dentro de uma área ou região urbana.

3.2 VARIÁVEIS DA FORMA URBANA

A forma urbana representa a disposição no espaço das aglomerações urbanas e o conjunto de relações sócio-espaciais que elas mantêm entre si e com o todo (atividades urbanas sociais e o meio ambiente) (AMÂNCIO, 2005). As variáveis da forma urbana conformam o conjunto de fatores que afetam as decisões individuais de realização de viagens a pé.

A influência da forma urbana na realização de viagens a pé é analisada geralmente através de três dimensões principais (“3Ds”: *density, diversity and design*): densidade, diversidade de uso do solo e projeto viário. Densidade refere-se à intensidade do uso da terra para habitação, emprego, e outras finalidades. Diversidade reflete o grau de mistura de uso do solo, sendo que zonas mais heterogêneas induzem a viagens não motorizadas. Por último, projeto viário refere-se à qualidade do meio ambiente para caminhadas e a configuração física das redes viárias (CERVERO E KOCKELMAN, 1997; CERVERO, 2002; CERVERO E DUNCAN, 2003; KRIZEK, 2003; MCNALLY E KULKARNI, 1997). Outros estudos consideram, além das três dimensões mencionadas, fatores referentes à qualidade do transporte coletivo da zona (HOLTZCLAW, 1994; MARYLAND-NATIONAL CAPITAL PARK AND PLANNING COMMISSION, 1993). Cada dimensão tem associadas diferentes variáveis, as quais são apresentadas a seguir.

3.2.1 Densidade

A densidade é uma variável urbana de fácil obtenção, por isso ela é usada com muita frequência nos trabalhos que estudam o comportamento dos usuários na escolha modal (AMÂNCIO, 2005; ARRUDA E SANCHEZ, 2000; CERVERO E KOCHELMAN, 1997; CERVERO, 2002; CERVERO E DUNCAN, 2003; HESS E ONG, 2001; HOLTZCLAW, 1994; KRIZEK, 2003; MARYLAND -NATIONAL CAPITAL PARK AND PLANNING COMMISSION, 1993; MCNALLY E KULKARNI, 1997; OREGON DEPARTMENT OF TRANSPORT, 2003; KOCKELMAN, 1997). Define-se como número de habitantes, empregos ou domicílios por unidade de área. Para a maioria dos autores, bairros com alta densidade se caracterizam por uma alta concentração de atividades. Isto permite uma aproximação das origens e destinos, aumentando as oportunidades de usar modos não motorizados, a pé e bicicleta, para realizar as atividades diárias, deixando o automóvel nos domicílios e reduzindo o número de viagens motorizadas. Adicionalmente, bairros compactos tendem a ter melhor qualidade de serviços de transporte público, menor espaço de estacionamento, maior diversidade do uso do solo e domicílios com menor renda; fatores que reduzem o uso do automóvel (CERVERO E KOCKELMAN, 1997).

Segundo Krizek (2003) dois aspectos da densidade merecem a atenção. Em primeiro lugar, a determinação da medida da variável a ser usada. A natureza inerente aos cálculos da densidade separa medidas de população (domicílios) das medidas do emprego, sendo que é a relação sinérgica entre ambas o que afeta as viagens. O segundo aspecto se refere à maneira como o denominador é medido, dando lugar a medidas de densidade bruta e líquida. Densidade bruta considera a área total da zona considerada. Densidade líquida considera a área edificada, excluindo áreas de vias, espaços públicos, parques e áreas não edificáveis; representando quão eficientemente o solo é usado em determinada zona. No caso do estudo de deslocamentos de pedestres, o tamanho e quantidade de vias, parques e áreas públicas influenciam a qualidade do ambiente para pedestres, dessa forma a densidade bruta é uma medida mais adequada.

3.2.2 Diversidade de uso do solo

A diversidade de uso do solo reflete o grau de mistura do uso do solo. Refere-se a sinergia criada pela proximidade de comércios, serviços e residências, permitindo uma diminuição na distância entre origem e destino da viagem (KRIZEK, 2003, AMÂNCIO, 2005).

A distribuição de usos do solo, como residencial, industrial ou comercial, sobre a área urbana determina as localizações das atividades humanas, como moradia, trabalho, compras, educação e lazer. Isto provoca a necessidade de viajar, para ultrapassar a distância entre a localização das atividades. É reconhecido que as decisões de viagem e de localização são determinadas uma pela outra, por isso é necessário analisar sua inter-relação. Vários estudos mostram que zonas mais heterogêneas induzem a viagens não motorizadas (CERVERO E KOCKELMAN, 1997).

Hess e Moudon (2000), identificaram dois elementos vinculados ao uso do solo que devem ser considerados no que se refere a influencia nas viagens não motorizadas. Estes elementos se referem a como os tipos de uso de solo se complementam uns a outros no modo: funcional e espacial, nas origens e destinos. No modo funcional observa-se que os tipos de uso se complementam a fim de aumentar os benefícios que cada um produz. Por exemplo, uma mistura de uso do solo residencial e agrícola não surtirá os mesmos benefícios que uma mistura comercial e residencial. No caso espacial, observa-se que os tipos de uso que funcionalmente se complementam são espacialmente próximos.

A fim de capturar estes elementos, Krizek (2003) separa as medidas para avaliar a diversidade de uso do solo em três grupos:

- Inspeção
- Emprego
- Entropia/índice de dissemelhança

Inspeção: Consiste na verificação *in loco* dos tipos de uso do solo. Muitos estudos usam uma variável binária que indica a presença ou ausência de usos não residenciais num bairro.

Friedman, Gordon e Peers (1994) estudaram, na cidade de São Francisco, o efeito dos bairros tradicionais (pré-Segunda Guerra Mundial) e os bairros suburbanos (pós-Segunda Guerra Mundial) nos hábitos de viagens dos residentes. Classificaram as zonas como de uso misto ou não por simples inspeção. O mesmo acontece no trabalho realizado, também na cidade de São Francisco, por Cervero e Radisch (1996). Os autores estudaram os efeitos dos princípios do novo urbanismo analisando dois bairros de características urbanas diferentes.

Cervero (1996) explorou como a presença de atividade comerciais nos bairros influencia a escolha modal. Para isto, utilizou duas variáveis. A primeira indica a presença ou ausência de comércios ou atividade não residenciais dentro de um raio de 900 m de uma residência estudada, identificando a existência de atividades não residenciais na vizinhança imediata. A segunda variável indica a presença de mercados ou drogarias entre 900m e 1600m da residência analisada.

Kitamura, Mokhtarian e Laidet (1997) pesquisaram os efeitos do uso do solo e as atitudes de viagens e escolha modal em cinco bairros de São Francisco. Utilizaram uma variável *dummy* que classifica se a área contém diversos usos do solo ou não. Para complementar esta classificação, realizaram entrevistas onde os entrevistados estimavam a distância ao local de comércio mais próximo (mercado, posto de gasolina, drogaria, etc).

Hess e Ong (2001) quantificaram os efeitos do uso do solo sobre a propriedade de automóvel em vários bairros da cidade de Portland. Utilizaram uma variável *dummy* para representar se o uso do solo é misto ou não.

Emprego: Consiste na utilização de dados de emprego com proxy de diversidade de uso do solo. Alguns trabalhos utilizam o número de estabelecimentos comerciais (HANDY E CLIFTON, 2000). Outros trabalham com o número ou densidades de trabalhadores em comércios (KRIZEK, 2003).

Entropia ou Índice de dissemelhança: Consiste na utilização de técnicas analíticas e computacionais para avaliar a diversidade de uso do solo (AMÂNCIO, 2005; ARRUDA E SANCHEZ, 2000; CERVERO, 1989; CERVERO E KOCKELMAN, 1997; CERVERO 2002; CERVERO E DUNCAN, 2003; FRANK E PIVO, 1994; KOCKELMAN, 1996; OREGON DEPARTMENT OF TRANSPORT, 2003; SUN E WILMOT, 1998). O índice de entropia, desenvolvido por Cervero (1989), avalia o equilíbrio na distribuição da área construída nos diferentes tipos de uso do solo dentro de determinada zona de estudo. Avalia se os usos do solo na área estão balanceados ou não, atribuindo o valor máximo de entropia quando a área contém todos os usos na mesma proporção. Gera um valor entre 0 e 1, adotando o valor 0 quando o uso do solo é homogêneo e 1 quando a zona é ocupada por porcentagens iguais de todos os usos considerados. O índice de entropia é representado pela seguinte função (equação 1):

$$Entropia = \sum_j \frac{P_j \ln(P_j)}{\ln(j)} \quad (1)$$

onde:

P_j = proporção de uso do solo ocupado por um determinado tipo de uso j ;

j = número de tipos distintos de uso do solo.

Embora muitos trabalhos utilizem só o índice de entropia para representar a diversidade de uso do solo, este índice por si só não é um bom indicador da complementação espacial e funcional do uso do solo. Ele mede o equilíbrio na distribuição, mas não mede o tipo e a intensidade dos diversos usos. Uma área que contém 70% residencial e 30% comercial resultará o mesmo valor de entropia que se a área é 70% comercial e 30% residencial. Por outro lado, o valor será o mesmo no caso da área ser 70% comercial e 30% industrial, sendo que a mobilidade das pessoas da área é completamente diferente num caso e no outro.

Para melhorar o indicador, alguns autores utilizam um índice ponderado, outorgando diferentes pesos aos tipos de uso.

Outros autores utilizam um índice de entropia médio (equação 2), com o qual se evita o problema gerado pela diferença de tamanhos das diferentes zonas.

$$Entropia_Média = \sum_k \frac{\sum_j \frac{P_{jk} Ln(P_{jk})}{Ln(j)}}{k} \quad (2)$$

onde:

k= número de zonas incluídos dentro dum raio especificado;

P_{jk} = proporção de uso do solo ocupado por um determinado tipo de uso j num raio especificado;

j = número de tipos distintos de uso do solo.

A fim de representar melhor esta diversidade Cervero desenvolveu um índice que foi aplicado em vários estudos, o índice dissimilaridade (*dissimilarity index*). Consiste em dividir a área de estudo em células em forma de grelha (cada célula mede um hectare) e contar quantas das oito células adjacentes possuem um uso diferente do solo da célula analisada. Cervero denominou o índice com esse nome porque se baseia em “pontos” dados a cada célula quando a atividade desenvolvida nela é diferente da atividade nas células adjacentes. A média de todas as células consideradas na zona representa o grau de mistura da zona. O índice de dessemelhança é representado pela equação 3.

$$Indice_de_dissemelhança = \sum_k \frac{1}{k} \sum_i^8 \frac{X_{ik}}{8} \quad (3)$$

onde:

K=número de atividades desenvolvidas na zona;

X_{ik} = 1 se o uso na célula central difere do uso da célula vizinha (em outro caso X_{ik} =0).

Utilizando os dois índices juntos, entropia e dissemelhança, é possível obter uma medida da diversidade de uso do solo na zona. Alguns trabalhos utilizaram o índice de dessemelhança (KOCKELMAN, 1996; CERVERO E KOCKELMAN, 1997), mas existe uma dificuldade na obtenção de dados para esse nível de agregação. Por outro lado, este índice foi criticado (HESS E MOUDON, 2000), por ser somente uma medida que representa se as células adjacentes diferem ou não da célula central e ser insensível ao número de usos que são diferentes da célula central. Outros índices foram criados, mas com limitações de aplicação prática e/ou difícil generalização.

3.2.3 Projeto de vias

A qualidade do meio ambiente para caminhadas e a configuração física da rede viária influenciam a mobilidade dos pedestres. Vários estudos foram desenvolvidos e concluem que o padrão viário em forma de grelha é o mais adequado para incentivar as viagens a pé. Este tipo de configuração oferece uma maior conectividade entre origem e destino, diminuindo a distância e apresentando ao usuário diferentes opções de rotas (CRANE, 1996).

Outra característica importante é a dimensão das quadras. Vias curtas, com muitas interseções, impedem altas velocidades de circulação para automóveis, favorecendo a circulação de pedestres. Para medir o padrão viário em forma de grelha, pesquisadores freqüentemente observam a natureza das interseções.

Padrões viários em forma de grelha são representados por um número alto de interseções em “cruz” (de quatro vias) em detrimento de interseções em T (três vias) ou *cul-de-sacs* (AMÂNCIO, 2005; BOARNET E SARMIENTO, 1998; CERVERO E RADISCH, 1996; CERVERO E KOCKELMAN, 1997; HANDY, 1992, 1996, 2002; HESS *et al.*, 1999; LAWTON, 1997; OREGON DEPARTMENT OF TRANSPORT, 2003). Diferentes medidas (aplicadas individualmente ou associadas a outras) são utilizadas: número de interseções/km de vias, porcentagens de interseções conectadas nas interseções totais, padrão do sistema viário (número de interseções

em “cruz” sobre número de interseções totais), número de interseções em T sobre número de interseções totais, número de interseções *cul-de-sacs* sobre número de interseções totais, número de interseções por hectare, densidade de quadras, densidade de vias. Para avaliar a dimensão das quadras se utilizam as seguintes medidas: comprimento médio das quadras por hectare ou por unidade de área, tamanho médio da quadra, obtido pelo perímetro ou pela medida da área.

Além da configuração viária, a qualidade do ambiente para pedestres e o mobiliário urbano influenciam os deslocamentos. Segurança, seguridade, conforto, presença de calçadas, arborização, estética, continuidade, iluminação são alguns dos fatores determinantes da qualidade do ambiente para pedestres. Alguns autores definem medidas para avaliar estas características (nível de serviço, número de acidentes, etc) realizadas por técnicos, desconsiderando a opinião do usuário. Outros definem medidas baseadas na percepção do usuário ou combinando ambas (KOCKELMAN, 1996).

3.3 DISPONIBILIDADE DE TRANSPORTE COLETIVO

A disponibilidade de transporte coletivo é uma das variáveis que influencia as viagens a pé, por diminuir o transporte motorizado individual e servir como complemento de modo em viagens com distâncias superiores as que permitem as condições físicas dos indivíduos (AMÂNCIO, 2005; ARRUDA, 2000; HANDY, 1996; HOLTZCLAW, 1994). Alguns estudos consideram, além das três dimensões mencionadas, fatores referentes à qualidade do transporte coletivo da zona (HOLTZCLAW, 1994; MARYLAND -NATIONAL CAPITAL PARK AND PLANNING COMMISSION, 1993).

Um indicador da disponibilidade de transporte coletivo foi proposto por Rood (1998) que o denominou LITA (*Local Index of Transit Availability*). Considera três aspectos do serviço do transporte coletivo:

- Freqüência

A medida de frequência do transporte coletivo baseia-se no número total de viagens de cada linha que serve uma determinada zona e se calcula como:

Frequência= \sum (número de viagens por dia de cada linha que serve a zona, considerando as linhas que têm mais de uma parada na zona)

- Cobertura

A componente do LITA, cobertura do serviço de transporte coletivo, baseia-se no cálculo da densidade de pontos de paradas por todo o percurso (dentro da zona) de cada linha que atende a uma determinada zona. A equação de cálculo é a seguinte:

Cobertura= \sum (número de pontos de parada de ônibus de cada linha que serve a zona, incluindo os que margeiam a zona/área da zona)

- Capacidade

A componente capacidade do serviço de transporte coletivo refere-se ao número total de lugares oferecidos pelas linhas de transporte coletivo na zona urbana. Calcula-se através da seguinte expressão:

Capacidade= \sum (número de lugares por linha x distância percorrida pelo ônibus na zona)/população total da zona)

Para cada zona, o indicador composto, LITA, se calcula como o valor médio dos valores padronizados de cada um dos três componentes (frequência, cobertura e capacidade). Aos efeitos de uma interpretação mais simples, tornando todos os valores positivos, desloca-se a escala adicionando o valor 5 a cada um dos valores obtidos. Pode ser atribuída uma escala de A a F, a qual permitiria comparar os valores obtidos com valores de outros casos estudados.

3.4 MODELOS

A modelagem de um conjunto de informações é parte de um processo científico, onde se cria uma estrutura composta por um universo de estudo e por constantes, relações e funções definidas nesse universo. A essência de um processo de modelagem consiste na transposição de um problema real para um universo matemático, no qual, partindo-se de um problema real, associado a um conjunto de hipóteses, é obtido um modelo que forneça possíveis soluções para o problema. A modelagem é utilizada para investigar a influência de possíveis efeitos e permite a realização de previsões e tendências.

3.4.1 Modelos de escolha discreta

Modelos de escolha modal são usados para analisar e prever as escolhas que os indivíduos, ou grupos de indivíduos, realizam para selecionar o modo de transporte que utilizarão para realizar um deslocamento. O objetivo destes modelos é prever a proporção ou número de viagens realizados em cada modo.

Estes modelos podem ser agregados ou desagregados. Os primeiros preveem a proporção por zona de viagens para cada modo, utilizando geralmente modelos de regressão. Os segundos se baseiam em dados individuais obtidos de pesquisas. Os modelos desagregados são também chamados de discretos, pois para cada indivíduo, a opção é discreta. Isto é, o indivíduo seleciona uma de um conjunto de alternativas disponíveis. Os modelos de escolha discreta são em alguns aspectos substitutos dos modelos de regressão quando a variável dependente é qualitativa ou categórica em lugar de contínua. Para serem válidos, os modelos de regressão linear precisam de algumas suposições sobre a distribuição de probabilidade dos erros aleatórios, variável dependente e variáveis explicativas (HILL, GRIFFITHS E JUDGE, 2003). Em particular, se supõe que a variável dependente é contínua e segue uma distribuição normal, sendo que esta hipótese,

muitas vezes, não se cumpre. Os modelos de escolha discreta foram formulados como modelos estocásticos onde a probabilidade que uma resposta em particular seja observada é uma função de uma série de variáveis explicativas.

Mc Fadden (1973) mostrou que os modelos de escolha discreta podem ser derivados de considerações de maximização de utilidade, empregando o conceito de função de utilidade aleatória associado a cada uma das alternativas. A teoria da utilidade aleatória postula que os indivíduos são racionais (*homo economicus*) e que possuem informação perfeita, portanto, escolhem a opção que maximiza sua utilidade pessoal dada suas restrições legais, ambientais, físicas ou orçamentárias (DOMENCICH E MCFADDEN, 1975; MC FADDEN, 1973, 1976; BEN-AKIVA E LERMAN, 1985). Quando os usuários decidem se deslocar de uma origem a um destino, analisam as diferentes alternativas modais disponíveis, os diversos atributos de cada alternativa e escolhem o modo que maximiza sua utilidade. Características do usuário, como disponibilidade de automóvel, renda e outros influenciam a decisão.

Dado que o modelador, que é um observador do sistema, não possui informação completa sobre todos os elementos que participam no processo de escolha de cada indivíduo se utiliza a teoria aleatória para levar em conta o efeito de fatores de natureza aleatória e corrigir assim as percepções incorretas do analista. Isto é feito através da inclusão de um termo de erro aleatório incluído na função de utilidade. Supõe-se então que a utilidade U_{jq} da alternativa j para um indivíduo q pode-se representar por dois componentes: uma parte mensurável ou observável V_{jq} , que é função dos atributos medidos (tanto atributos que caracterizam a alternativa quanto atributos sócio-econômicos que caracterizam ao indivíduo) e uma parte não observável ou aleatória ε_{jq} , que reflete a idiosincrasia e gostos particulares de cada indivíduo, além de erros de medição e observação por parte do modelador (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2001).

Assim tem-se a equação 4:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (4)$$

onde:

U_{jq} é a utilidade aleatória;

V_{jq} é a utilidade medida;

ε_{jq} é o erro aleatório.

Em geral, se utilizam funções lineares para representar a utilidade, um caso simples e popular é apresentado na equação 5 :

$$V_{jq} = \theta_{j0} + \theta_{j1}x_{j1q} + \theta_{j2}x_{j2q} + \dots + \theta_{jn}x_{jmq} \quad (5)$$

Onde os parâmetros $\theta_{j1}, \theta_{j2}, \dots, \theta_{jn}$ são parâmetros desconhecidos que, através de técnicas estatísticas, podem ser estimados para que reflitam o padrão de escolha de um conjunto de consumidores. Estes coeficientes determinam quanto os atributos influenciam a utilidade. O coeficiente θ_{j0} é uma constante específica de modo, a qual pode ser interpretada como uma inclinação a favor ou contra o produto ou serviço que está sendo avaliado. As variáveis $x_{j1q}, x_{j2q}, \dots, x_{jmq}$ são atributos que influenciam a escolha dos indivíduos.

Existem uma série de formas funcionais que podem ser adotadas na estimação de modelos comportamentais, sendo que o modelo logit multinomial (MNL) é freqüentemente utilizado para estimar dados desagregados (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2001). O modelo logit multinomial (MNL) é o modelo de escolha discreta mais simples e popular em pesquisas de transporte. Ele é gerado a partir de funções IID Gumbel, isto é, se considera a hipótese de que os erros se distribuem idêntica e independentemente (IID) com media zero e variância σ^2 . Isto quer dizer que os termos não estão correlacionados e possuem a mesma variância tanto em nível de alternativas, quanto de indivíduos. O MNL relaciona a probabilidade que uma unidade de decisão (indivíduo, domicílio, empresa, etc.) escolha uma alternativa do conjunto de alternativas disponíveis com a utilidade dessas alternativas. De acordo a este modelo, a probabilidade de que um indivíduo q escolher a alternativa j é dada pela equação 6:

$$P_{jq} = \frac{e^{\beta V_{jq}}}{\sum_{i \in A(q)} e^{\beta V_{iq}}} \quad (6)$$

sendo V_{jq} a parte observável da utilidade;

$\beta = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}}$ um fator de escala relacionado com a variância do termo do erro.

Este parâmetro em geral não é facilmente identificável e pode ser fixado em qualquer valor, sendo o valor normalmente usado $\beta = 1$.

3.4.2 Revisão de modelos de escolha modal utilizados na literatura

Diversos modelos que relacionam o padrão de viagens a pé com variáveis sócio-econômicas e variáveis que caracterizam a forma urbana são encontrados na literatura. Porém, a maioria deles foi desenvolvida em países desenvolvidos, principalmente nos Estados Unidos, e se focam na influência da forma urbana. Estes trabalhos utilizam, usualmente, o modelo logit para analisar a escolha modal.

Frank e Pivo (1995) testaram o impacto da diversidade de uso do solo, densidade populacional e de emprego na utilização de automóvel como motorista, transporte público e a pé. Analisaram as viagens por motivo trabalho e compras. Regressão multivariada foi usada para analisar a existência de uma relação entre forma urbana e escolha modal, uma vez que as variáveis sócio-econômicas foram controladas. Os resultados desta pesquisa sugerem que uma maior heterogeneidade do uso do solo nas zonas de origem e destino está relacionada com uma redução na utilização do automóvel e um aumento nos deslocamentos a pé.

Cambridge Systematics (1994) pesquisou a escolha modal em função de características sócio-econômicas e das viagens para a cidade de Portland. Utilizaram modelos do tipo logit hierárquico de escolha discreta para estimar as

viagens com base domiciliar e não domiciliar. O nível hierárquico superior consistiu num modelo logit binário, contemplando as alternativas: transporte motorizado e não motorizado. Para o transporte motorizado se estimou um modelo binário considerando as alternativas automóvel e transporte coletivo. Os resultados do modelo indicaram a disponibilidade de automóvel e a distância de viagem são os atributos que mais influenciam na escolha modal.

Cervero (1996) pesquisou como a diversidade de uso do solo influencia a escolha modal nas viagens por motivo trabalho. O trabalho considerou variáveis que caracterizam a forma urbana e os modos analisados foram automóvel, transporte coletivo e a pé/bicicleta. Examinou o efeito das diferentes variáveis independentes consideradas em três medidas de demanda de transporte: escolha de modo, distância e posse de veículos automotores. Este efeito foi modelado utilizando modelos do tipo logit binomial. Os resultados indicam que o uso do solo afeta a escolha modal.

Cervero e Radisch (1996) analisaram o efeito dos princípios do novo urbanismo nas viagens por motivo trabalho e por outros motivos que não incluem trabalho para dois bairros de São Francisco. Um deles é um bairro “tradicional” e o outro “suburbano”, portanto apresentam diferente configuração urbana. Estimaram modelos logit binomial para prever a escolha de modos não motorizados. Os resultados revelam que a configuração urbana do bairro influencia significativamente a escolha modal. O bairro compacto, com uso do solo misto e orientado para pedestres (bairro “tradicional”) contribui para diminuir a utilização do automóvel, aumentando as viagens a pé e por transporte público.

Kockelman (1996) investigou a significância de uma variedade de medidas da forma urbana, em origens e destinos de viagens a pé, para a cidade de São Francisco. Utilizou modelos do tipo logit para analisar escolha modal. Os modelos desenvolvidos analisam a posse de automóvel, as milhas percorridas pelos veículos e a escolha modal como função de características demográficas e de uso do solo. As variáveis independentes selecionadas foram comprimento da viagem, gênero, idade, carteira de habilitação, raça, situação de emprego, profissão, disponibilidade de automóvel, renda média por pessoa, acessibilidade, entropia média, densidade

populacional e de emprego. Os resultados obtidos mostram que, controladas as características demográficas, as medidas de acessibilidade e diversidade de uso do solo são estatisticamente significativas e influenciam a posse de automóvel, as milhas percorridas pelos veículos e a escolha modal.

Cervero e Kockelman (1997) testaram a influência da forma urbana na demanda de viagens ao longo de dimensões principais: densidade, diversidade de uso do solo e projeto viário. Para isto examinaram como as “3Ds” afetam a frequência de viagens e a escolha modal dos residentes de São Francisco. Utilizaram análise fatorial para combinar linearmente as variáveis e reduzi-las a duas dimensões: densidade e projeto viário. Para prever as milhas percorridas pelos veículos utilizaram um modelo de regressão múltipla e para a escolha modal um modelo logit binomial. Estimaram dois modelos: básico e expandido; o primeiro contendo somente as variáveis sócio-econômicas e o segundo agregando às anteriores as variáveis da forma urbana. A pesquisa encontrou que densidade, diversidade de uso do solo e projeto viário orientado para pedestres geralmente reduzem as frequências de viagens motorizadas e incentivam viagens não motorizadas.

Arruda (2000) estudou a aplicação de modelos de escolha discreta para incluir os modos não motorizados nos modelos de planejamento de transporte para a cidade de São Carlos-SP. Utilizou modelos de escolha discreta do tipo logit multinomial, binomial e hierárquico para analisar a escolha modal. As variáveis independentes selecionadas foram comprimento da viagem, gênero, idade, presença de crianças menores de 12 anos, disponibilidade de automóvel, acessibilidade, entropia e densidade populacional. Os resultados indicam que a aplicação de modelos de escolha discreta para transporte não motorizado é adequada, é que dentre os modelos testados, o mais representativo é o logit multinomial. Com relação às variáveis, concluiu que as que mais influenciam a escolha de modo são comprimento da viagem e disponibilidade de automóvel.

Hess e Ong (2001) desenvolveram um modelo para examinar a propriedade de automóvel para a cidade de Portland. Para modelar a decisão de possuir um, dois, três ou mais automóveis utilizaram modelos logit. As variáveis independentes

consideradas foram: renda do domicílio, número de pessoas por domicílio, tipo de moradia, raça, gênero, idade, diversidade de uso do solo, "Pedestrian Environment Factor" (índice composto definido pelo metrô de Portland que envolve as condições da infraestrutura para pedestres e topografia), acessibilidade ao transporte público e posição com relação ao corredor de trem. Os resultados do estudo mostram que os domicílios localizados em áreas densas, com uso do solo misto, realizam mais viagens a pé para se deslocar até lugares próximos e tem uma necessidade menor na posse de automóveis.

Cervero (2002) estudou a escolha modal na cidade de Maryland através de modelos binomial e multinomial. Os modos considerados foram: automóvel como motorista, bicicleta e transporte público. O autor estimou modelos básico e expandido, para os quais considerou variáveis que caracterizam a forma urbana, variáveis sócio-econômicas e variáveis relacionadas ao custo generalizado. A análise revela que a densidade e mistura do uso do solo influenciam significativamente a decisão de escolha de modo.

Amâncio (2005) pesquisou a existência de uma relação entre forma urbana e a opção dos indivíduos pelas viagens a pé para a cidade de São Carlos-SP. Utilizou modelos de escolha discreta do tipo logit. Calibrou um modelo básico, no qual incluiu unicamente variáveis sócio-econômicas e da viagem (disponibilidade de automóvel e comprimento da viagem), e um modelo expandido. Neste último considerou, além das variáveis incluídas no modelo básico, variáveis que caracterizam o meio físico urbano: densidade de ocupação, entropia e permeabilidade. A comparação dos dois modelos permitiu verificar que as características do meio físico urbano influenciam a escolha dos indivíduos pelo modo a pé.

Cervero e Duncan (2003) estudaram a relação entre forma urbana e viagens não motorizadas para a cidade de São Francisco. Utilizaram análise fatorial para representar a configuração urbana e diversidade de uso do solo e, combinando estes fatores com outras variáveis características dos modos não motorizados, estimaram modelos de escolha discreta para representar a eleição modal. Os resultados indicam que a diversidade de uso do solo está positivamente relacionada com a decisão de caminhar.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os trabalhos encontrados na literatura sobre a relação entre escolha do modo a pé e características sócio-econômicas e da forma urbana, a maioria são realizados em países desenvolvidos, principalmente nos Estados Unidos. Estes trabalhos analisam a escolha individual do modo a pé utilizando variáveis relacionadas a características sócio-econômicas dos indivíduos e do domicílio (idade, gênero grau de instrução, disponibilidade de automóvel, renda, etc.), características da viagem (distância, motivo, etc.) e características da forma urbana (densidade populacional, densidade de empregos, tipo de uso do solo, configuração da malha viária, etc.).

Verifica-se, nestes estudos, que o conceito de forma urbana é multidimensional, uma vez que muitas variáveis são utilizadas para descrever as características da forma urbana. A maioria dos trabalhos descreve a forma urbana através de variáveis relacionadas à densidade, à diversidade de uso do solo e ao projeto de vias. Outros consideram também dimensões relacionadas à qualidade do transporte coletivo da zona.

A literatura pesquisada mostra que o modelo logit multinomial, de escolha discreta, é freqüentemente utilizado para analisar a escolha modal. Este modelo subsidia a compreensão do comportamento de pedestres na tomada de decisão do modo de transporte para realizar um deslocamento.

O próximo capítulo analisa a mobilidade dos pedestres na cidade de Porto Alegre. Esta análise permitirá conhecer a distribuição e as características das viagens a pé na cidade e servirá de base na formulação dos modelos de escolha do modo a pé.

4 ANÁLISE DA MOBILIDADE DOS PEDESTRES EM PORTO ALEGRE

Este capítulo descreve o banco de dados utilizado e analisa a mobilidade dos pedestres na cidade de Porto Alegre. Identificam-se as zonas de maior concentração de viagens a pé, e nestas zonas, se estuda a relação entre variáveis categóricas selecionadas como determinantes da escolha utilizando o Teste de Independência Qui Quadrado de Pearson.

O banco de dados utilizado no estudo é proveniente da pesquisa domiciliar realizada em Porto Alegre no ano 2003. O banco de dados da pesquisa domiciliar inclui informações de caracterização do domicílio, indicadores sócio-econômicos dos residentes e características dos deslocamentos realizados pelos residentes, o que possibilita estudar as diferentes variáveis que intervêm no deslocamento a pé dentro da cidade (EDOM, 2004). Analisando o banco de dados da pesquisa, observa-se que, de um total de 2.203.168 viagens diárias (número de viagens obtido aplicando os fatores de expansão às viagens declaradas nas 19.712 entrevistas realizadas) com origem e destino dentro da cidade de Porto Alegre, 612.577 são realizadas exclusivamente a pé. Isto representa um 28% do total de viagens. Este fato surpreende por ser Porto Alegre uma das cidades brasileiras mais motorizadas.

4.1 VARIÁVEIS OBSERVADAS

A análise do comportamento do usuário é útil para entender a escolha por um modo ou rota e até mesmo prever esta escolha. Nesta etapa do estudo consideram-se as seguintes variáveis para descrever a escolha modal:

a) Variáveis sócio-econômicas: idade, número de automóveis no domicílio, local de residência, posse de carteira de habilitação, população da zona de tráfego.

b) Variáveis que caracterizam o deslocamento a pé: motivo da viagem, distância da viagem (distância caminhada), origem e destino da viagem, tempo da viagem.

A pesquisa de origem e destino associa a cada viagem um motivo, o qual se enquadra na seguinte classificação: voltar à residência, trabalho, escola/educação, compras, saúde, recreação, assuntos pessoais, levar outra pessoa e outros. Neste trabalho são estudadas as viagens diárias dentro de Porto Alegre excluindo o motivo “voltar à residência”, uma vez que viagens realizadas por qualquer motivo normalmente envolvem volta à residência. Desta forma, o total de viagens, exclusivamente a pé, analisado neste estudo foi de 323.708.

O nível de renda de um domicílio afeta o número, a frequência e o modo das viagens feitas pelos residentes. Procurou-se obter uma indicação dos níveis de renda em cada zona, através da análise de fatores que refletem a renda e para os quais é mais fácil obter informações confiáveis. Utilizou-se número de automóveis no domicílio como indicador de renda. O índice de motorização do domicílio pode ser entendido também como um indicador de mobilidade e tem grande influência na escolha modal.

A distância foi calculada a partir dos dados como a distância euclidiana, sendo esta a distância mínima entre dois pontos. Vários autores desenvolveram estudos para diversas cidades sobre fatores a aplicar à distância euclidiana, sendo que estes estudos se realizaram para viagens motorizadas, onde os aspectos da engenharia de tráfego têm maior influência nos deslocamentos entre origem e destino da viagem (NOVAES, 1989).

Estudando as variáveis mencionadas anteriormente obtém-se a seguinte distribuição das viagens para viagens a pé no município de Porto Alegre (Figura 2).

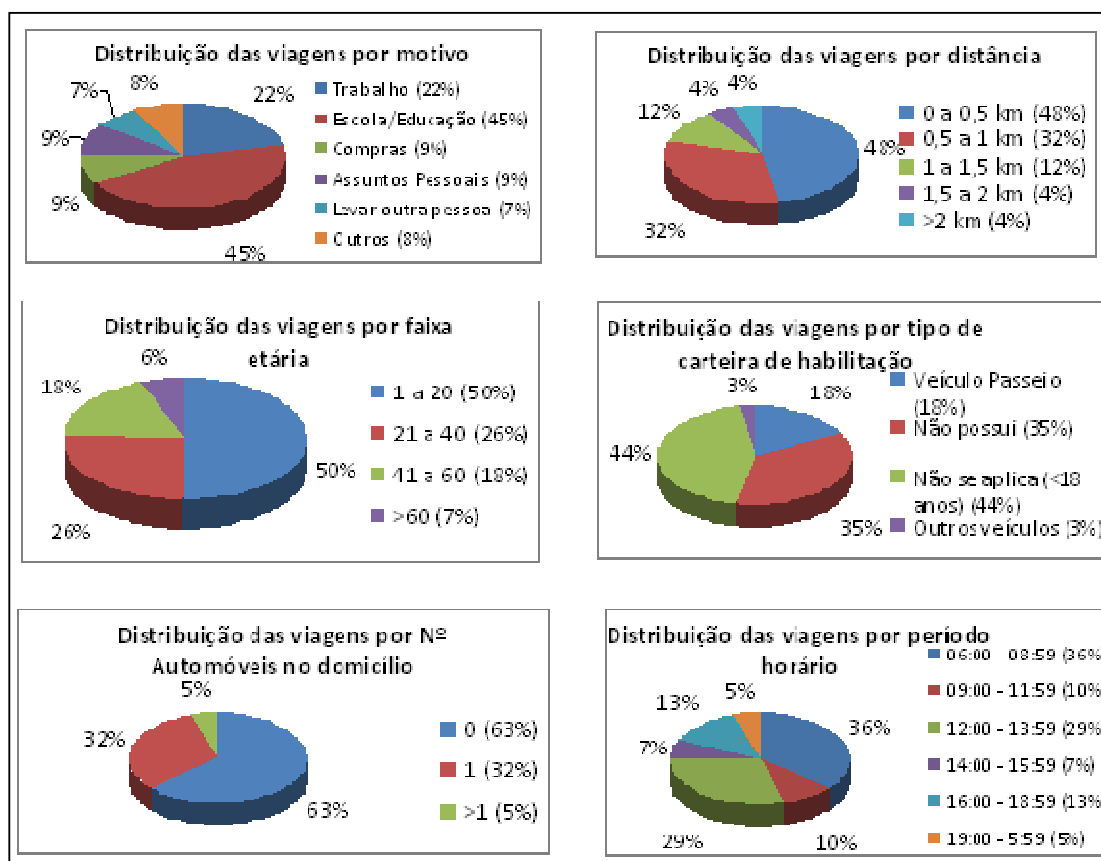


Figura 2 - Distribuição das viagens a pé no município de Porto Alegre

Observa-se que os motivos “escola” e “trabalho” são os que geram maior número de viagens (67% do total de viagens), sendo que o primeiro gera o dobro de viagens que o segundo. Predominam as distâncias curtas de caminhada, em 80% das viagens a distância é menor que 1km, tendo origem e destino na mesma zona. Deslocam-se a pé principalmente pessoas novas, quase 50% das viagens são realizadas por menores de 20 anos e 75% por menores de 40 anos. A maioria dos deslocamentos a pé se geram em domicílios que não possuem automóvel (63%) ou que possuem 1 automóvel (32%), sendo que 80% das viagens são de residentes que não dispõem de carteira de habilitação. Os períodos picos para os deslocamentos a pé são das 6 até as 9 (36% das viagens) e das 12 até 14 (29%), sendo estes os horários que os residentes saem do seus domicílios para iniciar viagens ao trabalho ou escola.

4.2 ESTUDO DAS ZONAS DE TRÁFEGO

A pesquisa EDOM utiliza três níveis de zoneamento, correspondentes a níveis de agregação das Zonas de Tráfego, nas quais foram distribuídas as 19.712 entrevistas. Neste trabalho utilizou-se a divisão em zonas de tráfego. Foram estudadas as relações entre o número de viagens a pé e diversas variáveis agregadas de cada zona: população, número de viagens totais, número total de deslocamentos a pé. O melhor indicador da intensidade das viagens a pé geradas em cada zona é a relação entre o número de viagens exclusivamente a pé e o total de viagens geradas em cada zona, a qual é representada na Figura 3.

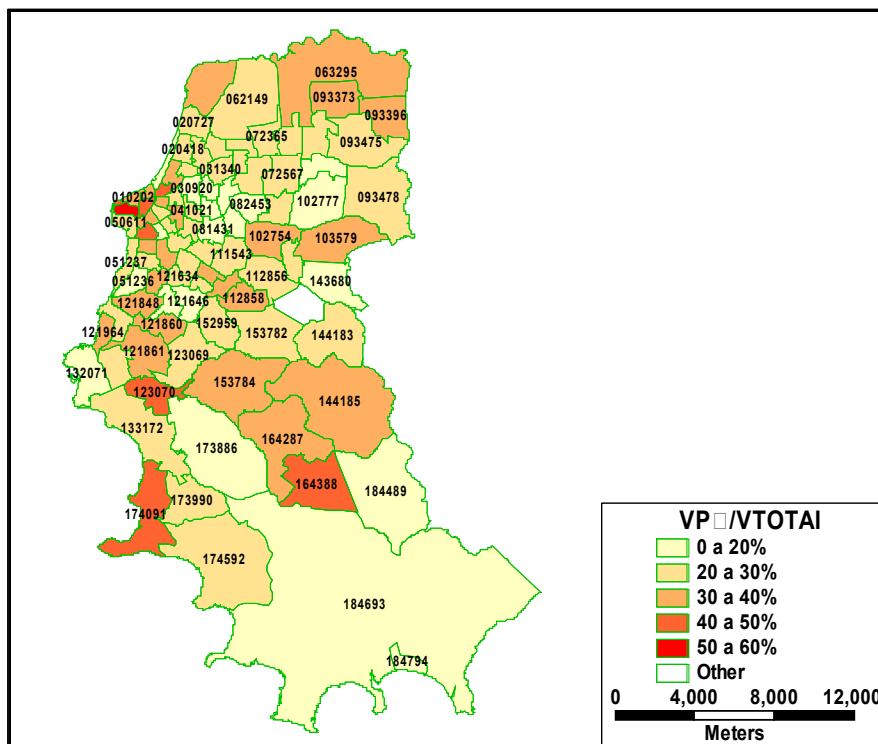


Figura 3 - Percentual de viagens a pé por zona de tráfego

As zonas que apresentaram relação entre viagens a pé e viagens totais maior que 40% são apresentadas na tabela abaixo. A tabela apresenta o número da zona

de tráfego, segundo codificação da pesquisa e um nome que apresenta uma indicação do bairro e área no qual a zona está inserida (Tabela 1).

Tabela 1 - Zonas de tráfego com maior relação viagens a pé/viagens totais

Zona de tráfego	Viagens a pé/Viag. Totais
010105 (Centro-Cidade Baixa)	55%
010304 (Centro- Rua Duque de Caxias)	47%
174091 (Serraria)	45%
010101 (Centro- Siqueira Campos)	44%
020407 (Floresta- Av. Farrapos)	43%
050617 (Cidade Baixa- Menino Deus)	43%
164388 (Restinga)	41%
123070 (Cavahada)	40%

As zonas, apresentadas na tabela e indicadas no mapa com coloração mais escura, mereceram um estudo mais detalhado que procurou caracterizar os deslocamentos a pé de cada uma. A fim de estudar a relação entre as variáveis categóricas de cada uma das zonas identificadas anteriormente utilizou-se o teste de independência Qui Quadrado de Pearson. Este é um teste de hipóteses não paramétrico que se destina a encontrar um valor da dispersão para duas variáveis de escala nominal, avaliando o grau de associação existente entre as variáveis qualitativas (SIEGEL, 1979). O princípio básico deste método é comparar proporções, isto é, as possíveis divergências entre as frequências observadas e esperadas para um certo evento. No caso das variáveis serem independentes, os valores observados deveriam ser muito próximos da estrutura percentual global. Esses valores são os chamados esperados. A Hipótese nula (H0) é que as frequências observadas são iguais às frequências esperadas, assim não existe diferença entre as frequências (contagens) dos grupos. Portanto, não há associação entre os grupos. A hipótese alternativa é que as frequências observadas são

diferentes das frequências esperadas, portanto existe diferença entre as frequências. Há associação entre os grupos. Para aceitar ou rejeitar a hipótese se compara o valor de qui quadrado da amostra com o valor crítico, o qual depende dos graus de liberdade e do valor de significância desejado. Se o valor de qui quadrado calculado é maior (menor) do que o valor crítico, rejeita-se (aceita-se) H_0 . No caso de dispor de um pacote estatístico, calcula-se o p-valor, e compara-se esse valor com o nível de significância desejado. Se o p-valor calculado é menor (maior) do que o nível de significância, rejeita-se (aceita-se) H_0 .

Os dados foram analisados usando o SPSS (versão 10.0). O teste de qui-quadrado permite analisar a associação entre o número de viagens relacionado às distintas variáveis em estudo: motivo da viagem, distância da viagem, faixa etária dos residentes, número de automóveis no domicílio e posse de carteira de habilitação. As categorias de cada variável são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Categoria das variáveis

Variável	Categorias			
Motivo	Trabalho	Escola/Educação	Outros	
Distância (km)	0 a 0,5	0,5 a 1	1 a 1,5	> 1,5
Faixa etária (anos)	1 a 20	21 a 40	41 a 60	>60
Carteira de habilitação	Veículo Passeio	Não possui	Não se aplica	Outros veículos
Nº Automóveis	0	1	2	3

A zona 010101 (Centro - Siqueira Campos) não foi analisada por apresentar somente 4 observações, não verificando o mínimo de 5 que exigem as hipóteses do teste. Os resultados obtidos para todas as zonas, e toda correspondência entre variáveis analisada, mostram que ao nível de significância de 5% ($\alpha = 5\%$) rejeita-se a hipótese nula H_0 ($p\text{-valor} < \alpha$). Portanto, há associação entre os grupos. Pode-se afirmar que para todas as zonas, o motivo da viagem está associado à distância caminhada (distância da viagem), à faixa etária a que pertence o residente, ao fato de possuir carteira de habilitação e ao número de automóveis existente no domicílio. Da mesma forma, para o conjunto de viagens a pé, a faixa etária está associada à

distância caminhada, à posse de carteira de habilitação e número de automóveis no domicílio. Este último por sua parte está associado à distância caminhada e à posse de carteira de habilitação. Por último, a distância caminhada evidencia associação à posse de carteira de habilitação.

Verifica-se que o número de viagens gerado em cada zona depende de características sócio-econômicas do indivíduo e do domicílio e também de características da viagem. Deseja-se conhecer se existe relação entre as categorias ou classes de cada variável, por exemplo, se as distâncias curtas estão associadas a algum motivo de viagem ou a uma faixa etária. Isto permitiria caracterizar os deslocamentos de cada zona, analisando os fatores que influenciam os deslocamentos a pé e permitindo adotar medidas favorecedoras à caminhada em outras zonas.

Para isso, utilizou-se a análise de resíduo ajustado. A análise do resíduo ajustado, fornecido pelo SPSS, é usada para explorar as tendências de associação entre as categorias (ou classes). O resíduo ajustado é uma medida calculada para cada célula de uma tabela de contingência. Para cada célula, ou seja, para cada combinação entre as categorias das variáveis utilizadas, o resíduo ajustado indica se há ou não há significativamente mais (ou menos) casos do que seria esperado se as variáveis não estivessem associadas. Quando as variáveis da tabela de contingência são independentes, os resíduos ajustados seguem distribuição aproximadamente normal com média zero e desvio padrão igual a 1. O resíduo ajustado se compara com uma distribuição normal padrão, e indica que há significativamente mais casos do que o esperado quando é maior que 1,96. Por outro lado, o resíduo ajustado indica que há significativamente menos casos do que o esperado quando é inferior a -1,96. Quando o resíduo ajustado se situa no intervalo entre -1,96 e 1,96, não há diferença significativa entre o número de casos esperado e o número de casos observados. Na análise de resíduo ajustado das variáveis mencionadas interessa conhecer as categorias que apresentam mais viagens que o padrão normal, portanto interessa a associação direta positiva, isto é, quando o resíduo ajustado é maior a 1,96.

Através da análise de resíduo ajustado se esperava identificar um comportamento comum a algumas zonas de tráfego. As zonas 174091(Serraria), 123070(Cavalhada) e 164388(Restinga) apresentam características sócio-econômicas e de localização semelhantes, portanto era razoável esperar que os resultados obtidos em todas as variáveis analisadas fossem similares nestas zonas. Não obstante, a análise de resíduos não permitiu encontrar uma semelhança na associação de todas as variáveis em estas zonas, portanto não é possível verificar características de viagens semelhantes para todas as variáveis, sendo necessário analisar cada variável de cada zona em forma independente. O mesmo acontece nas zonas 010105(Centro-Cidade Baixa), 010304(Centro- Rua Duque de Caxias), 020407(Floresta- Av. Farrapos), 050617(Cidade Baixa- Menino Deus).

A análise de resíduo ajustado permite constatar que é difícil encontrar um comportamento comum a todas as zonas em relação às variáveis motivo-distância. Embora predominem as distâncias curtas de caminhada (80% das viagens a pé em Porto Alegre são menores que 1 km), em algumas zonas (Centro-Cidade Baixa, Centro-Rua Duque de Caxias, Restinga e Serraria) as pessoas que se deslocam por motivo “trabalho” percorrem distâncias longas, comparadas com o padrão normal das viagens a pé. As zonas de tráfego restantes apresentam tendências de associação variadas, sendo as pessoas propensas a caminhar tanto distâncias curtas quanto longas. Esta variabilidade entre as zonas é razoável uma vez que estes deslocamentos dependem, entre outros fatores, da infra-estrutura de cada bairro e da existência de linhas e a acessibilidade ao transporte coletivo. O mesmo acontece com o motivo “escola/educação”; as escolas e institutos de ensino variam de bairro para bairro, sendo difícil estabelecer um comportamento geral. Não obstante, tendem a apresentar uma concentração maior nas faixas de distâncias curtas, se comparada com a distribuição esperada das distâncias das viagens a pé.

Em relação à variável motivo-faixa etária, verifica-se que para todas as zonas, as viagens com motivo “trabalho” se concentram na faixa etária de 21-60 anos e esta faixa apresenta mais viagens do que as esperadas. Com relação à variável motivo-carteira de habilitação se observa que as viagens com motivo “trabalho” são realizadas principalmente por residentes que não possuem carteira de habilitação ou por residentes que possuem carteira tipo B (veículo passeio). Estes resultados são

lógicos uma vez que a faixa etária de 21-60 anos é a faixa economicamente ativa e plausível de obter carteira de habilitação. Por outro lado, as viagens com motivo “estudo” se concentram na faixa de 1-20 anos e na categoria “não se aplica carteira de habilitação”, resultado lógico e esperado.

Com relação á variável “nº automóveis no domicílio” a análise de resíduo ajustado mostra que nos domicílios sem automóvel tendem a haver mais viagens a pé por motivo “escola/educação” do que o esperado. No caso das viagens por motivo “trabalho” a tendência é variada. As zonas 10304 (Centro- Rua Duque de Caxias), 164388 (Restinga) e 174091(Serraria) apresentam mais viagens a pé que as esperadas por motivo “trabalho” em domicílios com 1 automóvel. Isto é, embora as pessoas possuam automóvel no seu domicílio, se deslocam a pé até seus empregos. Por outro lado, as zonas 020407(Floresta- Av. Farrapos), 050617(Cidade Baixa- Menino Deus) e 010105 (Centro-Cidade Baixa) apresentam mais viagens a pé por motivo “trabalho” que o esperado em domicílios sem automóvel. Isto mostra que as pessoas que não possuem automóvel no domicílio são propensas a utilizar o modo a pé para se deslocar até seus empregos. Conseqüentemente, nestas zonas, as pessoas que possuem automóvel utilizam o modo motorizado em detrimento do modo a pé. As primeiras zonas mencionadas (Centro- Rua Duque de Caxias, Restinga e Serraria) possuem menor nível de renda que as segundas (Floresta- Av. Farrapos, Cidade Baixa- Menino Deus, Centro-Cidade Baixa). A diferença na escolha modal pode acontecer por uma restrição orçamentária maior em algumas zonas ou por características próprias da zona. Como proxy de renda foi utilizado, nesta etapa do estudo, o número de automóveis médio por domicílio.

4.2.1 Índice de Motorização

Na cidade de Porto Alegre, o número médio de automóveis por domicílio estimado a partir dos dados da EDOM é de 0,54. Os valores mínimos deste indicador são 0,23 na zona 153782 (Agronomia) e 0,26 na zona 184489 (Lomba do Pinheiro). Os valores máximos são 1,29 na zona 082453 (Três Figueiras) e 1,28 na zona 031341 (Bela Vista). Quase todas as zonas que apresentam altos percentuais

de viagens a pé analisadas neste trabalho, apresentam índice de motorização menores que o valor médio da cidade (Tabela 3).

Tabela 3- Índice de motorização

Zona de tráfego	Nº automóveis /domicílio
020407 (Floresta- Av. Farrapos)	0,57
050617 (Cidade Baixa- Menino Deus)	0,44
010105 (Centro-Cidade Baixa)	0,43
010304 (Centro- Rua Duque de Caxias)	0,31
164388 (Restinga)	0,29
123070 (Cavahada)	0,29
174091 (Serraria)	0,27

Nas zonas de maior renda e índice de motorização (Três Figueiras e Bela Vista), somente 13% dos deslocamentos são efetuados exclusivamente a pé, valor bem menor que a média da cidade (28%). Este resultado é esperado devido á disponibilidade de veículo no domicílio. Porém, na zona de menor renda e índice de motorização (Agronomia) 27% dos deslocamentos são a pé.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo descreveu o banco de dados utilizado neste estudo e analisou a mobilidade dos pedestres na cidade de Porto Alegre. Foram identificadas as zonas de maior concentração de viagens a pé, e nestas zonas, foi estudada a relação entre variáveis categóricas selecionadas como determinantes da escolha modal utilizando o Teste de Independência Qui Quadrado de Pearson.

Os resultados obtidos com o Teste de Qui Quadrado permitiram constatar a existência de associação entre algumas variáveis para cada uma das zonas, mas não permitiram encontrar um comportamento comum para os grupos de zonas com características aparentemente semelhantes. Com base na análise do padrão das viagens em Porto Alegre apresentada neste capítulo, foi realizado um estudo detalhado em duas áreas da cidade a fim de compreender os fatores que possam estar associados à realização de viagens pelo modo a pé. Este estudo consistiu na modelagem da escolha do modo a pé, através de modelos de escolha discreta, utilizando algumas das variáveis explicativas apresentadas no capítulo 3. A análise realizada neste capítulo forneceu um conhecimento da base de dados, das características das viagens a pé e serviu de base para a formulação de modelos de escolha discreta.

O próximo capítulo apresenta o processo de obtenção e agregação dos dados necessários para calibrar os modelos de escolha discreta.

O número de viagens a pé gerados no Centro é de 17.565 e são distribuídos da seguinte forma (Figura 6):

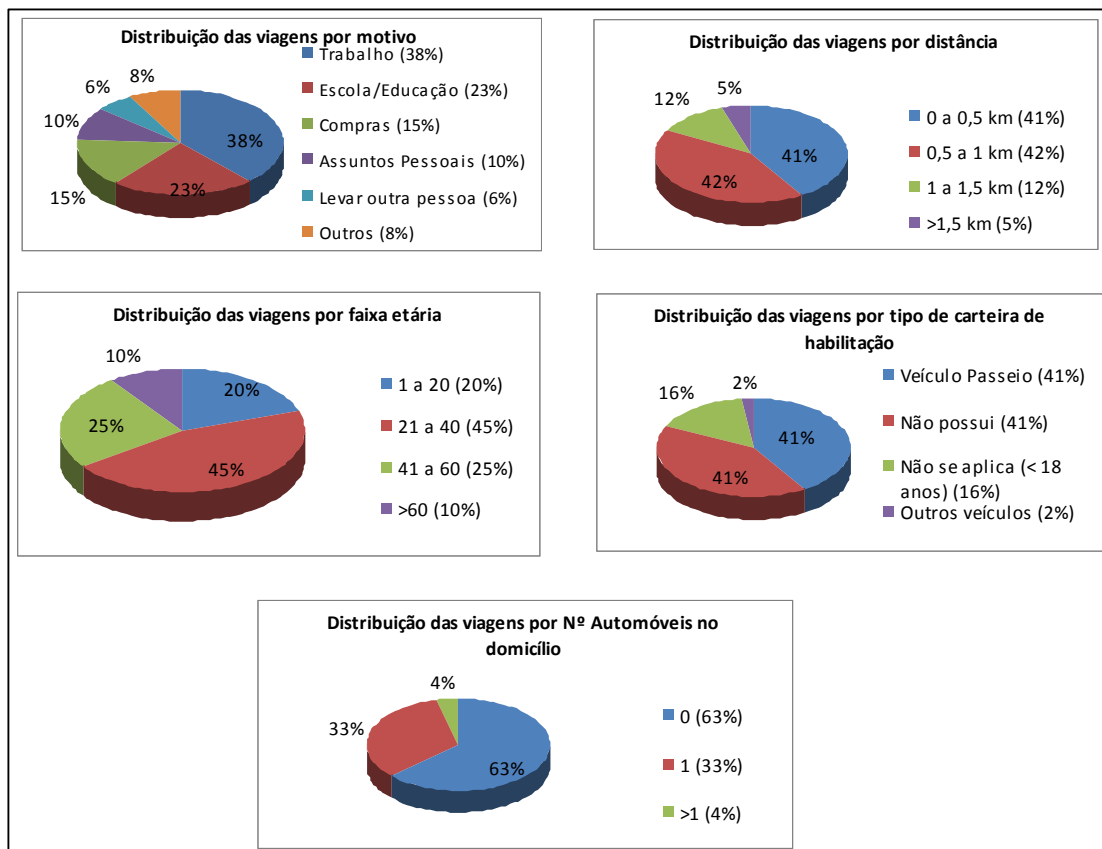


Figura 6 - Distribuição das viagens a pé no centro de Porto Alegre

Assim como na distribuição de viagens para toda a cidade, também se verifica que os motivos “escola/educação” e “trabalho” são os que geram maior número de viagens a pé. A distribuição geral apresentava como motivo “escola/educação” o motivo predominante, gerando 45% das viagens, enquanto o motivo “trabalho” gerava 22%. No caso das zonas do centro da cidade, elas apresentam distribuição contrária. O motivo principal é “trabalho”, gerando 38% das viagens, e o motivo “escola/educação” representa 23% das viagens a pé das zonas.

Continuam predominando as distâncias curtas de caminhada, 80% das viagens são com distância menor que 1km. A distribuição de viagens para toda a cidade mostrava que são principalmente pessoas menores de 20 anos que fazem seus deslocamentos a pé. No centro, a maioria dos deslocamentos são de pessoas

entre 21 e 40 anos (45%). Ainda é possível observar que viajam a pé uma maior quantidade de residentes na faixa etária de 41-60 (25%), do que residentes na faixa de 1-20 anos (20%). Isto pode explicar a diminuição de viagens por motivo “escola/educação”.

Mantém-se a distribuição geral da cidade com relação ao número de automóveis no domicílio. A maioria das viagens a pé são gerados em domicílios que não possuem automóvel ou que possuem 1 automóvel, sendo que em muitos domicílios, embora os respondentes não tenham carro, possuem carteira de habilitação para dirigir veículos de passeio. 56% dos residentes não dispõem de carteira de habilitação, enquanto na distribuição de viagens para toda a cidade, se observava que 80% dos residentes de Porto Alegre não possuíam carteira de habilitação para dirigir veículo passeio.

O número de viagens a pé gerados em Petrópolis é de 1865 viagens e são distribuídos da seguinte forma (Figura 7):

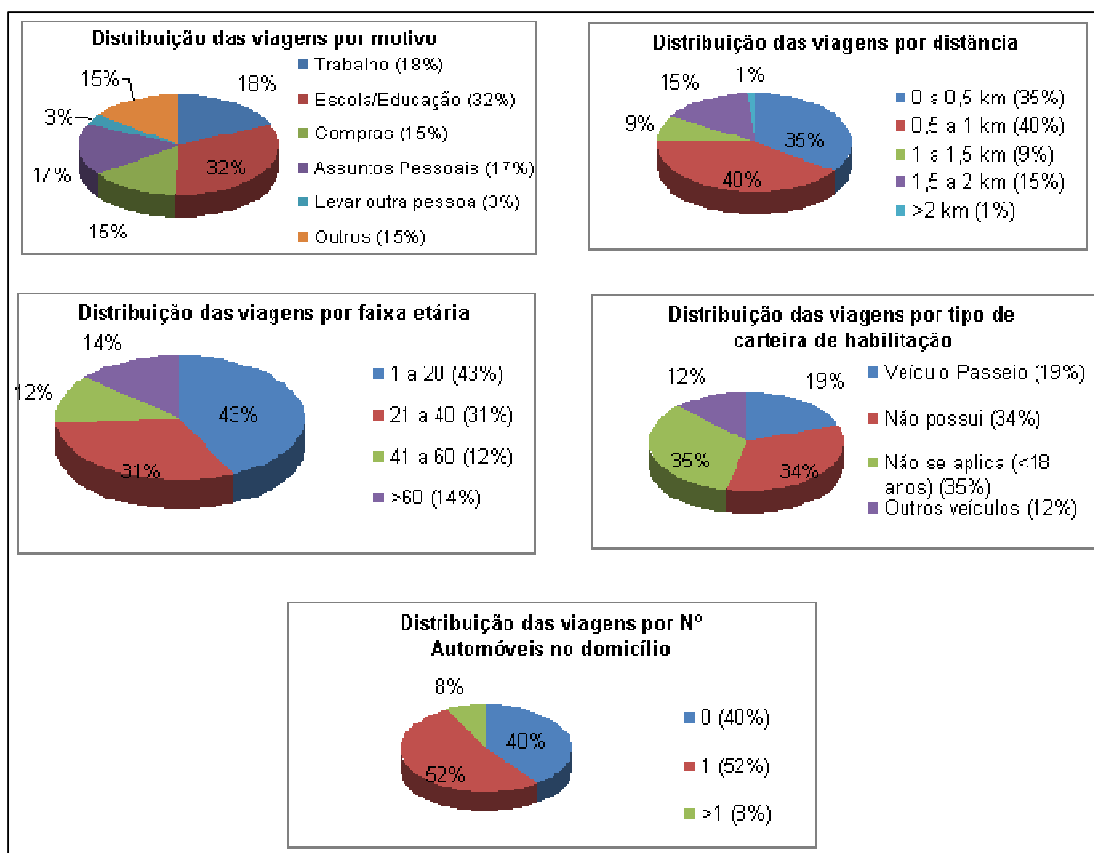


Figura 7 - Distribuição das viagens a pé em Petrópolis

Do mesmo modo que na distribuição de viagens para toda a cidade, se verifica que os motivos “escola” e “trabalho” são os que geram maior número de viagens a pé. Coincide com a distribuição geral em ser o motivo “escola/educação” o motivo predominante, gerando este 32% das viagens, enquanto o motivo “trabalho” gera 18%.

Prevaecem as distâncias curtas de caminhada, 75% das viagens são com distância menor que 1km. Porém, observa-se uma concentração maior (16%) em viagens longas, com distância maior a 1,5 km, comparado com a distribuição para o Centro e para a cidade toda. Assim como na distribuição geral da cidade deslocam-se a pé principalmente pessoas novas, quase 45% das viagens são realizadas por

menores de 20 anos e 75% por menores de 40 anos. Isto coincide com ser “escola/educação” o motivo predominante.

A diferença do Centro e da distribuição geral da cidade, a maioria das viagens a pé se geram em domicílios que possuem 1 automóvel (52%), no entanto os domicílios que não possuem automóvel geram uma porcentagem importante das viagens (40%). Observa-se que 70% das viagens a pé são de residentes que não dispõem de carteira de habilitação. (80% na distribuição da cidade e 56% no Centro).

A Tabela 4 sintetiza os valores da distribuição das viagens a pé por motivo, distância, faixa etária, tipo de carteira de habilitação e nº de automóveis no domicílio na cidade de Porto Alegre, no Centro e em Petrópolis.

Tabela 4- Distribuição das viagens a pé: Porto Alegre, Centro Petrópolis

Variável	Porto Alegre	Centro	Petrópolis	
Motivo	Trabalho	22%	38%	18%
	Escola/Educação	45%	23%	32%
	Compras	9%	15%	15%
	Assuntos Pessoais	9%	10%	17%
	Levar outra pessoa	7%	6%	3%
	Outros	8%	8%	15%
Distância	0 a 0,5 km	48%	41%	35%
	0,5 a 1 km	32%	42%	40%
	1 a 1,5 km	12%	12%	9%
	1,5 a 2 km	4%	4%	15%
	>2 km	4%	1%	1%
Faixa etária	1 a 20 anos	50%	20%	43%
	21 a 40 anos	26%	45%	31%
	41 a 60 anos	18%	25%	12%
	>60 anos	7%	10%	14%
Carteira de habilitação	Veículo Passeio	18%	41%	19%
	Não possui	35%	41%	34%
	Não se aplica (<18 anos)	44%	16%	35%
	Outros veículos	3%	2%	12%
Nº Automóveis	0	63%	63%	40%
	1	32%	33%	52%
	>1	5%	4%	8%

5.2 VARIÁVEIS DE ESTUDO

Para atingir o objetivo desta dissertação foram modeladas as viagens realizadas pelos modos motorizado e a pé, de forma de analisar as relações entre as diferentes variáveis intervenientes, identificar os fatores que influenciam na decisão de caminhar e o peso que os usuários dão as diferentes variáveis na escolha modal.

A seleção das variáveis que possuem inter-relação com a eleição do modo a pé baseou-se na literatura pesquisada e na disponibilidade de dados. Como se observa na Figura 2 (Capítulo 4), 95 % das viagens a pé da cidade de Porto Alegre têm distâncias menores que 2km. Considerando que este trabalho busca analisar as viagens a pé, foram consideradas no estudo somente as viagens menores que 2km realizadas pelos diferentes modais. Os modais alternativos considerados na análise de escolha modal são o motorizado e a pé. As áreas consideradas não apresentam dados de viagens utilizando bicicleta, portanto as viagens não motorizadas correspondem unicamente a viagens a pé.

O conjunto de variáveis explicativas para os modelos analisados inclui: variáveis sócio-econômicas e de viagens (caracterizam o domicílio, os residentes e as viagens), variáveis que caracterizam a forma urbana e variáveis que caracterizam a disponibilidade de transporte coletivo na origem da viagem. As variáveis selecionadas são apresentadas a seguir:

- Variáveis sócio-econômicas e de viagens

- Variáveis que caracterizam as viagens

- Distância da viagem
 - Modo de transporte utilizado (motorizado, a pé)
 - Motivo da viagem (trabalho/estudo, não trabalho/estudo)

- Variáveis sócio-econômicas que caracterizam os residentes

- Idade

-Grau de instrução

Variáveis sócio-econômicas que caracterizam o domicílio

- Disponibilidade de automóvel (número de automóveis no domicílio dividido pelo número de moradores no domicílio habilitados para dirigir)
- Renda mensal por domicílio (renda da área selecionada dividido pelo número de domicílios na área)

- Variáveis que caracterizam a forma urbana

Densidade:

- Densidade populacional (população da área selecionada dividido pela área)
- Densidade domiciliar (número de domicílios na área selecionada dividido pela área)

Diversidade de uso do solo:

- Tipo de uso do solo (Comercial, Misto, Residencial)
- Estacionamento tarifado em área pública (Sim, Não)

Desenho de vias:

- Comprimento médio da quadra
- Padrão do sistema viário (número de interseções em “cruz” dividido pelo número de interseções totais)

- Variáveis que caracterizam a disponibilidade de ônibus

Indicador da disponibilidade de transporte coletivo

5.3 OBTENÇÃO DE DADOS

5.3.1 Variáveis sócio-econômicas e de viagens

O banco de dados proveniente da pesquisa domiciliar realizada em Porto Alegre inclui informações de caracterização do domicílio, indicadores sócio-econômicos dos residentes e características dos deslocamentos realizados pelos residentes. Estas informações foram utilizadas para gerar os dados das variáveis explicativas. A variável Disponibilidade de Automóvel foi calculada a partir dos dados básicos obtidos na pesquisa, que é igual ao número de automóveis no domicílio do indivíduo dividido pelo número de moradores no domicílio habilitados para dirigir. Para a variável Renda por Domicílio foram utilizados os dados provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no Censo Demográfico do ano 2000 agregados por setor censitário. A variável Renda foi calculada como o quociente entre o valor de Renda média do responsável pelo domicílio obtido do IBGE e o número de domicílios do setor. Este último dado também foi obtido do IBGE, assim como se descreve no item a continuação. As Figuras 24 e 25 do Apêndice A apresentam a distribuição da Renda por Domicílio para cada setor censitário, nas áreas Petrópolis e Centro.

5.3.2 Variáveis da forma urbana

No caso das variáveis que descrevem a forma urbana, os dados coletados foram agregados em setores censitários, por serem as menores unidades que se dispõe de dados de renda, população e domicílios.

5.3.2.1 Densidade

Os mapas dos setores e os dados necessários foram obtidos a partir do CD-ROM “Base de Informações por Setor Censitário” do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Censo Demográfico do ano 2000. As variáveis Densidade de Domicílios e Densidade Populacional foram calculadas como o quociente do dado obtido do IBGE e a área do setor, expressa em quilômetros quadrados.

A área de estudo considerada como Centro está composta por 75 setores e a área Petrópolis está dividida em 30 setores censitários. Os mapas e limites geográficos de cada setor são apresentados no CD em formato pdf. Neste trabalho foram geocodificados cada um destes 105 setores usando o software Maptitude e a base de logradouros do município atualizada pela PROCEMPA (Cia. De Processamento de Dados do Município de Porto Alegre).

O IBGE nomeia cada setor com um código numérico de 15 dígitos divididos da seguinte forma: ABBBBBCCDDEEEE, onde:

AA – Unidade da Federação

BBBBB – Município

CC – Distrito

DD – Subdistrito

EEEE – Setor

A fim de facilitar a leitura dos dados geocodificados foram utilizados somente os dígitos correspondentes ao código do setor. A Figura 8 e Figura 9 apresentam respectivamente os setores censitários que compõem as regiões denominadas neste estudo como Centro e Petrópolis.

5.3.2.2 Diversidade de uso do solo

A seleção das variáveis que representam a diversidade do uso do solo foi baseada em estudos apresentados na seção 3.2.2. do capítulo 3. Nessa seção se expõem três grupos de medidas para avaliar a diversidade de uso do solo: Inspeção, Emprego e Entropia/Índice de dessemelhança. No presente trabalho se optou pelo primeiro grupo. A utilização de dados de emprego como proxy de heterogeneidade de uso do solo, não foi considerada adequada, devido ao elevado número de empregos informais não incluídos nas bases de dados da cidade. A utilização de técnicas analíticas como Entropia ou Índice de dessemelhança não foi possível devido à dificuldade de acesso aos dados necessários.

Com o objetivo de determinar a diversidade do uso do solo de cada setor foi realizado um levantamento de dados em campo (*in loco*). Os setores censitários são pequenos, alguns são menores que uma quadra, portanto não é suficiente considerar a diversidade de uso do solo somente dentro do setor. É necessário considerar a influência dos setores vizinhos. Neste estudo foi considerada a vizinhança próxima, portanto, na definição do tipo de uso do solo de um setor, foi considerada a área compreendida dentro de um raio de 300 m com origem no centro geométrico do setor, dando lugar à seguinte classificação:

- Setor de uso residencial: Aquele que, dentro de um raio de 300 m a partir do centro geométrico do setor, a maioria das unidades ou mais é destinada à moradia unifamiliar e multifamiliar.
- Setor concentrador de empregos: Aquele que, dentro de um raio de 300 m a partir do centro geométrico do setor, apresenta a maioria das unidades destinadas ao exercício das atividades industrial, comercial, de prestação de serviços e institucionais.

- Setor de uso misto: Aquele que, dentro de um raio de 300 m a partir do centro geométrico do setor, é constituído por mais de um uso, residencial e concentrador de empregos, em proporção homogênea.

Inicialmente, foi pensado utilizar duas variáveis binárias para representar o Uso do Solo. Uma das variáveis adotaria o valor 1 no caso o tipo de Uso do Solo do setor fosse concentrador de empregos e zero no caso contrário. A outra, adotaria o valor 1 no caso do tipo de Uso do Solo fosse residencial, e zero no caso contrário. Analisando a base de dados foi observado que nenhum setor corresponde a uso unicamente residencial, portanto é suficiente utilizar uma variável binária para representar a diversidade de uso do solo. Esta variável adota o valor 1 quando o setor é concentrador de empregos e 0 quando o setor é de uso misto.

Do mesmo modo, a existência de estacionamento tarifado em área pública num setor é influenciada pela existência deste tipo de estacionamento em setores vizinhos. Determinou-se para cada setor a presença ou ausência de estacionamento tarifado em área pública num raio de 300m a partir do centro geométrico do setor. Para isto realizou-se um levantamento de dados em campo (*in loco*) e foi utilizada a seguinte definição:

- Estacionamento Tarifado em Área Pública: Aquele setor em que a maioria da área disponível para estacionamento na via pública, num raio de 300m a partir do centro geométrico do setor, é pago. Utiliza-se uma variável dummy que vale 1 no caso do estacionamento em área pública ser pago e 0 no caso contrário.

As Figuras 30, 31, 32 e 33 do Apêndice A apresentam a distribuição do Uso do Solo e Estacionamento Tarifado em Área Pública por setor censitário, nas áreas Petrópolis e Centro.

5.3.2.3 Projeto de vias

A seleção das variáveis que representam a configuração física da rede viária foi baseada em estudos realizados, apresentados na seção 3.2.3. do capítulo 3. Esses estudos apontam duas características da configuração viária que favorecem a mobilidade dos pedestres: padrão viário em forma de grelha e quadras curtas. Para medir o padrão viário se optou pelo quociente entre número de interseções de quatro vias (em “cruz”) e o número de interseções totais, por ser a variável que melhor representa se o padrão viário é em forma de grelha. Para medir a dimensão das quadras, se optou pelo comprimento médio das quadras.

Como mencionado anteriormente, sabe-se que os atributos de um setor são influenciados pelos atributos nos setores vizinhos. Para considerar este efeito, dividiu-se a cidade em uma grelha, onde cada célula foi definida como um quadrado com 300m de lado (tamanho suficiente para facilitar a manipulação dos dados sem induzir a erros de agregação). Observou-se para cada célula, o valor do atributo estudado. Assim, o valor desse atributo para cada setor é o valor médio de todas as células contidas num raio de 300m (influência da vizinhança próxima) a partir do centro geométrico desse setor (Figura 10)

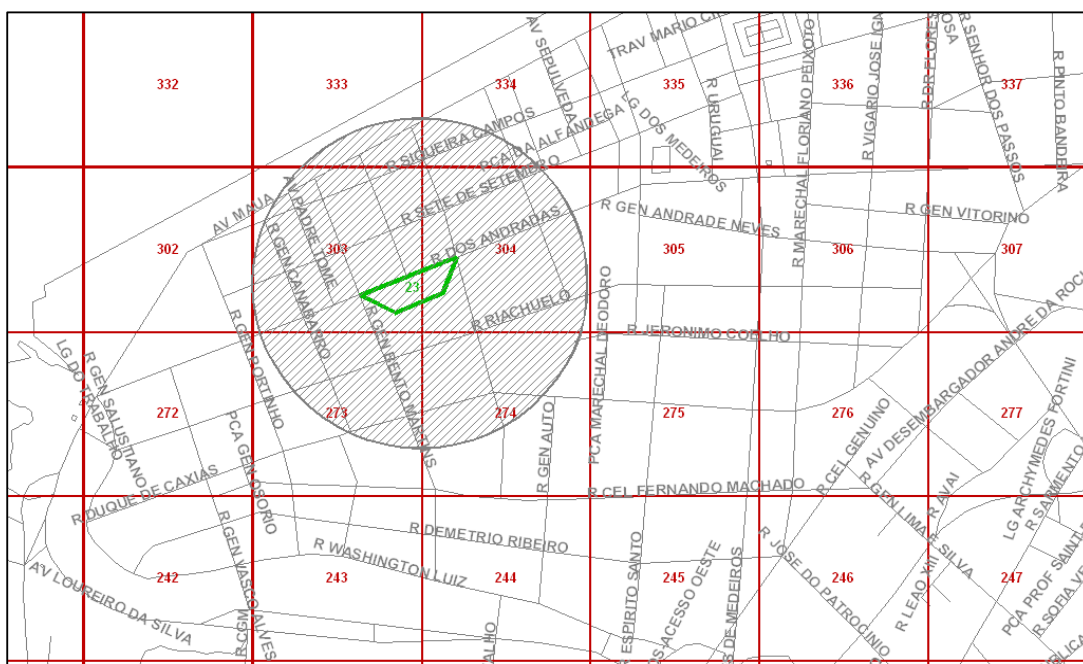


Figura 10 - Determinação do valor de um atributo para o setor

Os atributos estudados foram: Comprimento Médio da Quadra e Padrão do Sistema Viário. Estas informações foram obtidas utilizando o software Maptitude e a base de logradouros do município atualizada pela PROCEMPA (Cia. De Processamento de Dados do Município de Porto Alegre). No primeiro caso, obtiveram-se, para cada célula, os comprimentos das quadras contidas nessa célula e calculou-se o valor médio. Esse valor representa o Comprimento Médio da Quadra na célula. Repetiu-se este procedimento para cada uma das 90 células que conformam a grelha. Para obter o valor desta variável para o setor, foi calculada a média dos valores das células contidas num raio de 300m a partir do centro geométrico do setor. Calculou-se esse valor para cada um dos 105 setores.

Para o atributo Padrão do Sistema Viário, contou-se, para cada célula, o número de interseções de quatro vias (em “cruz”) e o número de interseções totais. A variável Padrão do Sistema Viário para cada célula é resultado do quociente entre número de interseções de quatro vias (em “cruz”) e o número de interseções totais. O Padrão do Sistema Viário do setor obtém-se calculando o valor médio das células contidas num raio de 300m (centro do círculo no centro geométrico do setor).

As Figuras 34, 35, 36 e 37 do Apêndice A apresentam a distribuição do Comprimento Médio da Quadra e Padrão do Sistema Viário por setor censitário, nas áreas Petrópolis e Centro.

5.3.3 Disponibilidade de transporte coletivo

A Disponibilidade de Transporte Coletivo foi baseada no indicador proposto por Rood (1998) apresentado na seção 3.3 do capítulo 3. Este indicador, denominado LITA (*Local Index of Transit Availability*), determina a Disponibilidade de Transporte Coletivo numa área de estudo através de três aspectos do serviço do transporte coletivo: Frequência, Cobertura e Capacidade. A medida de frequência baseia-se no número total de viagens de cada linha que serve a área, a cobertura se refere à densidade de pontos de paradas por todo o percurso (dentro da área) de cada linha que atende a área de estudo e a capacidade refere-se ao número total de

lugares por dia oferecidos pelas linhas de transporte coletivo na área estudada. Rood (1998) sugere considerar no cálculo do LITA unicamente as linhas que servem a área de estudo que possuem mais de uma parada na área. Isto deve ser considerado na definição da dimensão da área de estudo.

Os dados necessários para o cálculo do LITA foram fornecidos pela EPTC (Empresa Pública de Transporte e Circulação-Porto Alegre) e foram consideradas no estudo unicamente as linhas de ônibus. Trabalhou-se da mesma forma que no projeto de vias, dividindo a cidade numa grelha e calculando o valor do indicador para cada célula. Neste caso foram utilizadas células de 500m de lado por serem mais compatíveis com a natureza do indicador (células maiores permitem que aumente o número de linhas que possuem mais de uma parada na célula). O valor do indicador para o setor obteve-se calculando o valor médio das células contidas num raio de 300m (influência da vizinhança próxima). Este cálculo foi estendido para os 105 setores que conformam a área de estudo.

Com base nos dados da EPTC e o banco de dados de logradouros, primeiramente foram identificadas as linhas de ônibus que passam por cada célula. O total de células foi de 41, sendo que cada célula contém aproximadamente 25 linhas na área de Petrópolis e 85 linhas na área do Centro. Posteriormente foi calculada a frequência para cada célula através da seguinte expressão:

$$\text{Frequência} = \sum(\text{número de viagens por dia de cada linha que serve a célula})$$

Para o cálculo da cobertura do serviço de transporte coletivo, foi contado, para cada célula, o número de pontos de parada de ônibus de cada linha que passa pela célula. A equação de cálculo utilizada é a seguinte:

$$\text{Cobertura} = \sum(\text{número de pontos de parada de ônibus de cada linha que serve a célula, incluindo os que margeiam a célula})$$

A capacidade do serviço de transporte coletivo refere-se ao número total de lugares oferecidos pelas linhas de transporte coletivo na zona urbana. Foi medida, para cada célula, a distância percorrida por cada linha dentro da célula. A

capacidade do serviço de transporte coletivo foi calculada através da seguinte expressão:

$$\text{Capacidade} = \frac{\sum(\text{número de lugares por linha} \times \text{distância percorrida pelo ônibus na zona})}{\text{população total da zona}}$$

Para cada célula, foi calculado o indicador composto, LITA, como o valor médio dos valores padronizados de cada um dos três componentes (frequência, cobertura e capacidade). Uma vez obtido o valor do indicador de Disponibilidade de Transporte Coletivo (LITA) para cada célula, foi calculado o valor do indicador para o setor. Para isto, foi calculado o valor médio do indicador considerando as células contidas num raio de 300m a partir do centro geométrico do setor. As Figuras 38 e 39 do Apêndice A apresentam a distribuição da Disponibilidade de Transporte Coletivo por setor censitário, nas áreas Petrópolis e Centro.

5.4 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS

A base de dados constituída pelas variáveis descritas na seção anterior foi utilizada para a estimação dos modelos de escolha modal. Foram consideradas no estudo as viagens menores que 2 km realizadas pelos diferentes modais. A análise a seguir sintetiza as características gerais das viagens, dos viajantes e as características associadas à configuração física para as viagens menores que 2 km realizadas através de diferentes modais.

5.4.1 Estatística descritiva

A Tabela 5 apresenta a estatística descritiva das variáveis independentes utilizadas no estudo para a área Centro. Foram consideradas duas categorias de viagens: viagens por motivo trabalho/estudo e viagens por motivo não

trabalho/estudo. Esta última inclui viagens por motivos recreacionais, compras, saúde, assuntos pessoais e outros.

Tabela 5 - Estatística descritiva das variáveis explicativas – Centro

Centro				
Motivo: Trabalho/estudo				
Variáveis independentes	Média	Desvio padrão	Valor mínimo do intervalo	Valor máximo do intervalo
Disponibilidade de automóvel (autom./pessoa)	0,29	0,39	-	2,00
Idade (anos)	29,71	14,01	5,00	74,00
Distância (m)	828,94	522,50	-	1.999,37
Renda (reais/domicílio)	1.739,38	433,99	643,84	3.518,54
Densidade populacional (pop./km ²)	43.987,04	28.206,13	1.985,81	179.650,63
Densidade de domicílios (dom./km ²)	22.047,37	15.731,97	741,80	86.099,84
Uso do solo	0,25	0,44	-	1,00
Estacionamento tarifado em área pública	0,57	0,49	-	1,00
Comprimento médio das vias (m)	117,35	15,50	85,11	173,80
Padrão do sistema viário	0,50	0,10	0,33	0,70
Disponibilidade de transporte coletivo	5,37	1,64	3,15	10,05
Motivo: Não trabalho/estudo				
Variáveis independentes	Média	Desvio padrão	Valor mínimo do intervalo	Valor máximo do intervalo
Disponibilidade de automóvel (autom./pessoa)	0,32	0,42	-	1,50
Idade (anos)	46,27	17,69	7,00	85,00
Distância (m)	713,21	509,65	-	1.992,24
Renda (reais/domicílio)	1.750,21	455,37	643,84	3.518,54
Densidade populacional (pop./km ²)	40.183,08	28.762,12	1.985,81	179.650,63
Densidade de domicílios (dom./km ²)	20.168,31	15.882,75	741,80	86.099,84
Uso do solo	0,34	0,48	-	1,00
Estacionamento tarifado em área pública	0,65	0,48	-	1,00
Comprimento médio das vias (m)	115,37	15,83	85,11	173,80
Padrão do sistema viário	0,50	0,09	0,33	0,70
Disponibilidade de transporte coletivo	5,54	1,68	3,15	10,05

Na área do Centro os valores médios das variáveis analisadas não diferem grandemente para as duas categorias de viagens. Muitas das variáveis utilizadas (Uso do Solo, Padrão do Sistema Viário, Densidade Populacional e de Domicílios, Disponibilidade de Transporte Coletivo, etc) dependem da origem da viagem. A configuração urbana da localização das origens das duas categorias de viagens é diferente, portanto os valores médios dessas variáveis diferem. O desvio-padrão de praticamente todas as variáveis é muito elevado, o que revela que a oscilação das variáveis é muito alta.

Nas viagens por motivo trabalho/estudo o valor médio da Idade é 30 anos, valor menor que o obtido para as viagens por motivo não trabalho/estudo, cujo valor é 46 anos. Este resultado é esperado já que as pessoas que trabalham ou estudam, em geral, pertencem a uma faixa etária mais baixa.

Pode observar-se que a Distância média da viagem é um pouco maior quando o motivo da viagem é trabalho/estudo. A Renda Domiciliar média em ambas categorias de viagens é aproximadamente 1.750 reais por domicílio. Analisando a Figura 24 do Apêndice A é possível notar que todos os setores menos um estão compreendidos na faixa de 0 a 3.000 reais. Em particular, a maioria deles, estão compreendidos na faixa de 1.500 a 3.000 reais. Portanto, o valor de Renda médio não é resultado de uma compensação entre setores de renda muito elevada e setores de renda muito baixa, senão que é representativo da área.

Com relação à variável Uso do Solo, é possível notar que ambas categorias de viagens têm origens em zonas cujo padrão de Uso do Solo médio é próximo de zero. O valor médio do Uso do Solo é 0,25 para viagens por motivo trabalho/estudo e 0,34 para viagens por motivo não trabalho/estudo. A variável Uso do Solo vale zero quando o Uso do Solo é misto e vale 1 quando o Uso do Solo é concentrador de empregos (comercial, industrial, prestador de serviços, etc). Pode observar-se na Figura 30 do Apêndice A, que a maioria dos setores que integram a área Centro são de uso misto. O valor médio obtido mostra que embora algumas viagens se originem em setores concentradores de emprego, a maioria das viagens se origina em setores de uso misto. Isto é razoável, já que os dados de viagem utilizados são provenientes da pesquisa de entrevistas domiciliares.

O valor médio da variável Estacionamento Tarifado em Área Pública é superior a 0,5 para ambas categorias de viagens. Esta variável adota o valor 1 quando o estacionamento em área pública é pago e 0 no caso contrário. Os valores médios obtidos mostram que a maioria das viagens tem destinos em setores onde o estacionamento público disponível é tarifado. Pode observar-se na Figura 32 do Apêndice A, que os setores onde o estacionamento em área pública é tarifado são setores concentradores de emprego. Isto mostra que os setores com alta concentração de atividades aumentam as oportunidades de destinos de viagens.

O valor médio do Padrão do Sistema Viário é 0,5 em ambas categorias de viagens. O valor 1 indicaria que todas as interseções do setor são interseções de quatro vias mostrando uma grande conectividade no setor (padrão viário em forma de grelha). Analisando a Figura 36 do Apêndice A, é possível notar que a maioria da área Centro tem um Padrão do Sistema Viário entre 0,4 e 0,6. Portanto o valor médio obtido provavelmente se deva a que a maioria das viagens se originam em setores cuja conectividade é média.

A variável Disponibilidade de Transporte Coletivo apresenta um valor médio de 5,37 para as viagens motivo trabalho/estudo e 5,54 para as viagens com motivo diferente de trabalho/estudo. O valor mínimo no Centro é 3,15 e o valor máximo 10,05. A Figura 38 do Apêndice A mostra que os setores com nível mais baixo de serviço de ônibus, com valores do índice entre 2 e 4 estão concentrados na região oeste do Centro. O resto de Centro apresenta uma alta disponibilidade de ônibus.

A Tabela 6 apresenta a estatística descritiva das variáveis independentes utilizadas no estudo para a área Petrópolis. Foram consideradas duas categorias de viagens: viagens por motivo trabalho/estudo e viagens por motivo não trabalho/estudo. Esta última inclui viagens por motivos recreacionais, compras, saúde, assuntos pessoais e outros.

Tabela 6- Estatística descritiva das variáveis explicativas - Petrópolis

Petrópolis				
Motivo: Trabalho/estudo				
Variáveis independentes	Média	Desvio padrão	Valor mínimo do intervalo	Valor máximo do intervalo
Disponibilidade de automóvel (autom./pessoa)	0,55	0,39	-	1,00
Idade (anos)	23,95	13,52	4,00	55,00
Distância (m)	1.150,29	499,62	108,58	1.992,07
Renda (reais/domicílio)	4.504,27	1.375,66	2.027,16	8.321,08
Densidade populacional (pop./km ²)	9.320,51	4.385,08	1.114,14	20.557,59
Densidade de domicílios (dom./km ²)	3.488,82	1.844,31	403,39	8.457,50
Uso do solo	-	-	-	-
Estacionamento tarifado em área pública	-	-	-	-
Comprimento médio das vias (m)	157,32	38,51	107,04	254,66
Padrão do sistema viário	0,34	0,12	0,10	0,55
Disponibilidade de transporte coletivo	4,62	1,94	2,65	9,01
Motivo: Não trabalho/estudo				
Variáveis independentes	Média	Desvio padrão	Valor mínimo do intervalo	Valor máximo do intervalo
Disponibilidade de automóvel (autom./pessoa)	0,50	0,38	-	1,00
Idade (anos)	40,90	18,64	6,00	80,00
Distância (m)	1.077,23	595,90	96,42	1.992,07
Renda (reais/domicílio)	4.227,74	1.646,89	2.027,16	8.321,08
Densidade populacional (pop./km ²)	11.376,12	5.452,99	2.202,18	30.916,54
Densidade de domicílios (dom./km ²)	4.339,43	2.272,70	829,81	12.159,64
Uso do solo	-	-	-	-
Estacionamento tarifado em área pública	-	-	-	-
Comprimento médio das vias (m)	148,60	30,52	107,04	247,10
Padrão do sistema viário	0,34	0,11	0,10	0,55
Disponibilidade de transporte coletivo	5,15	2,07	2,74	9,91

Da mesma forma que no Centro, muitas das variáveis utilizadas (Uso do Solo, Padrão do Sistema viário, Densidade Populacional e de Domicílios, Disponibilidade de Transporte Coletivo, etc) dependem da origem da viagem. A configuração urbana da origem das duas categorias de viagens é diferente, portanto os valores médios dessas variáveis não são iguais. Porém, estas diferenças são pequenas e os valores médios das variáveis analisadas não diferem grandemente para as duas categorias de viagens. O desvio-padrão também é elevado em praticamente todas as variáveis, evidenciando a grande oscilação das variáveis.

Nas viagens por motivo trabalho/estudo o valor médio da Idade é 24 anos, valor menor que o obtido para as viagens por motivo não trabalho/estudo, cujo valor é 41 anos. Observa-se que os valores médios de Idade para as duas categorias de viagens são menores em Petrópolis que na região Centro, indicando que as pessoas com maior mobilidade em Petrópolis pertencem a uma faixa etária mais baixa.

Comparando ambas as áreas, observa-se que a Disponibilidade de Automóvel média é maior em Petrópolis do que no Centro, coincidindo com valores de Renda mais elevados em Petrópolis. Considerando o valor médio, a Renda média de Petrópolis é entre 2 e 3 vezes maior do que a Renda média no Centro. Considerando a distribuição de Renda por setor, a Figura 24 e Figura 25 do Apêndice A exibem que o nível de renda dos residentes de Petrópolis é muito maior que dos residentes do Centro. Na primeira área, a Renda Domiciliar é superior a 1500 reais em todos os setores, existindo setores em todas as faixas de renda. Na segunda área, praticamente todos os setores estão compreendidos na faixa de 0 a 3000 reais por domicílio.

A Distância média de deslocamento no Centro é menor do que o valor correspondente em Petrópolis, para as duas categorias de viagens analisadas. Isto pode ocorrer devido ao maior número de estabelecimentos comerciais e de serviços no Centro que facilitam o acesso a destinos de viagens.

Com relação à variável Uso do Solo, é possível notar que ambas categorias de viagens têm origens em zonas cujo padrão de uso do solo médio é zero. Isto indica que as viagens se originam em setores de Uso do Solo misto. No Centro, o valor médio desta variável é maior que zero (aproximadamente 0,3), indicando que algumas viagens se originam em setores concentradores de emprego.

Analisando as variáveis, Densidade Populacional e de Domicílios, observa-se que os valores médios destas variáveis no Centro são aproximadamente quatro vezes maiores do que os valores médios em Petrópolis. O Centro é em média muito mais denso do que Petrópolis, o que explica o maior número de viagens observado nessa área. Por outro lado, o estacionamento em área pública em Petrópolis não é tarifado, representado por seu valor médio zero. No Centro este valor é 0.65, indicando que a maioria do estacionamento na via pública é pago.

O Comprimento Médio das Quadras é menor no Centro, representando vias mais curtas. Analisando o valor médio do Padrão do Sistema Viário pode-se notar que este valor é maior no Centro. Isto indica que esta área possui maior conectividade entre origens e destinos. De acordo com a literatura, a configuração desta área favorece os deslocamentos a pé.

O valor médio da Disponibilidade de Transporte Coletivo é semelhante em ambas as áreas, um pouco menor em Petrópolis: 4,62 para as viagens por motivo trabalho/estudo e 5,15 para as viagens por motivo diferente ao trabalho/estudo. Embora se esperasse que o valor médio do Centro fosse muito mais elevado do que o valor em Petrópolis, por ser o Centro a região melhor servida de transporte coletivo na cidade, é importante observar os valores do desvio padrão. O desvio padrão da Disponibilidade de transporte coletivo é maior em Petrópolis, mostrando uma maior oscilação da variável nesta área.

5.4.2 Divisão modal

As Figuras 11 e 12 apresentam os gráficos de divisão modal das viagens menores que 2 km para as áreas do Centro e Petrópolis, assim como o gráfico comparativo da divisão modal das duas áreas estudadas.

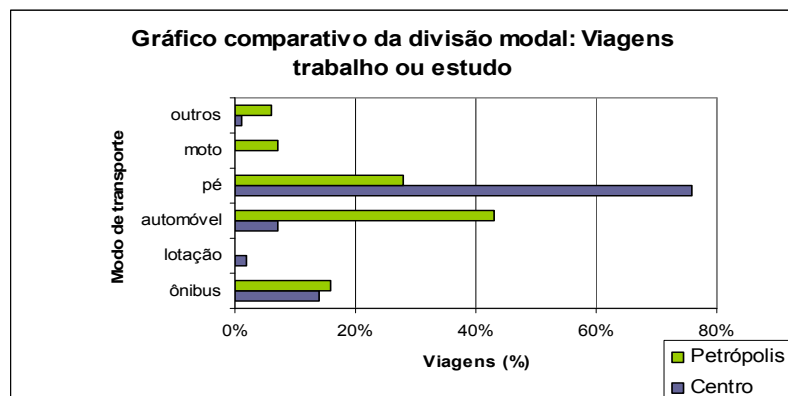
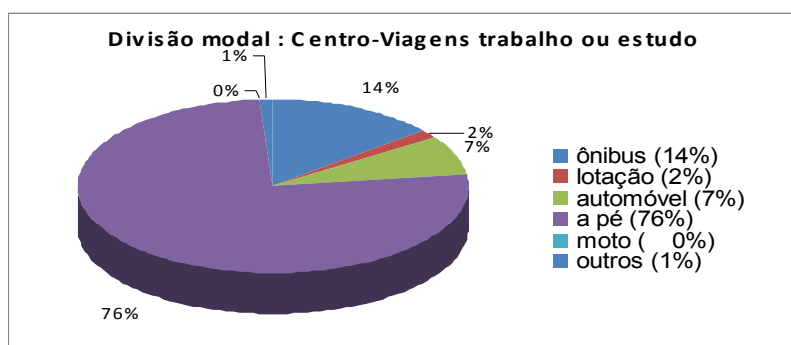
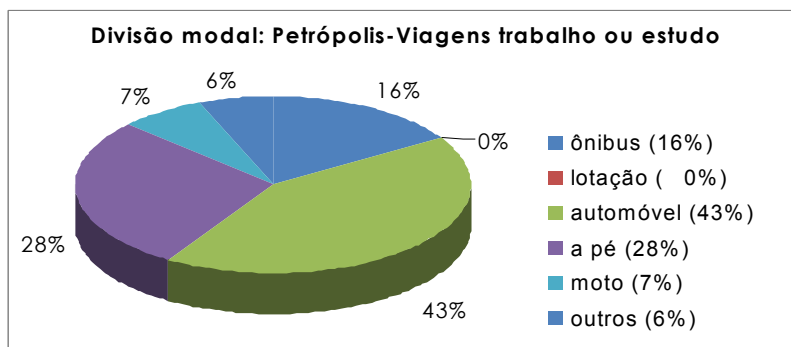


Figura 11 - Divisão modal : Viagens por motivo trabalho/estudo

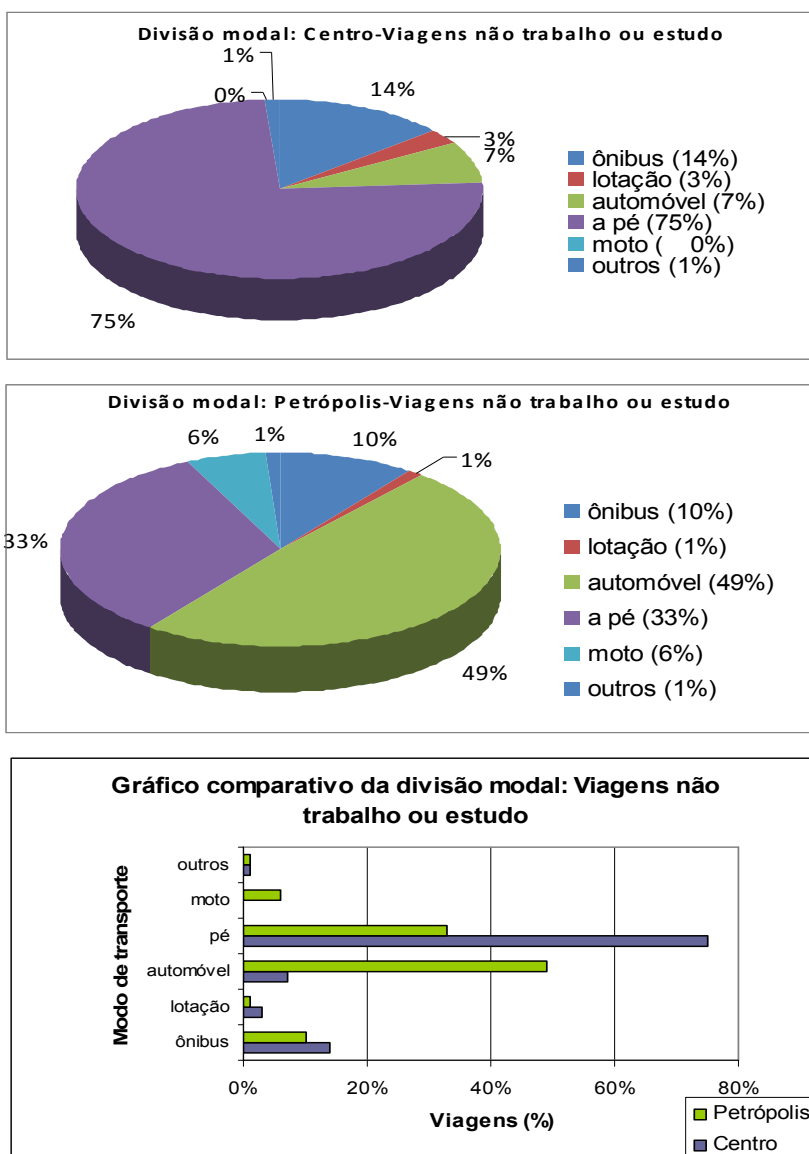


Figura 12 - Divisão modal : Viagens por motivo não trabalho/estudo

Os gráficos anteriores mostram que os residentes do Centro são menos dependentes do automóvel que os residentes de Petrópolis. No Centro, o automóvel capta 7% das viagens menores que 2 km e em Petrópolis entre 43% e 49%. Os residentes de Centro utilizam duas a três vezes mais o modo a pé para se deslocar

e realizar suas atividades diárias do que os residentes de Petrópolis. Em 76% das viagens menores que 2 km no Centro são realizadas a pé, enquanto em Petrópolis este valor oscila entre 28% e 33%, dependendo do motivo da viagem.

Em ambas as áreas e para as duas categorias de viagens, os modos que captam maior demanda de viagens são o automóvel, ônibus e a pé. Diferentemente do Centro, em Petrópolis a motocicleta tem uma participação importante. Esta capta aproximadamente 6% da demanda.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos no capítulo anterior sobre a distribuição das viagens a pé, foi realizada uma análise individual para algumas regiões a fim de compreender os fatores intervenientes na decisão de caminhar. Este capítulo descreveu as regiões selecionadas, as variáveis explicativas utilizadas nos modelos de escolha modal e os procedimentos para a obtenção dos valores dessas variáveis. As regiões selecionadas foram denominadas Centro e Petrópolis e foram escolhidas por serem as que apresentam respectivamente os maiores e menores percentuais de deslocamentos a pé em relação aos deslocamentos totais originados na região.

A seleção das variáveis que influenciam a eleição do modo a pé foi baseada na literatura pesquisada e na disponibilidade de dados. O conjunto de variáveis explicativas para os modelos analisados incluiu variáveis que caracterizam o domicílio (Disponibilidade de Automóvel, Renda por Domicílio), os residentes (Idade), as viagens (Distância, Motivo), a forma urbana (Densidade de Domicílios, Densidade Populacional, Comprimento Médio das Quadras, Padrão do Sistema Viário, Uso do Solo, Estacionamento Tarifado em Área Pública), e a disponibilidade de transporte coletivo na origem da viagem.

O próximo capítulo contempla a proposição de um modelo de escolha discreta que permita analisar a tomada de decisão de utilizar o modo a pé para realizar um

deslocamento. A partir deste modelo é possível analisar o peso que os usuários dão as diferentes variáveis na decisão de caminhar.

6 MODELAGEM E ANÁLISE DE RESULTADOS

Este capítulo apresenta a estimação dos modelos de escolha modal e a análise dos resultados obtidos.

6.1 ESTIMAÇÃO DOS MODELOS DE ESCOLHA MODAL

Neste item apresentam-se os modelos que melhores resultados oferecem segundo as hipóteses estabelecidas nesta pesquisa. A fim de determinar os fatores que influenciam a decisão de caminhar foram estimados modelos logit binomiais para as viagens menores que 2 km. O modelo logit, como já foi mencionado, é uma representação matemática do processo de escolha dos usuários em relação ao modo de transporte utilizado – a pé ou transporte motorizado–, e é expresso por uma função de probabilidade, tendo a seguinte forma (equação 7):

$$P_{pé} = \frac{e^{V_{pé}}}{e^{V_{mot}} + e^{V_{pé}}} = \frac{1}{(1 + e^{(V_{mot}-V_{pé})})} \quad (7)$$

onde:

$V_{pé}$ = utilidade do modo a pé;

V_{mot} = utilidade do modo motorizado;

$P_{pé}$ = probabilidade de escolha do modo a pé.

Consideraram-se funções de utilidade lineares (equação 8):

$$\begin{aligned}
 V_{pé} &= \theta_{pé0} + \theta_{pé1}x_{pé1} + \theta_{pé2}x_{pé2} + \dots + \theta_{pén}x_{pén} \\
 V_{mot} &= \theta_{mot0} + \theta_{mot1}x_{mot1} + \theta_{mot2}x_{mot2} + \dots + \theta_{motn}x_{motn}
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

onde os parâmetros $\theta_{pé0}, \theta_{pé2}, \dots, \theta_{pén}$ e $\theta_{mot0}, \theta_{mot2}, \dots, \theta_{motn}$ foram estimados através do método de máxima verossimilhança utilizando o *software* Transcad 4.5. Considerando que o fator importante é a diferença de utilidades (equações 7 e 8) não é possível estimar $\theta_{pé0}$ e θ_{mot0} , só sua diferença, portanto pode-se considerar $\theta_{pé0}$ como zero sem perder generalidade (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2001).

Para decidir quais variáveis independentes deveriam ser incluídas na função utilidade se adotou uma metodologia faseada (*stepwise process*). Em cada fase testou-se se a incorporação dessa variável na função utilidade agregava poder de explicação ao modelo, permitindo determinar a significância das variáveis que minimizam os impactos de multicolinearidade.

Variáveis que têm o mesmo valor para ambas alternativas (por exemplo, variáveis que representam características individuais como renda, idade, disponibilidade de automóvel, etc) não podem ser incluídas nas funções de utilidades de todas as alternativas. Estas variáveis devem ser consideradas nas funções utilidade de todas as alternativas menos uma (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2001). A utilidade na qual a variável não é incluída é considerada a alternativa base para essa variável. A interpretação dos coeficientes dessa variável considera o efeito da variável na utilidade não-base comparada com o efeito da variável na utilidade base. Portanto, só o impacto relativo da variável é conhecido (CALIPER, 1996).

No presente trabalho interessa determinar a importância (o peso) das variáveis explicativas na atratividade (utilidade) da alternativa “a pé” com relação à alternativa “transporte motorizado”. Portanto, a utilidade do modo motorizado foi considerada como base para todas as variáveis, incluindo na sua especificação somente uma constante.

As variáveis utilizadas são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Resumo das variáveis usadas no modelo

Variável Dependente	
Escolha de modo	Variável qualitativa que representa o modo de transporte utilizado para realizar a viagem: a pé, motorizado.
Variáveis Independentes	
Distância	Comprimento da viagem (m)
Idade	Idade (anos) do indivíduo.
Renda	Renda /número de domicílios.
Disponibilidade de Automóvel	Número de automóveis no domicílio/pessoas habilitadas para dirigir
Disponibilidade de Transporte Coletivo	Indicador definido segundo cap 5
Comprimento Médio das Quadras	Valor médio do comprimento da quadra (m).
Padrão do Sistema Viário	Número de interseções em “cruz”/número de interseções totais.
Estacionamento Tarifado em Área Pública	Variável binária. Valor=1 estacionamento em área pública é tarifado, valor=0 caso contrário.
Uso do Solo	Variável binária. Valor=1 uso concentrador de empregos, valor=0 uso misto.
Densidade Populacional	Número de habitantes por km^2 .
Densidade de Domicílios	Número de domicílios por km^2 .

Na avaliação da performance dos parâmetros estimados foram considerados os seguintes indicadores: expectativa do sinal dos parâmetros estimados, significância das variáveis consideradas (estatística t com 95% de confiança) e o coeficiente de ajuste ρ^2 .

6.1.1 Modelos estimados para viagens com motivo trabalho/estudo

Os melhores resultados da estimação dos modelos logit binomial, considerando as alternativas modo a pé e transporte motorizado, para a área Petrópolis são apresentados na Tabela 8 e para a área Centro na Tabela 9.

Tabela 8 - Resultados do modelo: Petrópolis - Motivo trabalho/estudo

Variável	Coefficiente	Erro Std.	Estatística t
Renda	-0,0011	0,0001	-11,6042
Distância	-0,0022	0,0001	-19,1667
Idade	-0,0533	0,0047	-11,4339
Constante	-12,3596	1,1425	-10,8185
Disponibilidade automóvel	-2,6617	0,1546	-17,2110
Comprimento médio quadras	-0,0176	0,0034	-5,1932
Padrão sistema viário	-3,0125	0,7355	-4,0961

Casos válidos: 3419

Distribuição modal

Modo a pé 947 (27.7%)

Modo motorizado 2472 (72.3%)

Rho quadrado ajustado: 0,4657

Tabela 9 - Resultados do modelo: Centro - Motivo trabalho/estudo

Variável	Coefficiente	Erro Std.	Estatística t
Renda	0,0003	0,0001	4,5534
Distância	-0,0034	0,0001	-53,3789
Constante	-4,3522	0,5294	-8,2203
Disponibilidade automóvel	-1,6517	0,0678	-24,3471
Disponibilidade transp.col	-0,3067	0,0224	-13,7036
Comprimento médio quadras	0,0101	0,0026	3,8381
Padrão sistema viário	1,8136	0,3703	4,8974
Estac. tarifado área pública	-0,4202	0,0611	-6,8744
Uso do solo	-0,1834	0,0709	-2,5850

Casos válidos: 13673

Distribuição modal

Modo a pé 10417 (76.2%)

Modo motorizado 3256 (23.8%)

Rho quadrado ajustado: 0,5168

Devido ao processo de estimação dos modelos, no qual as variáveis não significativas foram excluídas, as variáveis consideradas para os deslocamentos com motivo trabalho/estudo para o Centro e Petrópolis são significativas. Os valores de t obtidos são maiores que o crítico. Os valores de ρ^2 apresentam excelentes ajustes: 0,47 no Centro e 0,52 em Petrópolis. Assim como é mencionado na literatura, valores entre 0,2 e 0,4 podem ser considerados muito bons ajustes (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2001).

A formulação da função utilidade para os modos motorizados e a pé para Petrópolis é apresentada a seguir (equação 9):

$$\begin{aligned} V_{pé} &= -0,0011 * R - 0,0022 * d - 0,0533 * I - 2,6617 * Da - 0,0176 * Cq - 3,0125 * Psv \\ V_{mot} &= -12,3596 \end{aligned} \quad (9)$$

onde:

R = Renda;

d = Distância;

I = Idade;

Da = Disponibilidade de automóvel;

Cq = Comprimento médio da quadra;

Psv = Padrão do sistema viário.

A formulação da função utilidade para os modos motorizados e a pé para o Centro é apresentada a seguir (equação 10):

$$\begin{aligned} V_{pé} &= 0,0003 * R - 0,0034 * d - 1,6517 * Da - 0,3067 * Dtc + 0,010 * Cq + 1,8136 * Psv - 0,4202 * E - 0,1834 * U \\ V_{mot} &= -4,3522 \end{aligned} \quad (10)$$

onde:

R = Renda;

d = Distância;

Da = Disponibilidade de Automóvel;

Dtc = Disponibilidade de Transporte Coletivo;

Cq = Comprimento Médio da Quadra;
 Psv = Padrão do Sistema Viário;
 E=Estacionamento Tarifado em Área Pública;
 U=Uso do Solo.

Para analisar os sinais esperados e obtidos utiliza-se a Tabela 10 onde se exibem os coeficientes estimados para as duas áreas: Petrópolis e Centro.

Tabela 10 - Resumo de coeficientes estimados -Viagens trabalho/estudo

Variáveis	Petrópolis		Centro	
	A pé	Motorizado	A pé	Motorizado
Constante		-12,3596		-4,3522
Renda	-0,0011		0,0003	
Idade	-0,0533			
Distância	-0,0022		-0,0033	
Disponibilidade automóvel	-2,6617		-1,6517	
Disponibilidade transporte coletivo			-0,3027	
Comprimento médio das quadras	-0,0176		0,0101	
Padrão sistema viário	-3,0125		1,8136	
Estacionamento tarifado área púb.			-0,4202	
Uso do solo			-0,1834	

Analisando a área Petrópolis observa-se que a constante específica para o modo motorizado é negativa. Isto indica uma predisposição negativa para o modo motorizado para realizar viagens curtas (< 2km), evidenciando uma inclinação a favor do modo a pé para este tipo de viagens.

A Renda está negativamente associada à utilidade do modo a pé, indicando que um aumento na renda diminui a probabilidade de opção pelo modo a pé.

A variável Idade apresenta sinal negativo para o modo a pé, manifestando que um aumento na idade dos residentes diminui a probabilidade de opção pela caminhada. Verifica-se também que a Distância apresenta sinal negativo para o modo a pé. Viagens mais longas diminuem a probabilidade de escolha do modo a pé, coincidindo com o esperado.

Da mesma forma, a Disponibilidade de Automóvel também apresenta sinal negativo na utilidade do modo a pé, coincidindo com o esperado. Na medida em que

aumenta a Disponibilidade de Automóvel diminui a tendência dos indivíduos escolherem a caminhada para realizar seus deslocamentos por motivo trabalho/estudo.

Observa-se que o Comprimento Médio das Quadras está negativamente associado à utilidade do modo a pé. Vias longas favorecem a escolha de modos motorizados, diminuindo a probabilidade de optar pelo modo a pé, coincidindo com o afirmado pela literatura.

Segundo a literatura, espera-se que o Padrão do Sistema Viário apresente sinal positivo na utilidade do modo a pé. Um aumento no número de interseções de quatro vias, aumenta a conectividade entre origem e destino, e, portanto favorece a escolha do modo a pé. Isto não se verifica em Petrópolis. É possível que a topografia acidentada do terreno no bairro influencie a escolha de modo. Seria interessante incluir variáveis que indiquem o padrão do perfil vertical das vias do bairro em próximos estudos.

Analisando a área Centro observa-se que a constante específica para o modo motorizado é negativa. Igualmente que em Petrópolis, o sinal indica uma predisposição negativa para o modo motorizado para realizar viagens curtas (< 2km), evidenciando uma inclinação a favor do modo a pé para este tipo de viagens. O valor da constante revela que os residentes do Centro são mais favoráveis a utilizar o modo a pé que os residentes de Petrópolis para viagens curtas, por motivos de trabalho ou estudo.

No Centro, a Renda está positivamente associada à utilidade do modo a pé. Residentes que possuem renda mais alta que moram no Centro preferem caminhar a utilizar o modo motorizado.

Verifica-se que a Distância apresenta sinal negativo para o modo a pé. Viagens mais longas diminuem a probabilidade de escolha do modo a pé, coincidindo com o esperado.

Da mesma forma, a Disponibilidade de Automóvel também apresenta sinal negativo na utilidade do modo a pé, coincidindo com o esperado. Na medida que aumenta a Disponibilidade de Automóvel diminui a tendência dos indivíduos escolher à caminhada para realizar seus deslocamentos por motivo trabalho/estudo.

A variável Disponibilidade de Transporte Coletivo apresenta sinal negativo para o modo a pé, indicando que uma maior disponibilidade de ônibus para ir ao trabalho ou centros de estudo faz com que os indivíduos prefiram usar modos motorizados a caminhar. Observa-se que o Comprimento Médio das Quadras está positivamente associado à utilidade do modo a pé no Centro. Vias longas favorecem a opção pelo modo a pé, contrário ao esperado.

Como mencionado anteriormente, espera-se que o Padrão do Sistema Viário apresente sinal positivo na utilidade do modo a pé. Um aumento no número de interseções de quatro vias, aumenta a conectividade entre origem e destino, e, portanto favorece a escolha do modo a pé. Isto se verifica no Centro, onde esta variável apresenta sinal positivo na utilidade do modo a pé.

A variável Estacionamento Tarifado em Área Pública está negativamente associada à utilidade do modo a pé para o Centro. Isto indica que, embora o estacionamento em área pública esteja tarifado, as pessoas preferem igualmente se deslocar ao trabalho ou local de estudo utilizando modos motorizados em vez de caminhar. O estacionamento tarifado é normalmente instalado em regiões com grande demanda. A maior disponibilidade de vagas estimula o modo motorizado.

Por último, a variável Uso do Solo está negativamente associada à utilidade do modo a pé para a área do Centro. Uso do Solo comercial diminui a probabilidade de escolha pelo modo a pé. Este resultado é contrário ao esperado. Espera-se que a concentração de comércios e serviços na área aumente as oportunidades de emprego e estudo em distâncias curtas, favorecendo a utilização do modo a pé. Talvez a forma como a variável foi definida não seja efetiva para representar o fenômeno, outras alternativas de formulação de variáveis representativas do uso do solo devem ser testadas em futuros trabalhos.

6.1.2 Modelos estimados para viagens com motivo não trabalho/estudo

Os melhores resultados da estimação dos modelos logit binomial, considerando as alternativas modo a pé e transporte motorizado, para a área Petrópolis são apresentados na Tabela 11 e para área Centro Tabela 12.

Tabela 11 - Resultados do modelo: Petrópolis – Motivo não trabalho/estudo

Variável	Coefficiente	Erro Std.	Estatística t
Renda	0,0004	0,0001	8,0649
Distância	-0,0024	0,0001	-21,5891
Idade	0,0104	0,0029	3,5771
Constante	8,0982	0,7554	10,7208
Disponibilidade automóvel	-0,8676	0,1518	-5,7134
Comprimento médio quadras	0,0336	0,0028	12,0093
Padrão sistema viário	8,2432	0,6060	13,6036

Casos válidos: 2711

Distribuição modal

Modo a pé 896 (33.1%)

Modo motorizado 1815 (66.9%)

Rho quadrado ajustado: 0,3713

Tabela 12 - Resultados do modelo: Centro – Motivo não trabalho/estudo

Variável	Coefficiente	Erro Std.	Estatística t
Renda	0,0004	0,0001	5,9406
Distância	-0,0033	0,0001	-45,3253
Idade	-0,0239	0,0018	-13,0655
Constante	-3,1961	0,3910	-8,1744
Disponibilidade automóvel	-0,6544	0,0742	-8,8228
Disponibilidade transp.col	-0,1958	0,0214	-9,1270
Comprimento médio quadras	0,0173	0,0026	6,7848
Estac. tarifado área púb.	0,6768	0,0698	9,6900

Casos válidos: 9239

Distribuição modal

Modo a pé 6969 (75.4%)

Modo motorizado 2270 (24.6%)

Rho quadrado ajustado: 0,4803

Como pode se observar nas tabelas anteriores, as variáveis consideradas para os deslocamentos com motivo trabalho/estudo para o Centro e Petrópolis são significativas. Isto é devido ao processo de estimação dos modelos, no qual as variáveis não significativas foram excluídas e o modelo estimado novamente. Os valores de t obtidos são maiores que o crítico. Os valores de ρ^2 apresentam bons ajustes: 0,37 no Centro e 0,48 em Petrópolis. Assim como é mencionado na literatura, valores entre 0,2 e 0,4 podem ser considerados muito bons ajustes (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2001).

A formulação da função utilidade par os modos motorizados e a pé para Petrópolis é apresentada a seguir (equação 11):

$$\begin{aligned} V_{pé} &= 0,0004 * R - 0,0024 * d + 0,0104 * I - 0,8676 * Da + 0,0336 * Cq + 8,2432 * Psv \\ V_{mot} &= 8,0982 \end{aligned} \quad (11)$$

onde:

R = Renda;

d = Distância;

I = Idade;

Da = Disponibilidade de Automóvel;

Cq = Comprimento Médio da Quadra;

Psv = Padrão do Sistema Viário.

A formulação da função utilidade par os modos motorizados e a pé para o Centro é apresentada a seguir (equação 12):

$$\begin{aligned} V_{pé} &= 0,0004 * R - 0,0033 * d - 0,0239 * I - 0,6544 * Da - 0,1958 * Dtc + 0,0173 * Cq + 0,6768 * E \\ V_{mot} &= -3,1961 \end{aligned} \quad (12)$$

onde:

R = Renda;

d = Distância;

l=Idade;

Da = Disponibilidade de Automóvel;

Dtc= Disponibilidade de Transporte Coletivo;

Cq = Comprimento Médio da Quadra;

E=Estacionamento Tarifado em Área Pública.

Para analisar os sinais esperados e obtidos utiliza-se a Tabela 13, onde se exibem os coeficientes estimados para as duas áreas: Petrópolis e Centro nas viagens por motivo não trabalho/estudo.

Tabela 13 - Resumo de coeficientes estimados -Viagens não trabalho/estudo

Variáveis	Petrópolis		Centro	
	A pé	Motorizado	A pé	Motorizado
Constante		8,0982		-3,1961
Renda	0,0004		0,0004	
Idade	0,0104		-0,0239	
Distância	-0,0024		-0,0033	
Disponibilidade automóvel	-0,8676		-0,6544	
Disponibilidade transporte coletivo			-0,1958	
Comprimento médio das quadras	0,0336		0,0173	
Padrão sistema viário	8,2432			
Estacionamento tarifado área púb.			0,6768	

Analisando a área Petrópolis observa-se que a constante específica para o modo motorizado é positiva. Esta constante indica uma forte inclinação a favor do modo motorizado para realizar viagens com motivos recreacionais, assuntos pessoais, compras, etc.

A Renda está positivamente associada à utilidade do modo a pé. Residentes de Petrópolis que possuem renda mais alta apresentam uma tendência a utilizar o modo a pé sobre o modo motorizado para realizar viagens por motivos diferentes ao trabalho ou estudo. Isto marca uma diferença na escolha de modo em relação ao motivo da viagem. Enquanto para as viagens por trabalho ou estudo os residentes de Petrópolis de renda mais alta preferiam utilizar o modo motorizado, para viagens por outros motivos preferem utilizar o modo a pé. Isto pode estar associado a uma maior disponibilidade de tempo para realizar estas atividades ou aos benefícios inerentes à caminhada.

O coeficiente da variável Idade apresenta sinal positivo. Em Petrópolis, o aumento da faixa etária leva a um aumento no número de viagens não motorizadas por motivos recreacionais, assuntos pessoais, compras, etc. Isto evidencia uma mudança no comportamento dos residentes de Petrópolis em função do motivo da viagem. Enquanto para viagens por trabalho ou estudo, um aumento na Idade mostrava um aumento na probabilidade de escolha do modo motorizado, para motivos recreacionais, assuntos pessoais, etc o efeito é inverso. Provavelmente esteja associado aos benefícios fornecidos pela caminhada e a uma falta de disponibilidade de linhas de ônibus em algumas zonas.

Verifica-se que a Distância apresenta sinal negativo para o modo a pé. Viagens mais longas diminuem a probabilidade de escolha do modo a pé, coincidindo com o esperado. Da mesma forma, a Disponibilidade de Automóvel também apresenta sinal negativo na utilidade do modo a pé, coincidindo com o esperado. Na medida em que aumenta a Disponibilidade de Automóvel diminui a tendência dos indivíduos escolher à caminhada para realizar seus deslocamentos por motivos recreacionais, compras, saúde, assuntos pessoais, etc.

Observa-se que o Comprimento Médio das Quadras está positivamente associado à utilidade do modo a pé. Portanto, segundo interpretação dos coeficientes do modelo, vias longas favorecem a opção pelo modo a pé. Isto é contrário com os resultados obtidos em outras pesquisas. Provavelmente a topografia do terreno influencie a escolha de modo e seja necessário incluir variáveis que indiquem o padrão do perfil vertical do bairro.

O coeficiente estimado para a variável Padrão do Sistema Viário é positivo na utilidade do modo a pé. Um aumento no número de interseções de quatro vias, aumenta a conectividade entre origem e destino, e, portanto favorece a escolha do modo a pé. O resultado obtido coincide com o esperado.

Analisando a área Centro observa-se que a constante específica para o modo motorizado é negativa. Isto mostra que nessa área existe uma predisposição a

caminhar para realizar para realizar viagens com motivos recreacionais, assuntos pessoais, compras, etc. A constante modal também era negativa para viagens com motivo trabalho/estudo. Isto mostra que os residentes do Centro estão predispostos a utilizar o modo a pé, independentemente do motivo da viagem

A Renda está positivamente associada à utilidade do modo a pé. Da mesma forma que para as viagens por motivo trabalho ou estudo, os residentes do Centro que possuem renda mais alta apresentam uma tendência a utilizar o modo a pé sobre o modo motorizado.

O coeficiente da variável Idade apresenta sinal negativo, manifestando que um aumento na idade dos residentes diminui a probabilidade de opção pela caminhada. Isto pode estar associado a uma percepção de insegurança, condições inadequadas para efetuar as caminhada e disponibilidade maior de ônibus.

Verifica-se que a Distância apresenta sinal negativo. Viagens mais longas diminuem a probabilidade de escolha do modo a pé. Este resultado foi obtido em ambas as áreas e para todos os motivos de viagem, coincidindo com o esperado.

Da mesma forma, a Disponibilidade de Automóvel também apresenta sinal negativo na utilidade do modo a pé, coincidindo com o esperado. Na medida em que aumenta a Disponibilidade de Automóvel diminui a tendência dos indivíduos escolher à caminhada para realizar seus deslocamentos por motivos recreacionais, compras, saúde, assuntos pessoais, etc.

A variável Disponibilidade de Transporte Coletivo apresenta sinal negativo na utilidade do modo a pé, indicando que uma maior disponibilidade de ônibus para realizar as atividades aumenta a probabilidade dos residentes do Centro escolherem os modos motorizados em vez de caminhar.

Observa-se que o Comprimento Médio das Quadras está positivamente associado à utilidade do modo a pé. Vias longas aumentam a probabilidade de optar pelo modo a pé, contrário ao esperado. O mesmo resultado foi obtido para as viagens por motivo trabalho ou estudo com origem no Centro. A Figura 34 do

Apêndice A mostra que a maioria dos setores censitários do Centro apresentam valores de Comprimento Médio das Quadras compreendidos entre 100 e 150 metros. Talvez o resultado obtido reflita variações muito pequenas da variável. Isto é, observando que existe certa homogeneidade no Comprimento Médio das Quadras dos diferentes setores, é possível que o aumento na probabilidade de escolha do modo a pé se deva a um pequeno aumento no Comprimento Médio das Quadras. Estudos mais detalhados desta variável devem ser realizados em futuros trabalhos.

A variável Estacionamento Tarifado em Área Pública está positivamente associada à utilidade do modo a pé para o bairro Centro. Isto mostra uma diferença de comportamento no momento da escolha modal segundo os motivos de viagens. Se nas áreas públicas disponíveis o estacionamento é tarifado, os residentes do Centro são propensos a caminhar para realizar compras, resolver assuntos pessoais e demais do que utilizar modos motorizados.

6.2 CÁLCULO DE ELASTICIDADES

A fim de poder comparar os impactos das diferentes variáveis na probabilidade de escolha do modo a pé procedeu-se ao cálculo da elasticidade da probabilidade de escolha do modo a pé com relação a cada uma das variáveis. A elasticidade pontual direta de um modelo logit multinomial com relação a um atributo X_{ikq} indica qual é a mudança percentual na probabilidade de escolher a opção A_i em função de uma mudança marginal no valor do atributo k-ésimo da utilidade de A_i , para o indivíduo q. Esta elasticidade se expressa através da seguinte expressão (equação 13) (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2001) :

$$E_{P_{iq} X_{ikq}} = \frac{\partial P_{iq}}{\partial X_{ikq}} \cdot \frac{X_{ikq}}{P_{iq}} = \theta_{ik} \cdot X_{ikq} \cdot (1 - P_{iq}) \quad (13)$$

sendo:

θ_{ik} o valor do coeficiente do atributo;

X_{ikq} na função utilidade da opção A_i .

Uma vez calculada a elasticidade pontual para cada indivíduo é necessário agregar os dados para obter a elasticidade agregada. Para isto, utiliza-se a técnica de enumeração amostral (*sample enumeration*) (equação 14)

$$E_{P_q X_{ik}} = \frac{\sum_j P_{ij} \cdot E_{P_{ij} X_{ikj}}}{\sum_j P_{ij}} \quad (14)$$

onde j é um índice que cobre todos os indivíduos da amostra.

6.2.1 Viagens motivo trabalho/estudo

A Tabela 14 sintetiza os valores de elasticidade da probabilidade de escolha do modo a pé com relação a cada uma das variáveis calculados para as viagens com motivo trabalho/estudo originados nas áreas Centro e Petrópolis.

Tabela 14 - Elasticidades estimadas: Viagens trabalho/estudo

Motivo: Trabalho/estudo		
	Petrópolis	Centro
Variáveis independentes	Elasticidade	
Renda	-1,92	0,07
Idade	-0,49	-
Distância	-0,99	-0,49
Disponibilidade de automóvel	-0,42	-0,08
Disponibilidade de transporte coletivo	-	-0,22
Comprimento médio das vias	-1,21	0,16
Padrão sistema viário	-0,45	0,12
Estacionamento tarifado em área pública	-	-0,03
Uso do solo	-	-0,01

No modelo estimado para a região Petrópolis, a variável Renda apresenta uma elasticidade da probabilidade de escolha do modo a pé de -1,92. Isto significa que para uma mudança de 1% na renda dos residentes de Petrópolis, a mudança na

probabilidade de escolher o modo a pé é de 1,92. O sinal da elasticidade indica o sentido da mudança, o qual foi analisado no item anterior. Neste caso, um aumento na Renda implica uma diminuição na escolha do modo. Pode observar-se que, para as condições modeladas, as variáveis que causam uma maior mudança na probabilidade de escolha do modo a pé são Renda, Comprimento Médio das Quadras e Distância.

A elasticidade do Comprimento Médio das Quadras é $-1,21$, indicando que um aumento de 1% no Comprimento Médio das Quadras, reduz em 1,21% a probabilidade de escolha do modo a pé. Por outro lado, a elasticidade da Distância é $-0,99$. Neste caso, um aumento de 1% na Distância, diminui em 0,99 % a probabilidade de escolher este modo.

Enquanto uma variação percentual unitária na Renda, Comprimento Médio de Quadras e Distância varia a probabilidade de escolha do modo a pé nos valores mencionados, no caso das outras variáveis intervenientes (Idade, Disponibilidade de Automóvel e Padrão do Sistema Viário) esta variação é de entre 0,4% e 0,5%. Estes valores não são desprezíveis, já que influenciam a escolha do modo, mas seu impacto é menor.

Pode-se afirmar que em Petrópolis, para as viagens menores que 2km por motivo trabalho/estudo, as variáveis que exercem uma maior influência na decisão de caminhar são Renda, Comprimento Médio das Quadras e Distância. Isto significa que nesta área, o poder econômico dos residentes, o comprimento das quadras que compõem a malha viária da área e o comprimento da viagem são atributos importantes na escolha modal.

Analisando os valores de elasticidade obtidos para a área do Centro, pode observar-se que as variáveis que apresentam um maior valor de elasticidade em termos absolutos são Distância, Disponibilidade de Transporte Coletivo, Comprimento Médio das Quadras e Padrão do Sistema Viário. A mudança de uma unidade percentual em cada uma destas variáveis produz uma variação de 0,49%; 0,22%; 0,16% e 0,12% na probabilidade de escolha do modo a pé. Um aumento nas variáveis Distância e Disponibilidade de Transporte Coletivo provoca uma diminuição

na probabilidade de escolha do modo, enquanto as outras variáveis provocam o efeito contrário.

As demais variáveis intervenientes no modelo para o Centro são Renda, Disponibilidade de Automóvel, Estacionamento Tarifado em Área Pública e Uso do Solo. Os valores de elasticidade em termos absolutos são menores que 0,1%.

Os resultados obtidos para o Centro permitem asseverar, que neste modelo, nas viagens menores que 2km por motivo trabalho/estudo com origem nesta área, as variáveis que exercem uma maior influência na decisão de caminhar são a Distância e a Disponibilidade de Transporte Coletivo respectivamente. Isto significa que os residentes do Centro são influenciados primeiramente pelo comprimento da viagem na hora de optar por um modo de transporte, e em segundo lugar pela facilidade de acesso ao transporte coletivo.

6.2.2. Viagens motivo não trabalho/estudo

A Tabela 15 resume os valores de elasticidade da probabilidade de escolha do modo a pé referente a cada uma das variáveis calculados para as viagens com motivo não trabalho/estudo originados nas áreas Centro e Petrópolis:

Tabela 15 - Elasticidades estimadas: Viagens não trabalho/estudo

Motivo: Não trabalho/estudo		
	Petrópolis	Centro
Variáveis independentes	Elasticidade	
Renda	0,74	0,11
Idade	0,18	-0,17
Distância	-0,87	-0,45
Disponibilidade de automóvel	-0,17	-0,03
Disponibilidade de transporte coletivo	-	-0,17
Comprimento médio das vias	2,18	0,30
Padrão sistema viário	1,20	-
Estacionamento tarifado em área pública	-	0,06

Em Petrópolis, a variável que apresenta um maior valor absoluto de elasticidade é o Comprimento Médio das Quadras. O valor é 2,18, indicando que uma aumento de 1% no Comprimento Médio das Quadras provoca um aumento de 2,18% na probabilidade de escolha do modo a pé. O Padrão do Sistema Viário também apresenta um valor elevado, 1,20. Para uma variação marginal nesta variável, a probabilidade de escolha varia em 1,20%. Portanto esta variável tem uma influencia menor na escolha do modo.

A elasticidade da Distância é $-0,87$, e da Renda $0,74$ portanto um aumento percentual unitário nestas variáveis produz uma redução de 0,87% e aumento de 0,74% respectivamente na probabilidade de escolha do modo a pé.

Por último, as variáveis Idade e Disponibilidade de Automóvel exibem os valores de elasticidade menores em termos absolutos. Seus valores são 0,18 e -0,17, manifestando que um aumento marginal em cada variável provoca um aumento no primeiro caso e redução no segundo da probabilidade de escolha do modo a pé.

Pode-se afirmar que em Petrópolis, para as viagens menores que 2km por motivo não trabalho/estudo, as variáveis que exercem uma maior influência na decisão de caminhar são o Comprimento Médio das Quadras, o Padrão do Sistema Viário, a Distância e a Renda. Isto significa que nesta área, a configuração viária é um atributo importante na escolha modal. Embora a Distância e a Renda tenham uma influência significativa, o impacto delas na tomada de decisão é menor.

Analisando os valores de elasticidade obtidos para a área do Centro, observa-se que as variáveis que apresentam um maior valor de elasticidade em termos absolutos são Distância, Comprimento Médio das Quadras, Disponibilidade de Transporte Coletivo, e Idade. A mudança de uma unidade percentual em cada uma destas variáveis produz uma variação de 0,45%; 0,30%; 0,17% e 0,17% respectivamente na probabilidade de escolha do modo a pé. Um aumento na Distância provoca uma diminuição na probabilidade de escolha do modo, enquanto as outras variáveis provocam o efeito contrário.

As demais variáveis intervenientes no modelo para o Centro são Renda, Disponibilidade de Automóvel e Estacionamento Tarifado em Área Pública. Os valores de elasticidade em termos absolutos variam entre 0 e 0,11.

Os resultados obtidos para o Centro permitem afirmar com certeza e segurança, que nas viagens menores que 2km por motivo não trabalho/estudo com origem nesta área, as variáveis que exercem uma maior influência na decisão de caminhar são a Distância e o Comprimento Médio das Quadras respectivamente. Isto significa que os residentes do Centro são influenciados primeiramente pelo comprimento da viagem na hora de optar por um modo de transporte, e em segundo lugar pelo comprimento das quadras que compõem a área.

6.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade permite avaliar o modelo conforme a variação dos atributos. Neste trabalho foi avaliada a sensibilidade da escolha do modo a pé conforme a variação dos valores de algumas variáveis explicativas. Foram selecionadas para a análise as variáveis que apresentaram maiores valores de elasticidade no item anterior, para cada uma das áreas estudadas e categoria de viagem. Foi estimada a probabilidade de escolha do modo a pé para cada modelo, alterando o valor da variável explicativa analisada entre os valores mínimos e máximos encontrados para a área de estudo. As outras variáveis foram consideradas em seus valores médios.

6.3.1 Sensibilidade dos modelos para as viagens com motivo trabalho/estudo

As Figuras 13, 14 e 15 exibem a variação da probabilidade de escolha do modo a pé, para as viagens menores que 2 km por motivo trabalho ou estudo com origem em Petrópolis, em função da Renda, Comprimento Médio das Quadras e Distância.

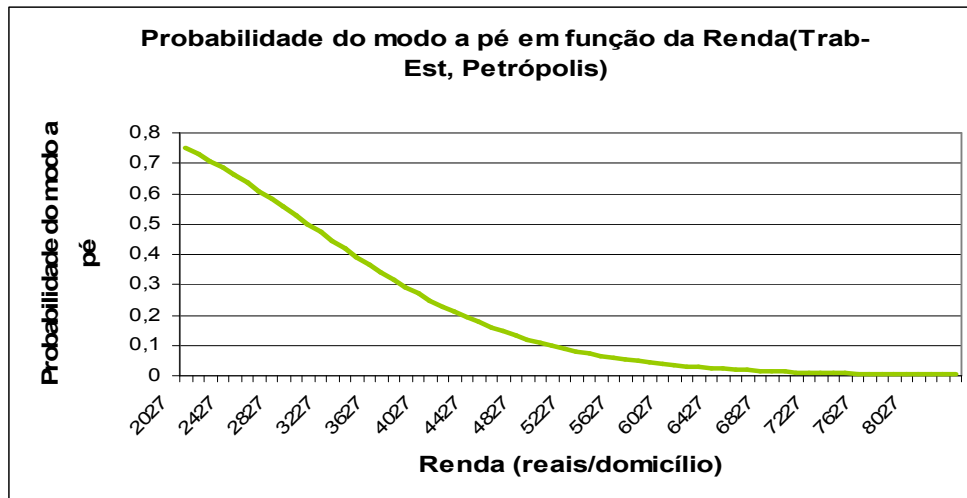


Figura 13 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Renda: Viagens Trabalho/Estudo, Petrópolis

A Figura 13 mostra que a probabilidade de opção pelo modo a pé é influenciada por variações na Renda dos residentes de Petrópolis. Como observado no modelo estimado, verifica-se que um aumento na Renda dos residentes provoca uma diminuição na probabilidade de escolha do modo a pé. Na análise, a Renda variou entre 2.027 reais, valor mínimo na área, e 8.322 reais, valor máximo. As demais variáveis foram consideradas em seus valores médios (Tabela 5, Capítulo 5). No intervalo de variação considerado, observa-se que a probabilidade de escolha do modo a pé diminuiu 75 pontos percentuais.

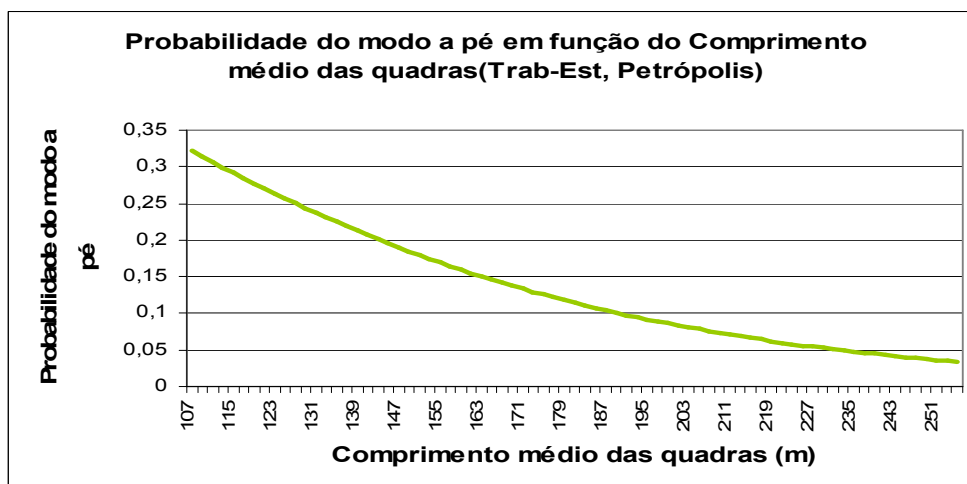


Figura 14 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função do Comprimento Médio das Quadras: Viagens Trabalho/Estudo, Petrópolis

A Figura 14 mostra que a probabilidade de opção pelo modo a pé para as viagens originadas em Petrópolis também é influenciada por variações no Comprimento Médio das Quadras. Quadras longas favorecem a escolha de modos motorizados, diminuindo a probabilidade de optar pelo modo a pé. No cálculo da probabilidade, o Comprimento Médio das Quadras variou entre seu valor mínimo na área, 107 metros, e seu valor máximo, 255 metros. Observa-se que para esta variação, a probabilidade de escolha do modo a pé diminui 29 pontos percentuais.

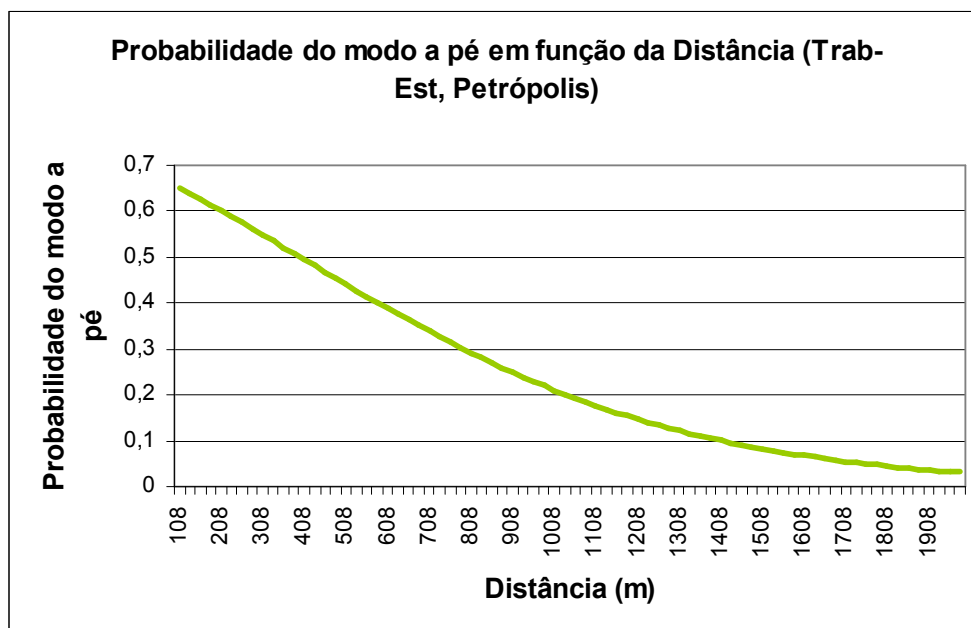


Figura 15 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Distância: Viagens Trabalho/Estudo, Petrópolis

Analisando a Figura 15 pode observar-se que a probabilidade de opção pelo modo a pé é influenciada por variações na Distância da viagem. Como observado no modelo estimado, verifica-se que um aumento na Distância provoca uma diminuição na probabilidade de escolha do modo a pé. O presente trabalho considera as viagens menores que 2km realizadas pelos diferentes modais, portanto o intervalo de variação considerado na análise de sensibilidade foi entre 0 e 2000 metros. As demais variáveis foram consideradas em seus valores médios. No intervalo de variação considerado, observa-se que a probabilidade de escolha do modo a pé diminui 67%.

A análise de sensibilidade mostrou que, para os intervalos de variação considerados, o modelo é mais sensível a alterações da Renda e da Distância do que a alterações no Comprimento Médio das Quadras.

A seguir se apresenta a análise de sensibilidade para as viagens por motivo trabalho ou estudo originadas no Centro. As Figuras 16 e 17 mostram a variação da probabilidade de escolha do modo a pé em função da Distância e Disponibilidade de Transporte Coletivo.

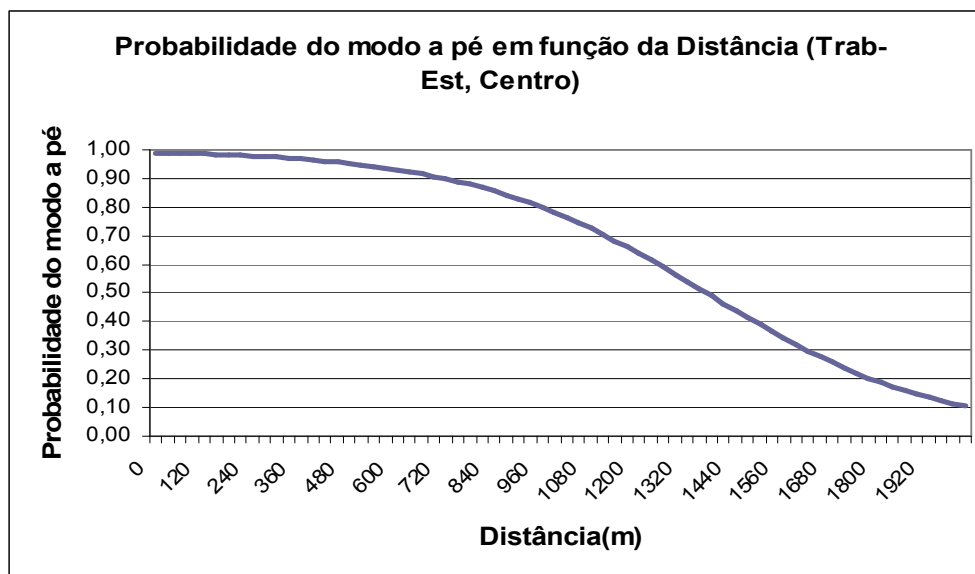


Figura 16 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Distância: Viagens Trabalho/Estudo, Centro

A Figura 16 mostra que a probabilidade de opção pelo modo a pé para as viagens originadas no Centro é influenciada por variações na Distância da viagem. Como mostra o modelo estimado na seção 6.1.1 do presente capítulo, viagens mais longas diminuem a probabilidade de escolha do modo a pé. Na análise de sensibilidade, a Distância variou no intervalo de 0 a 2000 metros. Observa-se que para esta variação, a probabilidade de escolha do modo a pé diminuiu 88 %.

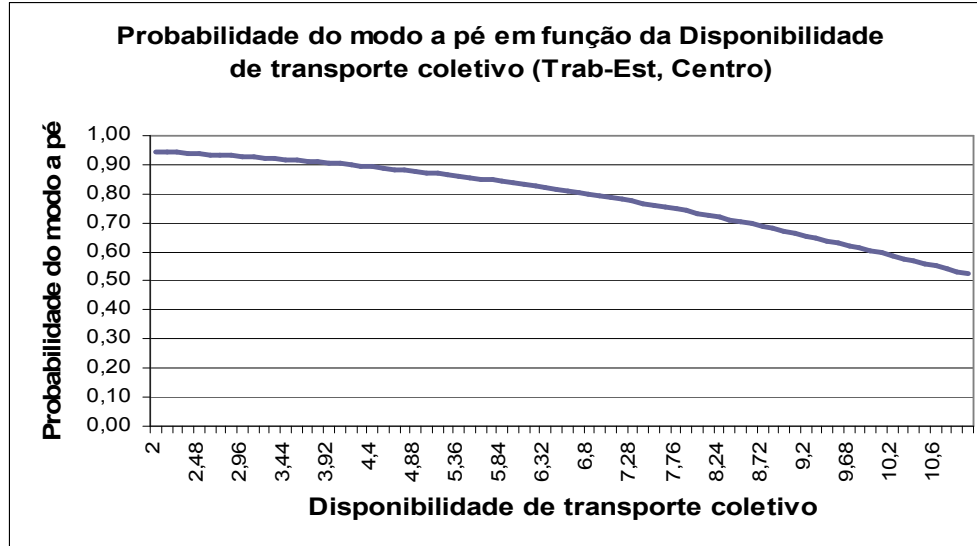


Figura 17 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Disponibilidade de Transporte Coletivo: Viagens Trabalho/Estudo, Centro

A Figura 17 indica que a probabilidade de opção pelo modo a pé, para as viagens por motivo trabalho ou estudo originadas no Centro, também é sensível a variações na Disponibilidade de Transporte Coletivo. Verifica-se que uma maior disponibilidade de ônibus para ir ao trabalho ou centros de estudo. Observa-se que quando a Disponibilidade de Transporte Coletivo varia no intervalo entre 3,15 (valor mínimo na área) e 10,05 (valor máximo) a probabilidade de escolha do modo a pé diminui 33 pontos percentuais.

A análise de sensibilidade mostrou que, para os intervalos de variação considerados, o modelo é mais sensível a alterações na Distância do que a alterações na Disponibilidade de Transporte Coletivo.

6.3.1. Sensibilidade dos modelos para as viagens com motivo não trabalho/estudo

As Figuras 18, 19, 20.e 21 exibem a variação da probabilidade de escolha do modo a pé, para as viagens menores que 2 km por motivo diferente a trabalho ou estudo com origem em Petrópolis, em função do Comprimento Médio das Quadras, Padrão do Sistema Viário, Distância e Renda.

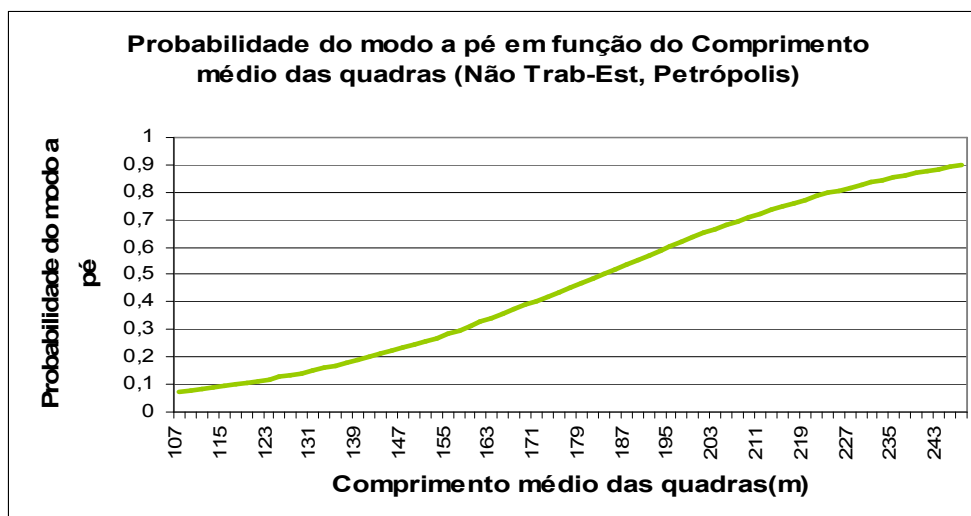


Figura 18 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função do Comprimento Médio das Quadras: Viagens Não Trabalho/Estudo, Petrópolis

A Figura 18 mostra que a probabilidade de opção pelo modo a pé para as viagens originadas em Petrópolis é influenciada por variações no Comprimento Médio das Quadras. Diferentemente das viagens por motivo trabalho ou estudo, neste tipo de viagens as quadras longas favorecem a opção pelo modo a pé. No cálculo da probabilidade, o Comprimento Médio das Quadras variou entre seu valor mínimo na área, 107 metros, e seu valor máximo, 255 metros. Observa-se que para esta variação, a probabilidade de escolha do modo a pé aumenta 85 pontos percentuais.

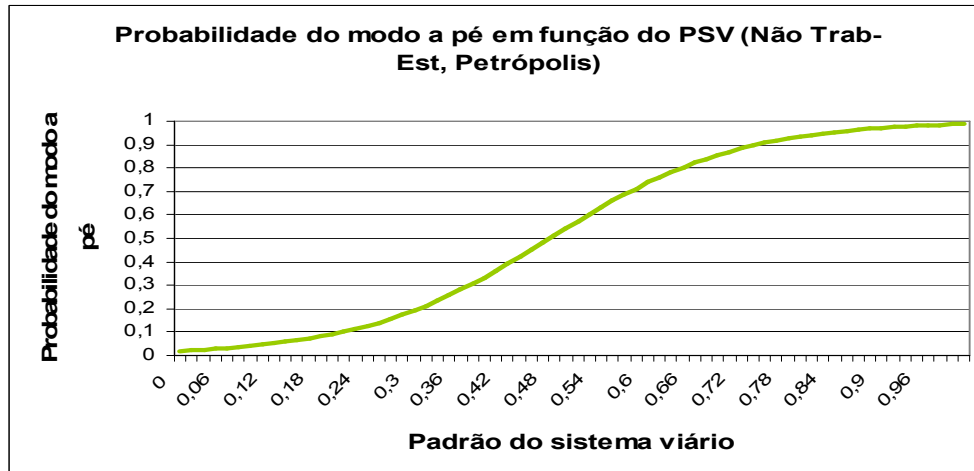


Figura 19 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função do Padrão do Sistema Viário: Viagens Não Trabalho/Estudo, Petrópolis

Analisando a Figura 19 pode observar-se que a probabilidade de opção pelo modo a pé é influenciada por variações no Padrão do Sistema Viário (número de interseções de quatro vias /número de interseções totais). Como observado no modelo estimado para as viagens por motivos diferentes a trabalho ou estudo, verifica-se que um aumento no Padrão do Sistema Viário provoca um aumento na probabilidade de escolha do modo a pé. Um aumento no número de interseções de quatro vias, aumenta a conectividade entre origem e destino, e, portanto favorece a escolha do modo a pé. Para variações do PSV entre 0 e 1 observa-se que a probabilidade de escolha do modo a pé aumenta 97%.

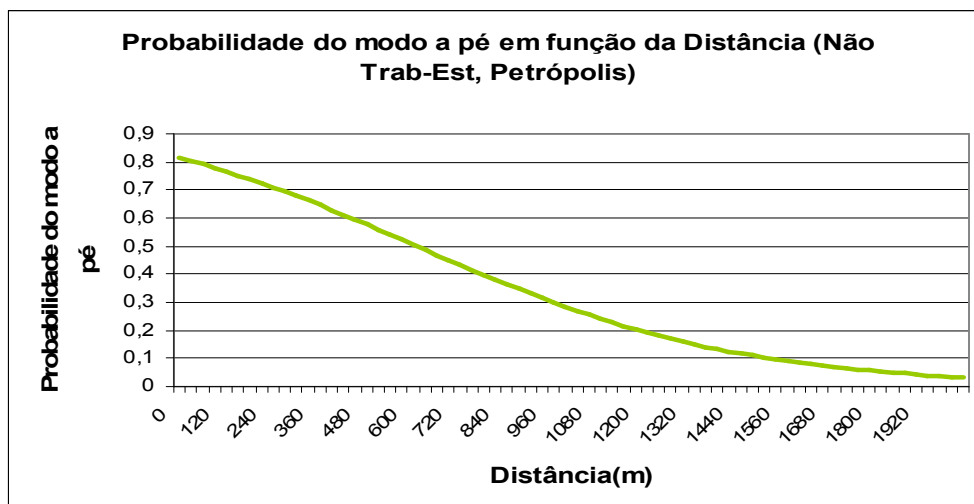


Figura 20 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Distância: Viagens Não Trabalho/Estudo, Petrópolis

A Figura 20 indica que a probabilidade de opção pelo modo a pé para as viagens originadas no Centro é influenciada por variações na Distância da viagem. Como mostra o modelo estimado na seção 6.1.2 do presente capítulo, viagens mais longas diminuem a probabilidade de escolha do modo a pé. Na análise de sensibilidade, a Distância variou no intervalo de 0 a 2000 metros. Observa-se que para esta variação, a probabilidade de escolha do modo a pé diminuiu 78 %.

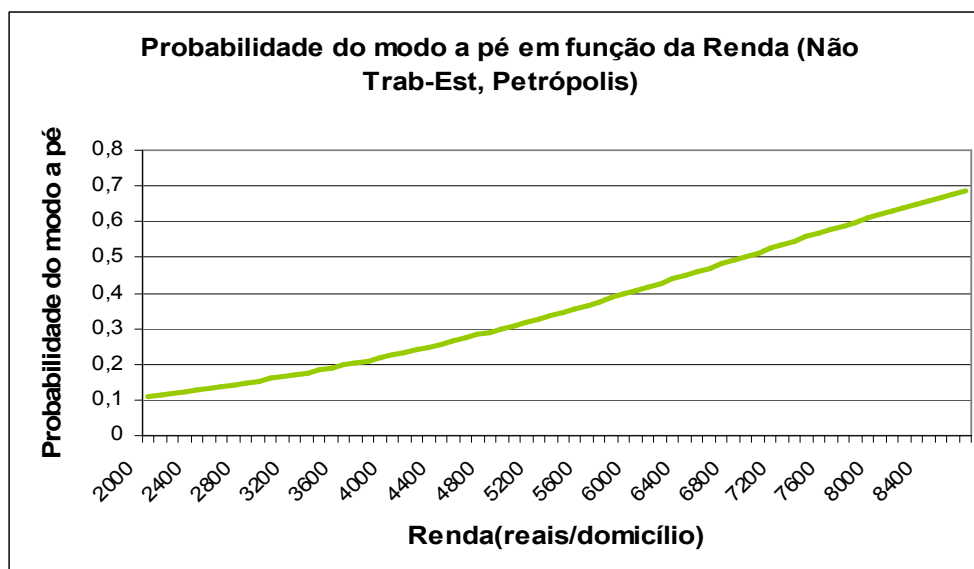


Figura 21 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Renda: Viagens Não Trabalho/Estudo, Petrópolis

A Figura 21 mostra que a probabilidade de opção pelo modo a pé é influenciada por variações na Renda dos residentes de Petrópolis. Verifica-se que um aumento na Renda dos residentes provoca aumento na probabilidade de escolha do modo a pé. Residentes de Petrópolis que possuem renda mais alta apresentam uma tendência a utilizar o modo a pé sobre o modo motorizado para realizar viagens por motivos diferentes ao trabalho ou estudo. Para variações da Renda no intervalo entre 2.027 reais, valor mínimo na área, e 8.322 reais, valor máximo, observa-se que a probabilidade de escolha do modo a pé aumenta 54 pontos percentuais.

A análise de sensibilidade mostrou que, para os intervalos de variação considerados, o modelo é mais sensível a alterações no Padrão do Sistema Viário e Comprimento Médio das Quadras do que às alterações na Distância e na Renda.

A seguir se apresenta análise de sensibilidade para as viagens por motivo diferente a trabalho ou estudo originadas no Centro. As Figuras 22 e 23 mostram a variação da probabilidade de escolha do modo a pé, para as viagens menores que 2 km por motivo diferente a trabalho ou estudo, em função da Distância e Comprimento Médio das Quadras.

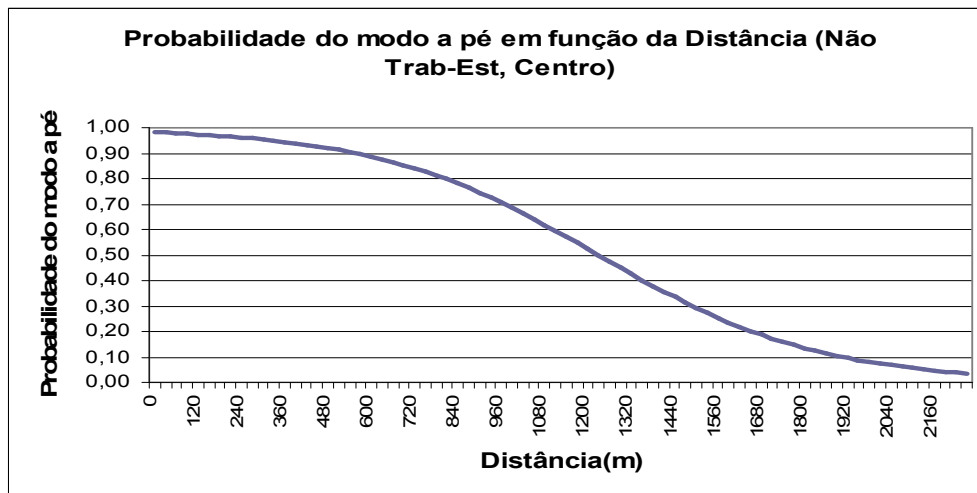


Figura 22 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função da Distância: Viagens Não Trabalho/Estudo, Centro

A Figura 22 mostra que a probabilidade de opção pelo modo a pé para as viagens originadas no Centro é influenciada por variações na Distância da viagem. Viagens mais longas diminuem a probabilidade de escolha do modo a pé. Na análise de sensibilidade, a Distância variou no intervalo de 0 a 2000 metros. Observa-se que para esta variação, a probabilidade de escolha do modo a pé diminuiu 91 %.

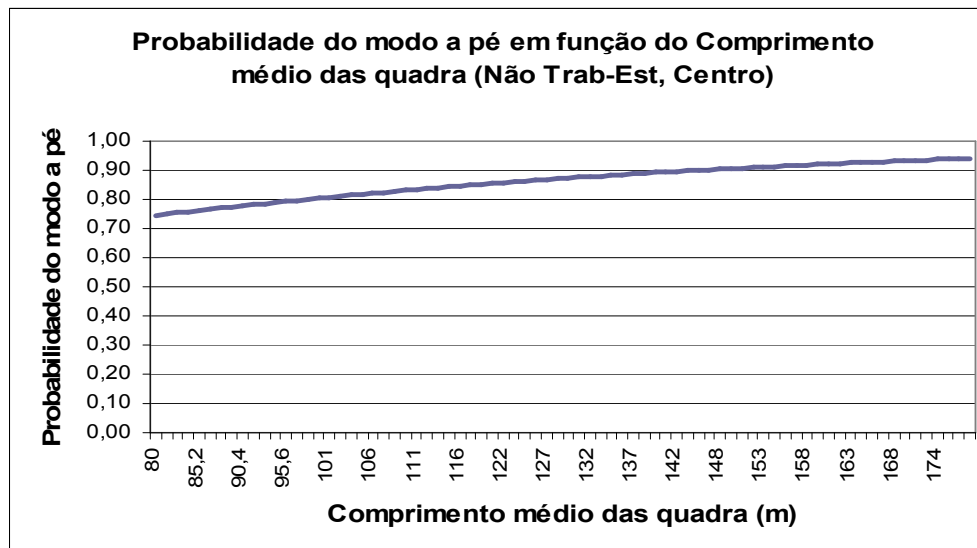


Figura 23 - Probabilidade de escolha do modo a pé em função do Comprimento Médio das Quadras: Viagens Não Trabalho/Estudo, Centro

A Figura 23 indica que a probabilidade de opção pelo modo a pé para as viagens originadas no Centro é sensível a variações no Comprimento Médio das Quadras. Igualmente aos resultados obtidos para as viagens por motivo trabalho ou estudo, neste tipo de viagens as quadras longas aumentam a probabilidade de opção pelo modo a pé. Para variações no Comprimento Médio das Quadras entre seu valor mínimo na área, 107 metros, e seu valor máximo, 255 metros, observa-se que a probabilidade de escolha do modo a pé aumenta 16%.

A análise de sensibilidade mostrou que, para os intervalos de variação considerados, o modelo é mais sensível a alterações na Distância do que a alterações no Comprimento Médio das Quadras.

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou a estimação de modelos de escolha modal para as áreas Centro e Petrópolis. Foram estimados modelos logit binomiais para as viagens menores que 2 km para as duas categorias de viagens: motivo trabalho ou estudo e viagens por outros motivos, diferente de trabalho ou estudo. Esta última

inclui viagens por motivos recreacionais, compras, saúde, assuntos pessoais e outros. Os modais alternativos considerados na análise de escolha modal são o motorizado e a pé. Nestas áreas, o banco de dados não registrou viagens por bicicleta, portanto as viagens não motorizadas correspondem unicamente a viagens a pé. Neste capítulo, foi apresentado o cálculo da elasticidade da probabilidade de escolha do modo a pé com relação a cada uma das variáveis e uma análise de sensibilidade da escolha do modo a pé.

O comportamento dos usuários na tomada de decisão apresentou características bastante complexas, sendo resultado da interação entre características do meio físico e características individuais dos pedestres. Os resultados obtidos mostram que a escolha do modo a pé é influenciada por características sócio-econômicas dos residentes, características das viagens e da forma urbana.

O próximo e último capítulo traz as conclusões do trabalho e sugestões para continuidade e aperfeiçoamento desta linha de pesquisa.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para mudar o cenário que hoje se apresenta em várias cidades são necessárias medidas e ações, estabelecidas a partir de um novo modelo de desenvolvimento urbano e de transportes, que sejam capazes de promover a equidade social e a preservação do meio-ambiente. O planejamento nas cidades deve proporcionar um acesso amplo e democrático ao espaço urbano, priorizando o transporte coletivo e não motorizado. Desta forma, é possível contribuir à melhoria da qualidade de vida e ambiental e inclusão social das pessoas que se encontram à margem das oportunidades de educação, saúde, emprego e capacitação profissional.

No presente trabalho procurou-se compreender os hábitos de viagens dos pedestres nos deslocamentos na cidade de Porto Alegre, buscando identificar os fatores que estejam associados à decisão de caminhar. O estudo foi realizado a partir de dados provenientes da pesquisa domiciliar realizada em Porto Alegre no ano 2003.

Primeiramente, estudou-se a distribuição de viagens a pé da cidade observando que a faixa etária predominante é de 1-40 anos. A maioria das viagens a pé tem curta distância, em 80% das viagens a distância é menor que 1 km e em 95% menor que 2 km, e os motivos predominantes são “trabalho” ou “escola”. Foi realizada análise das zonas que apresentam maior percentual de viagens a pé comparadas com o número total de viagens. Observaram-se zonas que apresentavam entre 55% e 40% do total de viagens pelo modo a pé. Zonas com maiores percentuais de viagens a pé estão localizadas no centro da cidade ou em zonas periféricas afastadas. De maneira geral, zonas com maior percentual de viagens a pé apresentam um índice de motorização abaixo da média da cidade, comprovando a existência de uma relação inversa entre índice de motorização e percentual de viagens a pé. Observou-se a existência de associação entre as variáveis estudadas (motivo da viagem, faixa etária, distância, tipo de carteira de

habilitação, número de automóveis no domicílio). A análise de resíduo ajustado permitiu constatar a dificuldade de encontrar um comportamento comum a todas as zonas em relação a algumas variáveis.

Considerando a dificuldade de encontrar um padrão comum para as zonas que apresentaram maiores percentuais de viagens a pé, conclui-se que o padrão das viagens realizadas a pé deve ser grandemente dependente da infra-estrutura da zona e dos serviços de transporte oferecidos. As decisões sobre o modo de viagem provavelmente dependam da infra-estrutura e dos serviços disponíveis, mesmo em zonas que apresentem localização geográfica e populações com características econômicas e índices de motorização semelhantes. Desta forma, análises mais detalhadas sobre o padrão de viagens nas diversas zonas da cidade devem ser realizadas individualmente.

A partir dos resultados obtidos sobre a distribuição das viagens a pé, foi realizada uma análise individual para algumas regiões que auxiliem na compreensão dos fatores intervenientes no comportamento do pedestre. Foram escolhidas duas regiões (ou áreas): “Centro” e “Petrópolis”. Estas áreas apresentam respectivamente os maiores e menores percentuais de deslocamentos a pé em relação aos deslocamentos totais originados em cada área.

Dado que 95 % das viagens a pé da cidade de Porto Alegre têm distâncias menores que 2km e que este trabalho busca analisar as viagens a pé, foram consideradas no estudo somente as viagens menores que 2km realizadas pelos diferentes modais. Desta forma, é possível determinar os fatores importantes na escolha do modo a pé. Os modais alternativos considerados na análise de escolha modal são o motorizado e a pé. As áreas consideradas não apresentam dados de viagens utilizando bicicleta, portanto as viagens não motorizadas correspondem unicamente a viagens a pé.

A seleção das variáveis que possuem inter-relação com a eleição do modo a pé foi baseada na literatura pesquisada e na disponibilidade de dados. O conjunto de variáveis explicativas para os modelos analisados considerou variáveis que caracterizam o domicílio (Disponibilidade de Automóvel, Renda por Domicílio), os

residentes (Idade), as viagens (Distância, Motivo), a forma urbana (Densidade de Domicílios, Densidade Populacional, Comprimento Médio das Quadras, Padrão do Sistema Viário, Uso do Solo, Estacionamento Tarifado em Área Pública), e a Disponibilidade de Transporte Coletivo na origem da viagem. Foram consideradas duas categorias de viagens: viagens por motivo trabalho/estudo e viagens por motivo não trabalho/estudo. Esta última inclui viagens por motivos recreacionais, compras, saúde, assuntos pessoais e outros.

A análise estatística da base de dados mostrou que o Centro é mais denso do que Petrópolis, apresenta maior diversidade de uso do solo, maior quantidade de vias públicas com estacionamento tarifado e padrão do sistema viário em forma de grelha. Adicionalmente, os residentes do Centro possuem menor nível de renda do que os residentes de Petrópolis e viajam distâncias mais curtas. Estes resultados confirmam os resultados encontrados por outros trabalhos, permitindo concluir que áreas densas, com uso do solo misto e padrão viário em forma de grelha estão associadas a um maior número de deslocamentos a pé.

A base de dados constituída pelas variáveis descritas foi utilizada para a estimação dos modelos de escolha modal para as áreas Centro e Petrópolis. A fim de determinar os fatores que influenciam a decisão de caminhar foram estimados modelos logit binomiais para as viagens menores que 2 km para as duas categorias de viagens: motivo trabalho/estudo e motivo não trabalho/estudo. Os resultados obtidos mostram que características sócio-econômicas dos residentes, características das viagens e da forma urbana influenciam a escolha do modo a pé. A comparação dos modelos estimados para cada área e cada categoria de viagens permitiu avaliar o efeito de cada variável na escolha modal.

A fim de poder comparar os impactos das diferentes variáveis na probabilidade de escolha do modo a pé procedeu-se ao cálculo da elasticidade da probabilidade de escolha do modo a pé com relação a cada uma das variáveis. Analisando os valores de elasticidade obtidos para as duas categorias de viagens originadas em Petrópolis e no Centro pode-se inferir que, nas viagens menores que 2km, a escolha de modo a pé em Petrópolis é baseada principalmente na distância

da viagem, na configuração física da rede viária e na renda do domicílio. No Centro, a distância têm um papel preponderante na decisão de caminhar.

De acordo aos resultados encontrados, a diminuição da distância de viagem, aproximando origens e destinos, incentivaria a escolha do modo a pé. Isto coincide com os resultados obtidos da estatística descritiva, mostrando que bairros mais compactos, com maiores oportunidades de emprego, atividades de lazer, e educação estão associadas a um alto número de deslocamentos a pé. Por outro lado, os resultados obtidos mostram que os fatores que influenciam a decisão de caminhar variam de acordo com as características físicas e sócio-econômicas do bairro. No bairro menos denso, com maior renda, e características viárias menos favoráveis para pedestres, a configuração viária influencia grandemente a escolha do modo. Os resultados obtidos dos modelos não permitem detalhar a influência da configuração viária na escolha do modo a pé. Estudos adicionais precisam ser desenvolvidos para entender melhor a influência da configuração viária na decisão de viajar a pé.

Para avaliar os resultados do modelo conforme a variação dos atributos foi realizada uma análise de sensibilidade da escolha do modo a pé. Foram selecionadas para a análise as variáveis que apresentaram maiores valores de elasticidade, para cada uma das áreas estudadas e categoria de viagem. A análise realizada evidenciou a sensibilidade do modelo frente a alterações das variáveis estudadas. O Centro mostrou ser mais sensível a variações na distância do que Petrópolis, indicando a importância desta variável na decisão de caminhar.

A investigação realizada neste trabalho fornece uma base para uma melhor compreensão do comportamento de pedestres na cidade de Porto Alegre. Os resultados obtidos servem de apoio para um planejamento mais adequado da mobilidade e acessibilidade dos pedestres.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a inclusão de outras variáveis que possam influenciar ainda mais a opção individual pelo modo a pé. Poderiam ser consideradas variáveis relacionadas ao padrão do perfil vertical do bairro, ao custo da viagem, à segurança do pedestre, e outras variáveis relacionadas

à qualidade do ambiente para caminhadas. Outra sugestão é analisar áreas da cidade que apresentem percentuais de deslocamentos a pé médios em relação aos deslocamentos totais originados na área. Isto poderia contribuir a uma melhor compreensão do problema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMÂNCIO, M.A. Relacionamento entre a forma urbana e as viagens a pé. **Dissertação de Mestrado**. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2005.

ANTP- Mobilidade e Cidadania (textos complementares). Pesquisa de origem e destino, o mais completo instrumento para levantar dados de demanda de viagens. Disponível em: <http://portal.antp.org.br/Mobilidade%20e%20Cidadania%20textos%20complementares/09%20-%20Pesquisa.pdf> . Acessado em 25 de fevereiro de 2007, 2003.

ANTP. Sistemas de Informações da Mobilidade Urbana. Disponível em: <http://www.antp.org.br/simob/Downloads/ANTP%20-%20Sistema%20de%20Informacoes.ppt>. Acessado em 13 de novembro de 2007, 2005.

ARRUDA, F. Integração dos Modos Não Motorizados nos Modelos de Planejamento dos Transportes. **Dissertação de Mestrado**. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2000.

-----; SANCHES, S. P. O Uso de Modelos de Escolha Discreta para Estimativa da Demanda de Viagens não-Motorizadas, **Anais do XIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, ANPET, Gramado, 2000.

BEN-AKIVA, M.; LERMAN, S. Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand, MIT Press, Cambridge, MA, 1985.

BLACK C.; COLLINS, A.; SNELL, M. Encouraging walking: the case of journey-to-school trip in compact urban areas. *Urban Studies* 38:(7), 1121–1141, 2001.

BLOMBERG, R.; JORDAN, G.; KILLINGSWORTH, R.; KONHEIM, C. Pedestrian Transportation: A Look Forward 2000. Serial: Transportation in the New Millennium Publisher: **Transportation Research Board** Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/millennium/00088.pdf>. Acessado em 12 de Janeiro de 2007, 2000.

BOARNET, M. G., AND S. SARMIENTO. Can land-use policy really affect travel behavior? A study of the link between non-work travel and land-use characteristics. *Urban Studies* 35 (7): 1155- 69, 1998.

Brasil. Ministério das Cidades. Mobilidade urbana: **Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável**. Brasília. 67 p. (Cadernos MCidades, 6), 2004.

CALIPER CORPORATION TransCAD-Transportation GIS Software User's Guide, Version 4.5 for Windows, 2001.

CAMBRIDGE SYSTEMATICS, INC. *Short-Term Travel Model Improvements*, Travel Model Improvement Program. U.S. Department of Transportation; DOT-T-95-05, pp. 2-1 to 2-7, 1994.

CAO, X.; HANDY, S.; MOKHTARIAN, P. The Influences of the Built Environment and Residential Self-Selection on Pedestrian Behavior. *Transportation*, in press, 2006.

CERVERO, R. *America's suburban centers: The land use-transportation link*. Boston: Unwin-Hyman, 1989.

----- Mixed land uses and commuting: Evidence from the American Housing Survey. **Transportation Research A** 30 (5): 361-77, 1996.

----- Built environments and mode choice: toward a normative framework. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Volume 7, Issue 4, June 2002, Pages 265-284, 2002.

-----; DUNCAN, M. Walking, bicycling, and urban landscapes: evidence from San Francisco Bay Area. **American Journal of Public Health** 93:(9), 1478-1483, 2003.

-----; KOCKELMAN K. Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design. **Transportation Research D**,2:199-219, 1997.

-----; RADISCH, C. Travel choices in pedestrian versus automobile oriented neighborhoods. **Transport Policy** 3:(3), 127-141, 1996.

CRANE, R. On form versus function: Will the new urbanism reduce traffic, or increase it? **Journal of Planning Education and Research** 15 (2): 117-26, 1996.

DEPARTMENT OF TRANSPORT. A review of the effectiveness of personalised journey planning techniques, London, England. Publicado: 25 de outubro de 2002, modificado: 23 de dezembro de 2005. Disponível em: <[http:// www.dft.gov.uk](http://www.dft.gov.uk)>. Acessado em 25 de maio de 2006. London, England, 2002.

DOMENCICH, T.; MCFADDEN, D. *Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis*, North-Holland, Amsterdam , 1975.

EDOM Pesquisa de Origem e Destino de Porto Alegre - Entrevista Domiciliar - EDOM 2003. **Relatório Técnico**. EPTC/Magna/TIS, Porto Alegre, 2004.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. *Transporte Público Urbano*. Editora RiMa, São Carlos, Brasil, 2001.

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** 1466: 44-52, 1995.

FRIEDMAN, B.; GORDON, S.; PEERS, J.B. Effect of neotraditional neighborhood design on travel characteristics. **Transportation Research Record** 1466:63-70, 1994.

GREENWALD, M. J.; BOARNET, M.G. Built environment as determinant of walking behavior: analyzing nonwork pedestrian travel in Portland, Oregon. **Transportation Research Record** 1780: 33–42, 2001.

GOLD, P.A. Melhorando as Condições de Caminhada em Calçadas. **Nota técnica**. GOLD Projects, São Paulo, S.P, 2003.

HANDY, S. L. Regional versus local accessibility: Neotraditional development and its implications for non-work travel. **Built Environment** 18 (4): 253-67, 1992.

----- Urban form and pedestrian choices: a study of Austin neighborhoods. **Transportation Research Record** 1552: 135–144, 1996.

----- How the built environment affects physical activity. Views from Urban Planning. *American Journal of Preventive Medicine*.p.64-73, 2002..

-----; CLIFTON, K. Evaluating Neighborhood Accessibility: Issues and Methods Using Geographic Information Systems, Report SWUTC/00/167202-1. Southwest Region University Transportation Center, Center for **Transportation Research**, The University of Texas at Austin, 2000.

-----; CLIFTON, K. Local shopping as a strategy for reducing automobile travel. **Transportation Research**, 2001.

----- et al. Planning for street connectivity-getting from here to there. **American Planning Association**, Chicago, 2003

HENNEMAN, R.H. O que é psicologia. Editora José Olympio, Rio de Janeiro, 1998.

HESS, P. M.; MOUDON, A.V.; SNYDER, M.C.; STANILOV, K. Site design and pedestrian travel. **Transportation Research Record** 1674: 9–19, 1999.

-----; ONG, P.M. Traditional Neighborhoods and Auto Ownership. The Ralph and Goldy Lewis Center for Regional Policy Studies. Working Paper Series. Paper 37, 2001.

HILL, C.; GRIFFITHS, W.; JUDGE, G. *Econometria*, 2.ed. São Paulo: Saraiva, 471p, 2003.

HOLTZCLAW, J. Using residential patterns and transit to decrease auto dependence and costs, National Resources Defense Council, San Francisco, 1994.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo Demográfico 2000 (Base Cadastral de Setores Censitários), CD-ROM.

IPEA. Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Aglomerações Urbanas Brasileiras. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, D.F, 2003.

KITAMURA, R.; MOKHTARIAN, P. LAIDET. A Micri-Analysis of Land Use and Travel in Five Neighborhoods in the San Francisco Bay Área. *Transportation* 24, p, 125-158, 1997.

KOCKELMAN, K. M. Travel behavior as a function of accessibility, land use mixing, and land use balance. In *City and regional planning*. Berkeley: University of California Press, 1996.

KRIZEK, K. Operationalizing neighborhood accessibility for land use travel behavior research and regional modeling. **Journal of Planning Education and Research** 22 (3): 270-87, 2003.

LAWTON, T. K. The urban environment effects and a discussion of travel time budget. Portland Transportation Summit, Portland, OR, 1997.

LITMAN, T. London Congestion Pricing: Implications for other cities. Victoria Transport Policy Institute, Victoria, 2003.

LONGEN, M.T. Um Modelo Comportamental para o Estudo do Perfil do Empreendedor. **Dissertação de Mestrado** - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, S.C., 1997.

MARYLAND-NATIONAL CAPITAL PARK AND PLANNING COMMISSION. Transit and pedestrian oriented neighborhood study. Silver Spring: Maryland-National Capital Park and Planning Commission, 1993.

MASLOW, A. Maslow's hierarchy of needs. Disponível em: <http://www.deepermind.com/maslow.htm> Acessado em 22 de janeiro de 2007.

MC FADDEN, D. Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior in P. Zarembka (ed.), *FRONTIERS IN ECONOMETRICS*, 105-142, Academic Press: New York, 1973.

----- The mathematical theory of demand models. In: P. Stopher and A. Meyberg, Editors, *Behavioral Travel-Demand Models*, Lexington Books, Lexington, MA, 1976.

MCNALLY, M. G.; KULKARNI, A. Assessment of influence of land use-transportation system on travel behavior. **Transportation Research Record** 1607:105-15, 1997.

MELO, F.B. Proposição de Medidas Favorecedoras à Acessibilidade e Mobilidade de Pedestres em Áreas Urbanas. Estudo de Caso: O Centro de Fortaleza. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2005.

NOVAES, A.G. *Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos*. Editora Edgard Blücher, São Paulo, 1989.

OREGON DEPARTMENT OF TRANSPORT. Statistical Analysis Of Urban Design Variables And Their Use In Travel Demand Models. Disponível em: <http://www.odot.state.or.us/tddtpau/modeling.html>. Acessado em 22 de janeiro de 2007, 2003.

ORTÚZAR, J. DE D. Modelos de Demanda de Transporte. 2^a edição, Departamento de Ingenieria de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1998.

-----.; WILLUMSEN, L.G. Modelling Transport. 3^a edição, John Wiley & Sons, Chichester, 2001.

PITOMBO, C.S. Estudos de relações entre variáveis socioeconômicas, de uso do solo, participação em atividades e padrões de viagens encadeadas urbanas Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) **Tese de Doutorado** em Engenharia Civil: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 2007.

ROOD, T. The local index of transit availability: an implementation manual. The Local Government Commission, Sacramento, CA. 1998.

ROZESTRATEN, R. J. A. Psicologia do Trânsito: conceitos e processos básicos. Editora da Universidade de São Paulo/EPU, São Paulo, 1988.

SHRIVER K. Influence of environmental design on pedestrian travel behavior in four Austin neighborhoods Transportation Research Record 1578: 64–75, 1997.

SIEGEL, S. Estatística Não Paramétrica Para as Ciências do Comportamento. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1979.

SKINNER, B. F. Sobre o Behaviorismo. Editora Cultrix-Editora, 8^a Edição, 2003.

SUN, A.; WILMOT, C.G. Household travel, household characteristics, and land use. **Transportation Research Record** 1617:10-17, 1998.

VASCONCELLOS, E. A. Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas. São Paulo: Annablume. São Paulo, SP, 2000.

WERTHEIMER, M. Pequena História da Psicologia. Companhia Editora Nacional, São Paulo, 1976.

APÊNDICE A

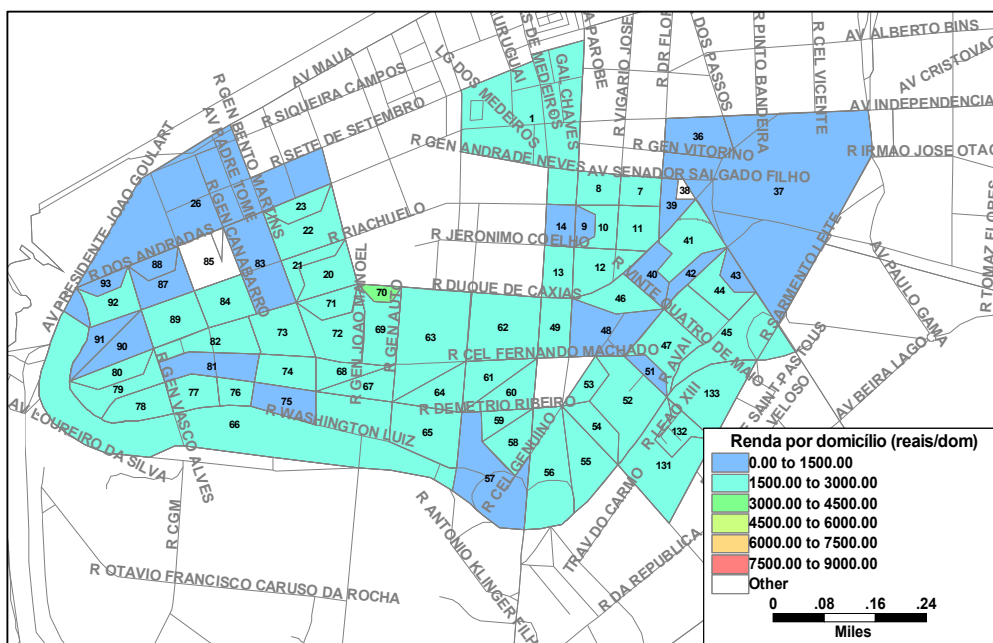


Figura 24 - Distribuição da Renda mensal por domicílio por setor censitário na área Centro

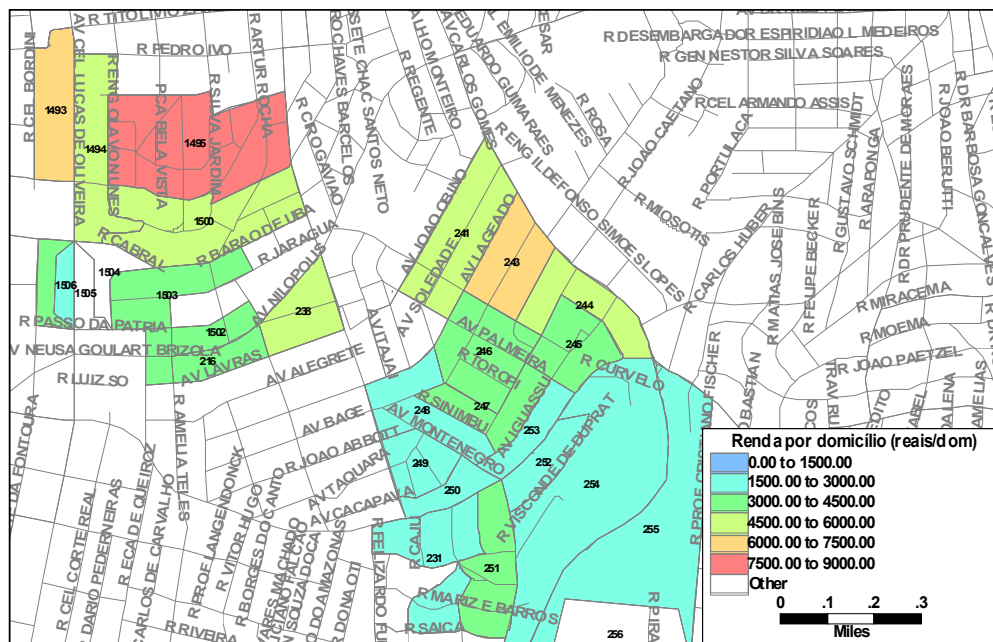


Figura 25 - Distribuição da Renda mensal por domicílio por setor censitário na área Petrópolis

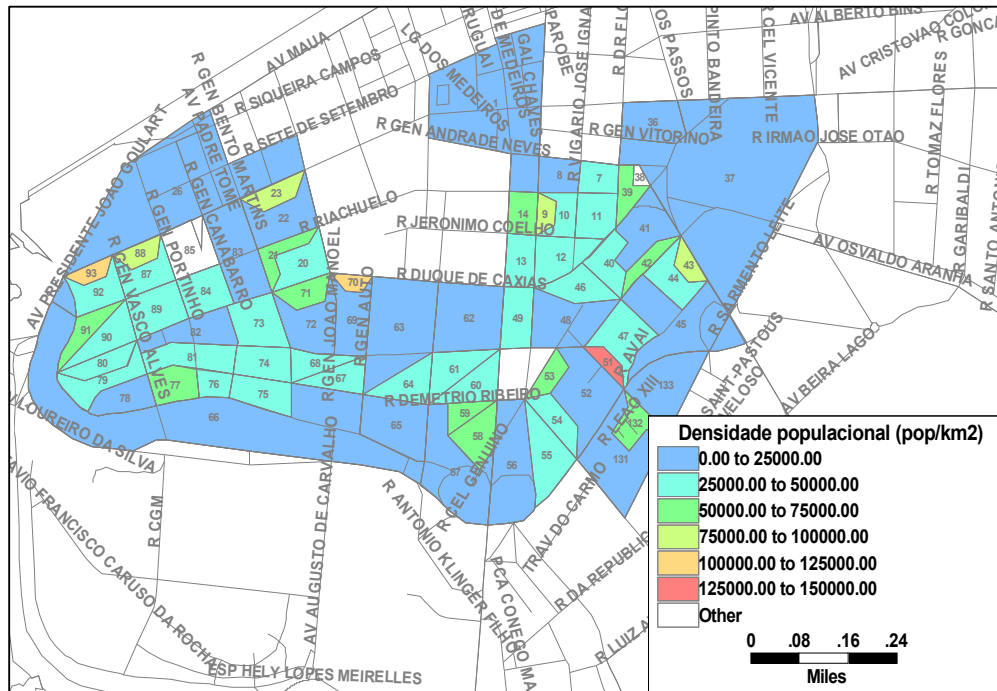


Figura 26 - Distribuição da Densidade Populacional por setor censitário na área Centro

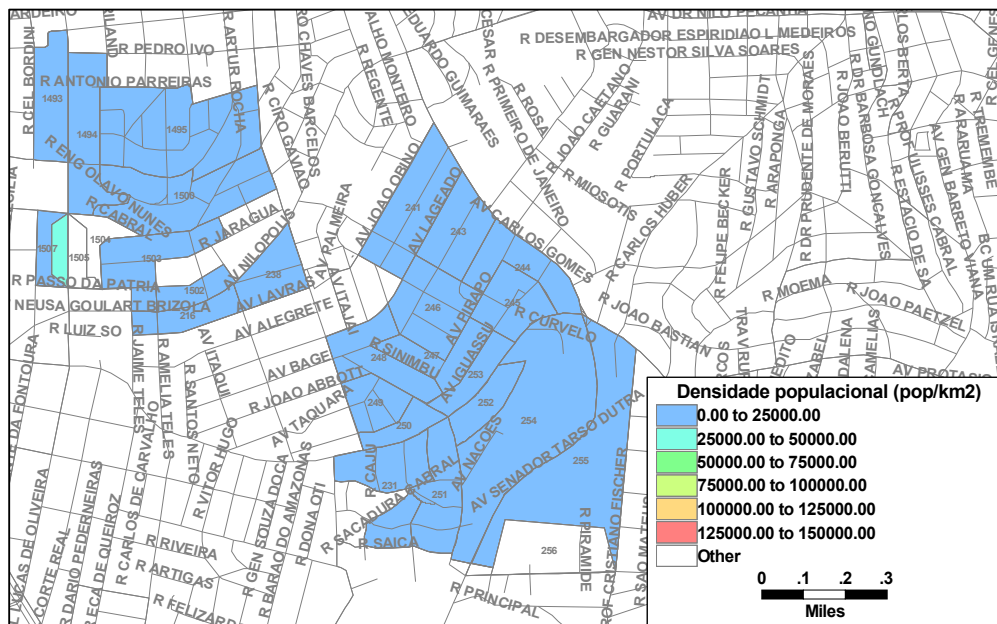


Figura 27 - Distribuição da Densidade Populacional por setor censitário na área Petrópolis

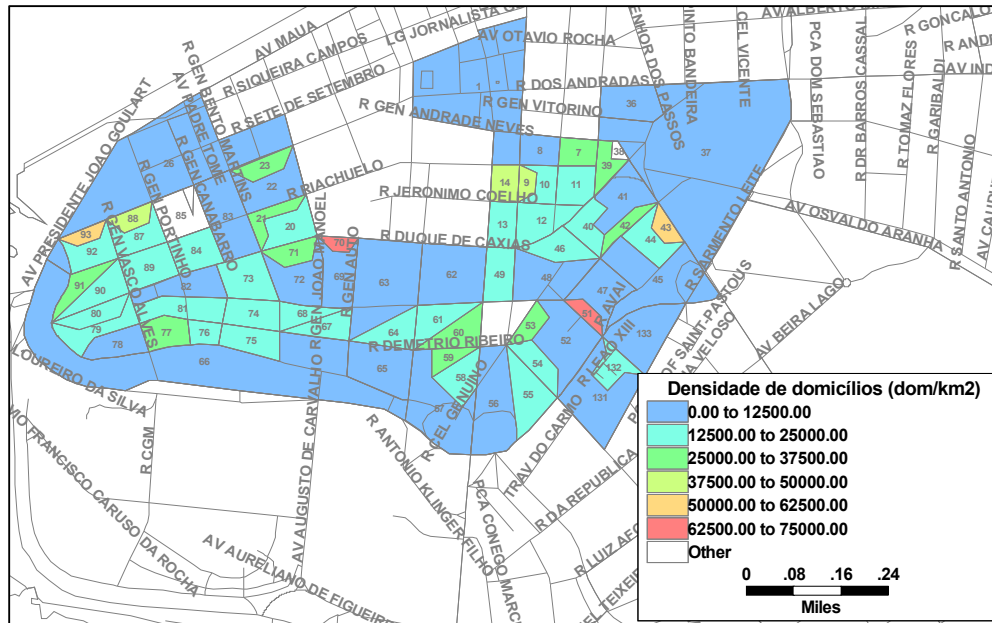


Figura 28 - Distribuição da Densidade de Domicílios por setor censitário na área Centro

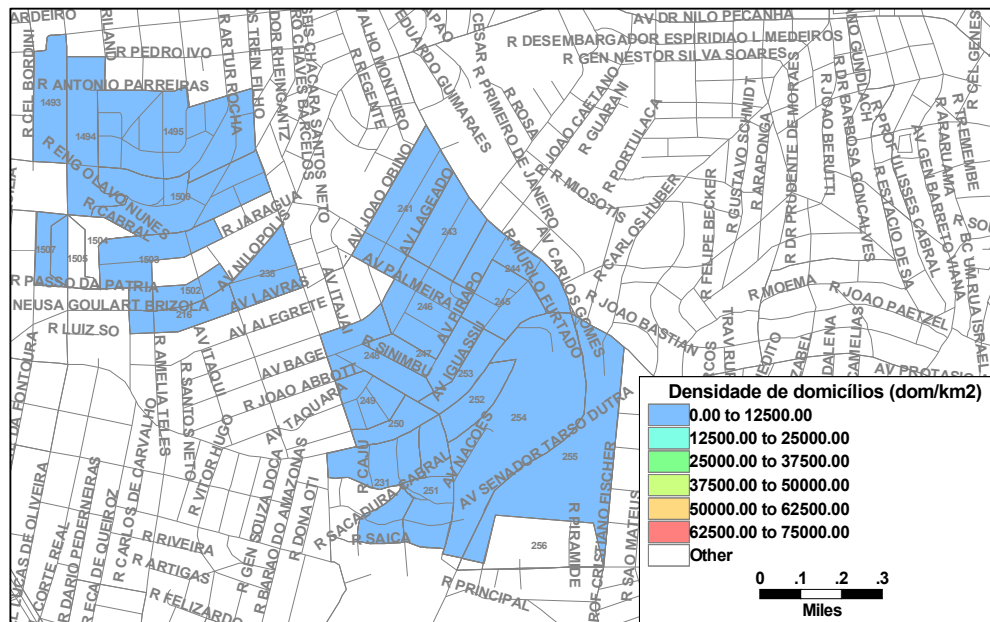


Figura 29 - Distribuição da Densidade de Domicílios por setor censitário na área Petrópolis

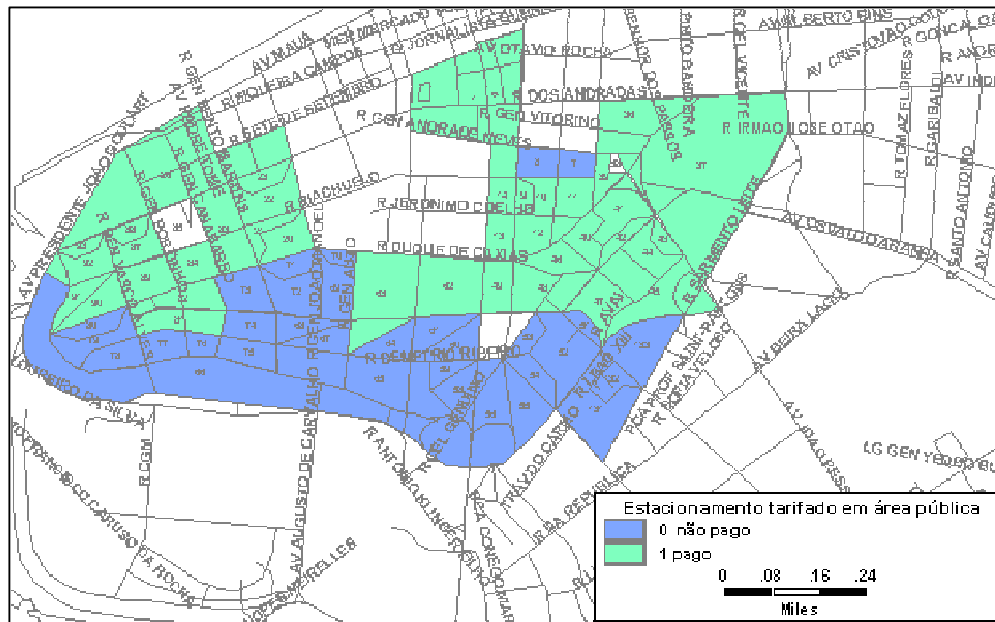


Figura 32 - Distribuição do Estacionamento por setor censitário na área Centro

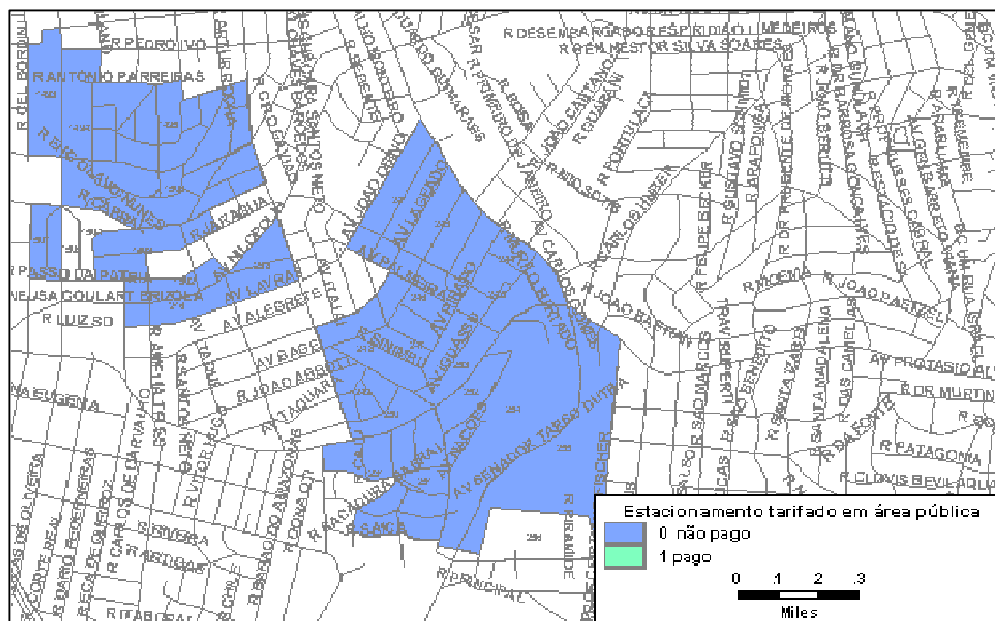


Figura 33 - Distribuição do Estacionamento por setor censitário na área Petrópolis

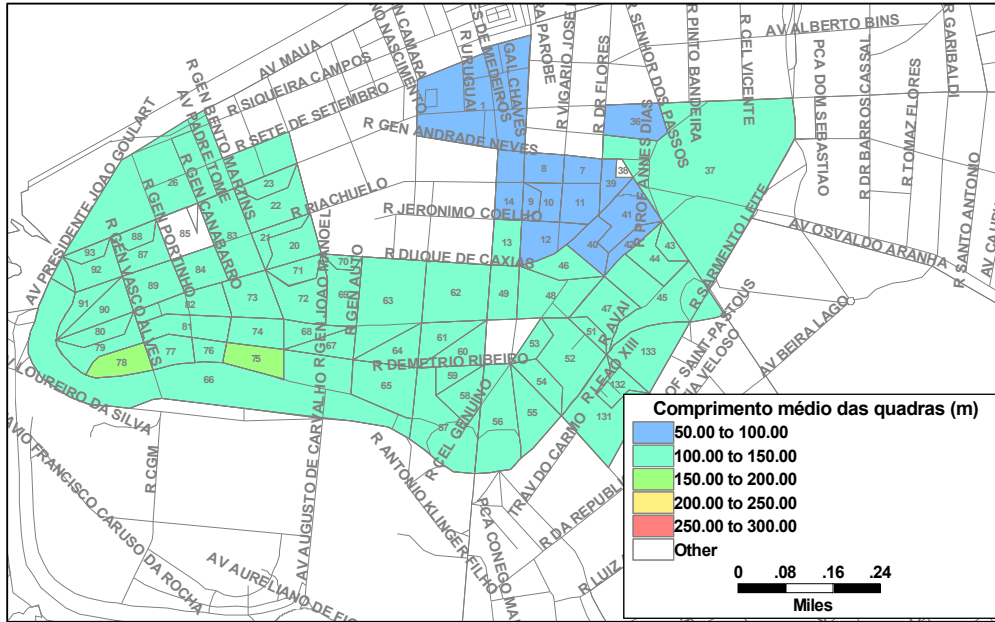


Figura 34 - Distribuição do Comprimento Médio das Quadras por setor censitário na área Centro

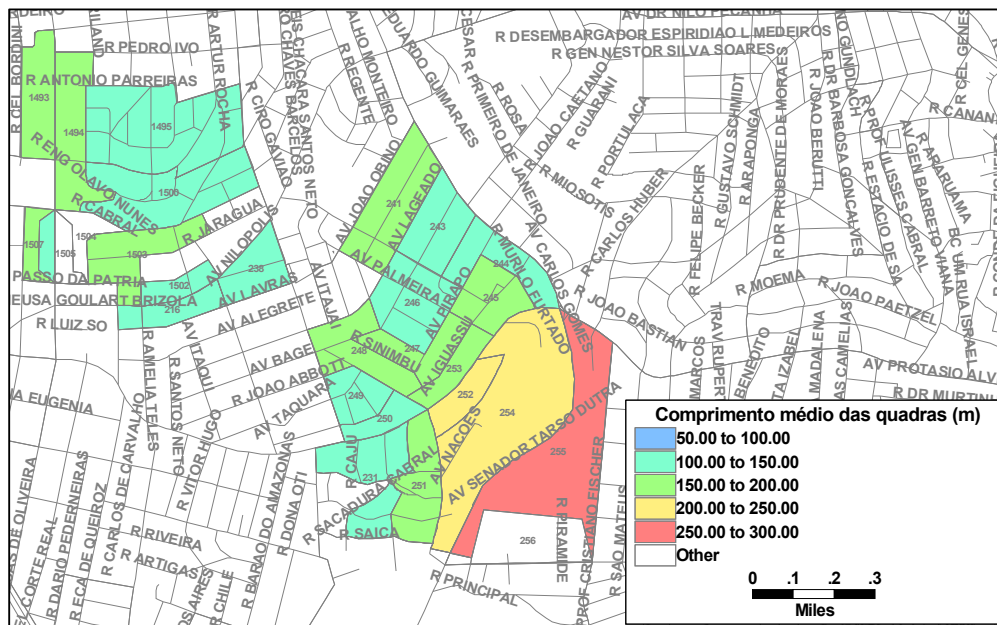


Figura 35 - Distribuição do Comprimento Médio das Quadras por setor censitário na área Petrópolis

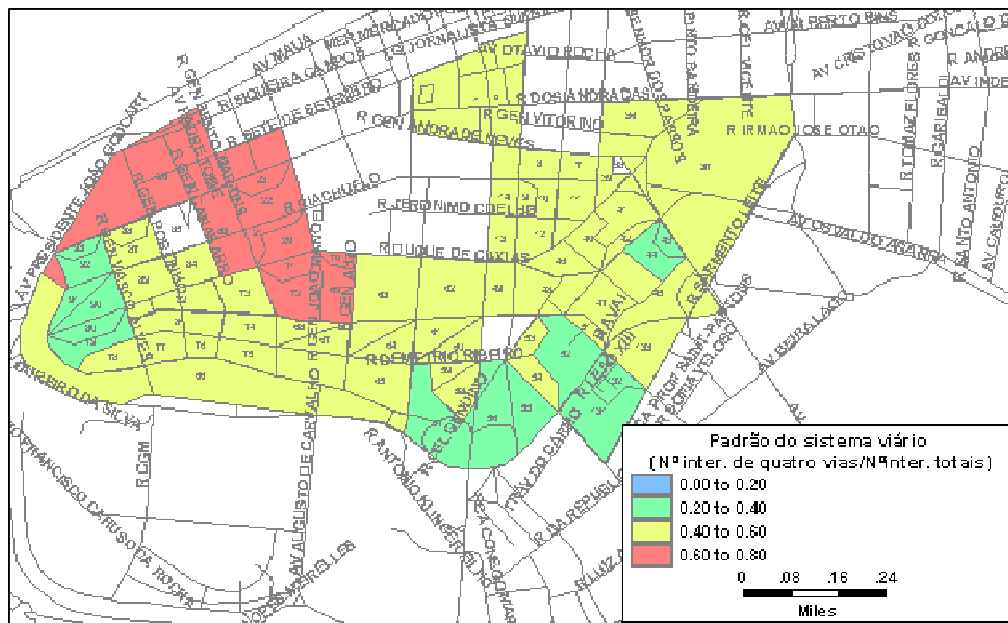


Figura 36 - Distribuição do Padrão do Sistema Viário por setor censitário na área Centro

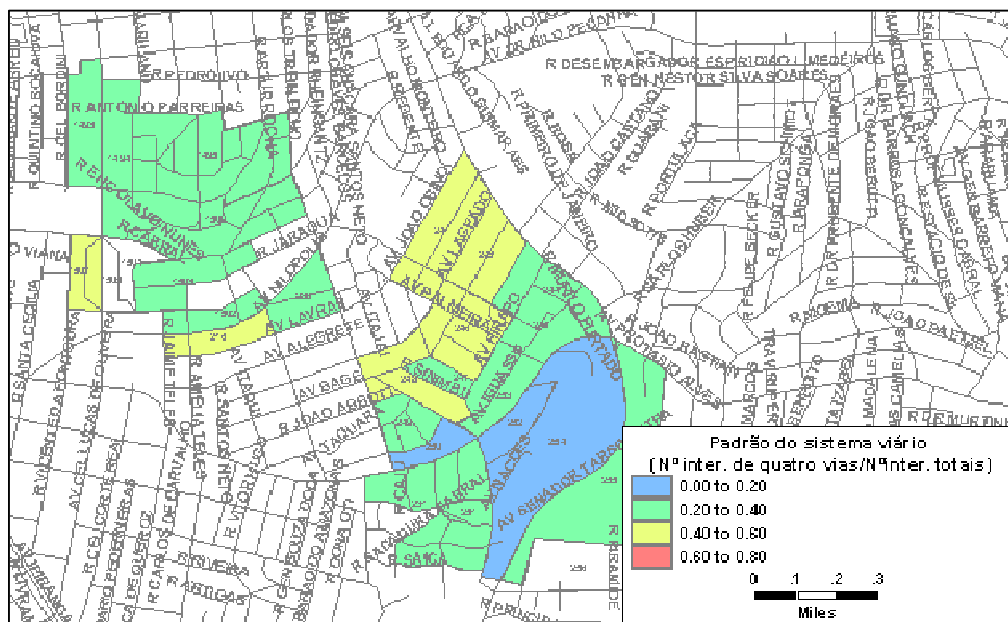


Figura 37 - Distribuição do Padrão do Sistema Viário por setor censitário na área Petrópolis

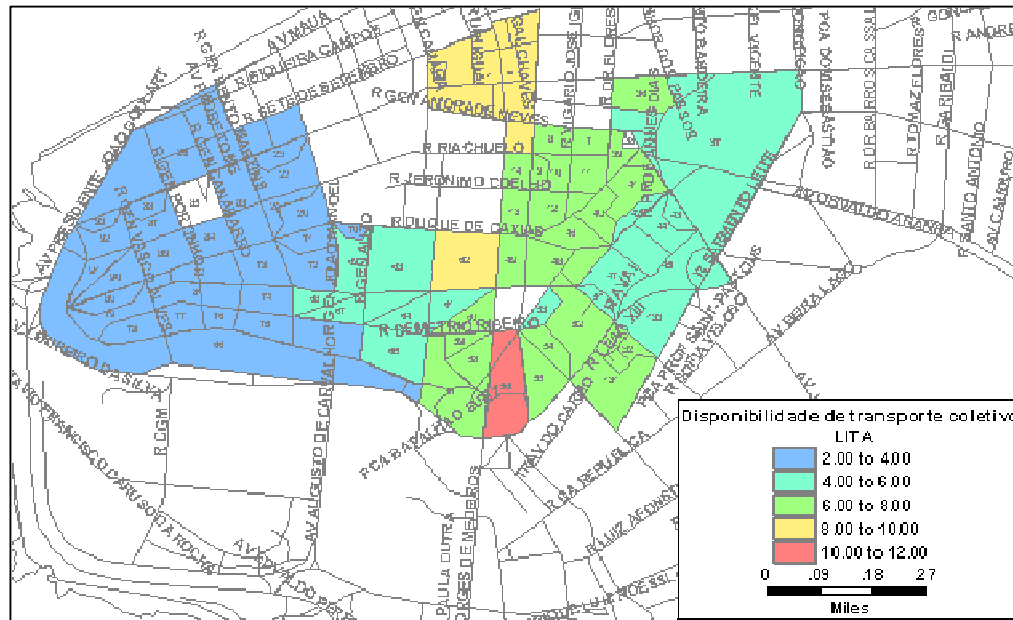


Figura 38 - Distribuição da Disponibilidade de Transporte Coletivo por setor censitário na área Centro

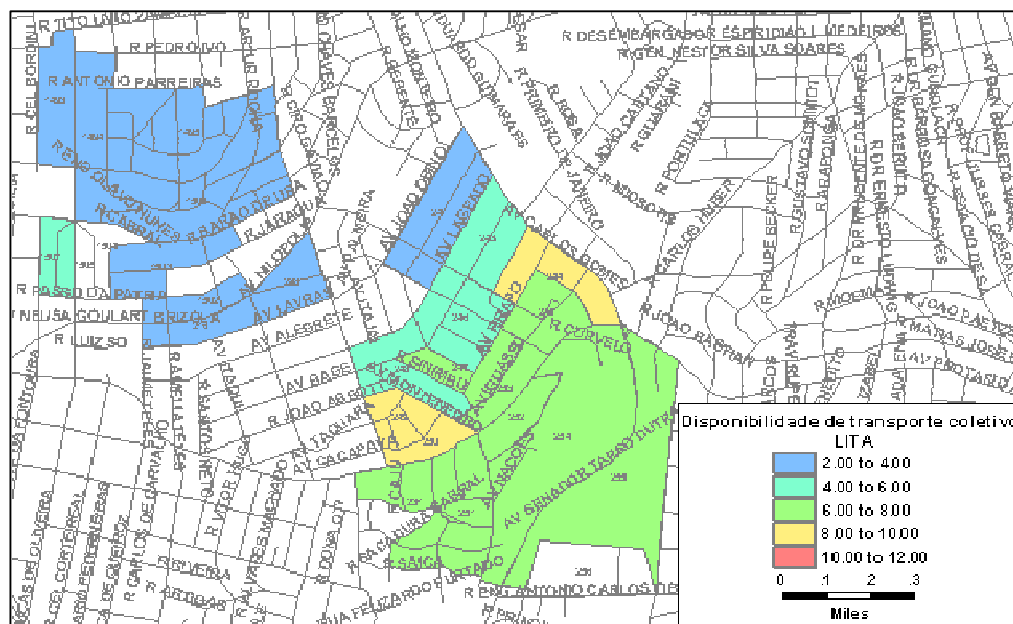


Figura 39 - Distribuição da Disponibilidade de Transporte Coletivo por setor censitário na área Petrópolis