

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

RELACIONAMENTO ENTRE A FORMA URBANA E AS
VIAGENS A PÉ

MARCELO AUGUSTO AMANCIO

São Carlos

2005

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

RELACIONAMENTO ENTRE A FORMA URBANA E AS
VIAGENS A PÉ

MARCELO AUGUSTO AMANCIO

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

Orientação: Prof^a. Dr^a Suely da Penha Sanches

São Carlos

2005

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

A484rf

Amancio, Marcelo Augusto.

Relacionamento entre a forma urbana e as viagens a pé /
Marcelo Augusto Amancio. -- São Carlos : UFSCar, 2006.
88 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2005.

1. Transporte urbano. 2. Logit. 3. Sistemas de informação
geográfica. 4. Transporte – transito de passageiros. I. Título.

CDD: 388.4 (20^a)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por ter me dado, saúde e força para concluir.

Também dedico aos meus pais Rosângela e José Carlos pelo apoio, paciência e motivação em continuar até o fim.

AGRADECIMENTOS

À Profª. Drª. Suely da Penha Sanches, pelo exemplo de competência profissional, dedicação e a amizade que marcaram o seu papel de orientadora, amiga e principal motivadora para o meu crescimento profissional. Obrigado pelo tempo que compartilhou comigo.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

A todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) em especial ao Profº Drº Marcos Antonio Garcia Ferreira, pelas idéias e parceria durante o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU), em especial a Sônia, pela paciência e dedicação em seu trabalho.

Ao Profº Drº Antônio Nelson Rodrigues da Silva pelas sugestões dadas no exame de qualificação, que foram de grande importância para finalização desta pesquisa.

Ao Profº Drº Eiji Kawamoto pelas sugestões e idéias concedidas no desenvolvimento desta pesquisa, pela amizade e gratidão às oportunidades por ele oferecidas a mim.

Aos amigos que me ajudaram a aprimorar e concluir esta pesquisa. Em especial a Fabiana Arruada por ceder os dados levantados em sua pesquisa de doutoramento, ao Mauricio Sanches pelo auxílio e ajuda nos momentos mais difíceis.

A todos que direta e indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho dedico um especial agradecimento.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é verificar se existe relação entre as características da forma urbana e a opção dos indivíduos pelas viagens a pé.

Para que essa relação pudesse ser estudada foi feito, inicialmente, um levantamento bibliográfico sobre as características da forma urbana que influenciam na opção pelo modo a pé.

Dentre as metodologias mais usuais para avaliar o relacionamento entre as características da forma urbana e a opção pelo modo de transporte, foi selecionado o Modelo Comportamental ou de Escolha Discreta do tipo Logit. Os dados necessários à calibração do modelo foram coletados na cidade de São Carlos, SP, uma cidade de porte médio com cerca de 200 mil habitantes. As análises necessárias foram realizadas em nível de setor censitário e implementadas com o auxílio de um Sistema de Informações Geográficas.

Foram calibrados dois modelos do tipo Logit. O primeiro modelo (básico) inclui apenas uma variável socioeconômica (disponibilidade de automóvel) e o comprimento da viagem a ser realizada. O segundo modelo (expandido) inclui, além das variáveis do modelo básico, informações sobre as características do meio físico urbano nos setores de origem das viagens.

A comparação dos resultados obtidos com os modelos básico e expandido permitiu avaliar o efeito da inclusão das variáveis da forma urbana na expressão da utilidade do modo a pé. De maneira geral, o modelo expandido se mostrou estatisticamente melhor que o modelo básico. Os resultados permitem inferir que as características da forma urbana influenciam o comportamento dos indivíduos ao optar pelo modo a pé para realização de suas viagens.

Palavras-Chave: Forma Urbana, Sistema de Informações Geográficas, Modelos de Escolha Discreta, Pedestres.

ABSTRACT

The objective of this dissertation is to verify if there is a relationship between the characteristics of the urban form and option for walking trips.

For this relationship to be studied, the first step was a bibliographic review about the urban form characteristics that might influence the option for walking.

Among the methodologies that could be used to evaluate the modal option, a logit-type Discrete Choice Model, was chosen. The data used for the calibration of the model were collected in São Carlos, SP, a Brazilian medium-sized city with around 200 thousand inhabitants. The analyses were developed at census tract level, with a Geographic Information System (TransCAD).

Two logit-type models were calibrated. The first one (basic) includes only a socio-economic variable (automobile availability) and the trip length. The second model (expanded) includes, besides the variables of the basic model, information about the characteristic of the urban form in the trip origin sectors.

The comparison of the results obtained with the two models, allowed the evaluation of the marginal influence of urban form variables on the mode choice. In general, the expanded model was statistically better than the basic one. The results suggest that urban form characteristics do influence the individuals' option for walking.

Key words: Urban Form, Geographic Information Systems, Discrete Choice Models, Pedestrians.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Setor Censitário com Densidade de Quadra igual a 0,45.....	27
Figura 3.2 – Setor Censitário com Densidade de Quadra igual a 1,10.....	27
Figura 3.3 – Setor Censitário com Densidade de Interseção igual a 2,00.....	28
Figura 3.4 – Setor Censitário com Densidade de Interseção igual a 1,04.....	28
Figura 3.5 – Setor Censitário com Padrão do Sistema Viário igual a 0,14.....	30
Figura 3.6 – Setor Censitário com Padrão do Sistema Viário igual a 1,00.....	30
Figura 4.1 - Estrutura de Modelo Logit Multinomial Simples.....	35
Figura 4.2 – Estrutura de um Modelo Logit Aninhado com dois níveis.....	35
Figura 5.1 – Quadras da cidade de São Carlos.....	42
Figura 5.2 – Sistema viário da cidade de São Carlos.....	44
Figura 5.3 – Exemplo de mapa de setor censitário do IBGE (formato <i>pdf</i>).....	47
Figura 5.4 – Setores Censitários da cidade de São Carlos.....	49
Figura 5.5 – Distribuição dos setores censitários pela densidade de ocupação.....	50
Figura 5.6 – Densidade de ocupação.....	51
Figura 5.7 – Distribuição dos setores censitários segundo o índice de entropia.....	52
Figura 5.8 – Índice de Entropia.....	53
Figura 5.9 – Distribuição dos setores censitários pela permeabilidade.....	54
Figura 5.10 – Índice de Permeabilidade.....	55
Figura 5.11 – Distribuição dos setores censitários pela densidade de interseção.....	56
Figura 5.12 – Densidade de Interseções.....	57
Figura 5.13 – Distribuição dos setores censitários pelo índice de conectividade.....	58
Figura 5.14 – Índice de Conectividade.....	59
Figura 5.15 – Distribuição dos setores censitários em pelo padrão do sistema viário.....	60
Figura 5.16 – Padrão do Sistema Viário.....	61
Figura 5.17 – Setores que compõe o Banco de Dados de Viagens.....	62
Figura 5.18 – Distribuição da amostra por faixa etária.....	63
Figura 5.19 – Distribuição das viagens por motivo.....	64
Figura 5.20 – Divisão modal por motivo de viagem.....	64
Figura 5.21 – Disponibilidade de automóvel.....	65
Figura 5.22 – Distribuição das viagens por modo de transporte.....	66
Figura 5.23 – Divisão modal em função do comprimento da viagem.....	66

Figura 5.24 – Distribuição de viagens até 1,0 km pelos 51 setores.....	67
Figura 5.25 – Distribuição das viagens por modo de transporte.....	68
Figura 5.26 – Divisão modal em função do comprimento da viagem.....	68
Figura 5.27 – Distribuição de viagens até 2,0 km nos 65 setores selecionados.....	69
Figura 6.1 - Estrutura do Modelo de Opção Modal.....	70
Figura 6.2 – Probabilidade opção pelo modo a pé nas viagens de 1,0km e 2,0 km em função da densidade de ocupação.....	77
Figura 6.3 – Probabilidade opção pelo modo a pé nas viagens de 1,0km e 2,0 km em função da entropia.....	78
Figura 6.4 – Probabilidade opção pelo modo a pé nas viagens de 1,0km e 2,0 km em função da permeabilidade.....	79

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 3.1 – Variáveis utilizadas para descrever o aspecto de qualidade dos espaços para pedestres.....	21
Quadro 3.2 – Variáveis utilizadas para descrever o aspecto de desenho das vias.....	24
Tabela 5.1 – Informações existentes no banco de dados das quadras.....	43
Tabela 5.2 – Informações contidas no banco de dados das vias.....	44
Tabela 5.3 – Códigos das categorias de imóvel.....	45
Tabela 5.4 – Informações obtidas a partir do cadastro do IPTU.....	46
Tabela 5.5 – Informações Referentes aos setores Censitários.....	48
Tabela 5.6 – Características das viagens do banco de dados.....	63
Tabela 5.7 – Características das viagens com até 1,0km.....	65
Tabela 5.8 – Características das viagens com até 2,0km.....	67
Tabela 6.1 – Resultado da calibração do modelo básico (viagens até 1,0 km).....	73
Tabela 6.2 – Resultado da calibração do modelo expandido (viagens até 1,0 km).....	74
Tabela 6.3 – Resultado da calibração do modelo básico (viagens até 2,0 km).....	74
Tabela 6.4 – Resultado da calibração do modelo expandido (viagens até 2,0 km).....	75

SUMÁRIO

1 – Introdução	01
1.1 Objetivo da Pesquisa.....	02
1.2 Justificativa.....	02
1.3 Metodologia Aplicada.....	03
1.4 Organização da Dissertação.....	04
2 – A Forma Urbana e as Viagens Realizadas a Pé	06
3- Variáveis que Caracterizam a Forma Urbana	17
3.1 Variáveis Relacionadas à Densidade Urbana.....	17
3.2 Variáveis Relacionadas à Qualidade dos Espaços para Pedestres.....	19
3.3 Variáveis Relacionadas à Diversidade de Usos do Solo.....	21
3.4 Variáveis Relacionadas a Desenho das Vias.....	23
3.5 Variáveis Relacionadas à Disponibilidade de Transporte Coletivo.....	31
4 - Modelo de Escolha Discreta	33
4.1 - Formulação de um Modelo Comportamental ou de Escolha Discreta.....	33
4.1.1 - Estrutura de um Modelo Comportamental ou de Escolha Discreta.....	33
4.1.2 - Conjunto de Variáveis Explicativas.....	36
4.1.3 - Conjunto de Escolhas Individuais (alternativas disponíveis).....	36
4.2 - Calibração do Modelo de Opção Modal.....	36
4.3 - Exemplos de utilização de modelos de escolha discreta que incluem os modos não motorizados.....	37
5 – Coleta e Análise dos Dados	41
5.1 - Características da Forma Urbana.....	41
5.1.1 Densidade de Ocupação.....	50
5.1.2 Índice de Entropia.....	52
5.1.3 Índice de Permeabilidade.....	54
5.1.4 Densidade de Interseções.....	56
5.1.5 Índice de Conectividade.....	58
5.1.6 Padrão do Sistema Viário.....	60

5.2 Características das Viagens.....	61
5.2.1 Características das Viagens com até 1,0 km.....	65
5.2.2 Características das Viagens com até 2,0 km.....	67
6 – Formulação e Calibração do Modelo de Opção Modal.....	70
6.1 - Estrutura do Modelo de Opção Modal.....	70
6.2 - Conjunto de Variáveis Explicativas.....	71
6.3 - Conjunto de Escolhas Individuais (alternativas disponíveis).....	71
6.4 - Calibração do Modelo de Opção Modal.....	72
6.5 - Resultados Obtidos – Viagens até 1,0 km.....	73
6.6 - Resultados Obtidos – Viagens até 2,0 km	74
6.7 - Sensibilidade dos Modelos Calibrados.....	76
6.7.1 - Sensibilidade dos Resultados dos Modelos com Relação à Densidade de Ocupação.....	77
6.7.2 - Sensibilidade dos Resultados dos Modelos com Relação ao Índice de Entropia.....	78
6.7.3 - Sensibilidade dos Resultados dos Modelos com Relação ao Índice de Permeabilidade.....	79
Conclusões.....	81
Referências Bibliográficas.....	84

1 - INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, vem sendo observado um crescimento da população nas áreas urbanas, devido à migração da população da área rural para as cidades em busca de uma vida melhor e ao crescimento natural da população das cidades. Com este aumento populacional os problemas ambientais urbanos e a degradação da qualidade de vida nas cidades vêm se agravando.

Cada vez mais se constata a expansão urbana nas áreas periféricas das cidades favorecendo o espalhamento das atividades urbanas, tornando a população dependente do uso dos modos de transporte motorizados, essencialmente o modo motorizado individual, devido a suas facilidades de locomoção e conforto. Este crescimento vai contra as metas de sustentabilidade, que tem como uma de suas dimensões a conservação e o uso racional dos recursos naturais (REPLOGLE, 1997).

As viagens a pé oferecem vários benefícios para uma comunidade, incluindo economia nos custos do transporte, melhoria na qualidade de vida, redução dos impactos ambientais, maior equidade de acesso às atividades urbanas, etc. (HANDY, 2002). No entanto, apesar de propiciarem todos estes benefícios, as viagens a pé, assim como as viagens por bicicleta, geralmente não são consideradas nas práticas atuais de planejamento dos transportes, que consideram principalmente as viagens por modos motorizados (LITMAN, 2003).

Num planejamento de transportes convencional, o modo a pé é, quase sempre, considerado secundário e a qualidade dos espaços para pedestres recebe pouca ou nenhuma atenção da administração pública. Uma das razões para isto é o fato de que as viagens a pé são, em geral, subestimadas nos levantamentos de demanda de viagens. Viagens curtas, viagens feitas por crianças, viagens recreacionais e viagens de acesso a outros modos de transporte são, muitas vezes, ignoradas nos levantamentos.

São vários os fatores que influenciam as decisões individuais no processo de escolha do modo de transporte a ser utilizado para a realização de suas atividades diárias. Esses fatores podem estar relacionados às características dos indivíduos (sexo, idade, renda, disponibilidade de automóvel, etc.), às características dos modos de transporte disponíveis para a realização da viagem (custo, tempo de viagem, conforto, etc.), às características da viagem em si (comprimento, motivo, horário, etc.) e às características do ambiente construído,

ou seja, da forma urbana (densidade urbana, diversidade de uso do solo, desenho das vias, etc.).

1.1 OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo desta pesquisa é verificar se existe relação entre as características da forma urbana e a opção dos indivíduos pelas viagens a pé. Com esta verificação será possível entender a influência destas características no comportamento do indivíduo ao escolher um modo de transporte, em especial o modo a pé, para realizar suas atividades diárias. Este procedimento poderá ser utilizado para identificar zonas urbanas com potencial para atrair viagens a pé e poderá ser incluído em um sistema de apoio à decisão para definição de investimentos na infra-estrutura para pedestres.

1.2 JUSTIFICATIVA

Pesquisas realizadas em diversos países concluíram que a forma urbana tem relação direta com as viagens a pé (HANDY, 1996b; SHRIVER, 1997). Ou seja, em áreas da cidade onde existam características favoráveis aos pedestres (como boa infra-estrutura nas calçadas, arborização, menores distâncias entre as atividades urbanas, etc.), verifica-se uma maior porcentagem de caminhadas.

Estes estudos são importantes porque se constituem na fundamentação teórica e empírica que pode auxiliar os planejadores urbanos na tomada de decisão sobre políticas de uso do solo urbano. No entanto, a grande maioria deles trata de cidades de países desenvolvidos, especialmente dos Estados Unidos. Uma das exceções é o trabalho de (ZEGRAS, 2004) realizado para a cidade de Santiago do Chile. No Brasil ainda são poucos os estudos que relacionam as características da forma urbana e as viagens realizadas a pé.

Embora alguns pesquisadores sejam pessimistas quanto à possibilidade de características da forma urbana poderem afetar a demanda de transporte nos países em desenvolvimento (INGRAM, 1998), o Banco Mundial, em sua recém-lançada estratégia de transporte urbano (WORLD BANK, 2002) identifica a necessidade de ênfase em políticas e instrumentos relacionados à ocupação urbana, que influenciem a escolha modal, beneficiando o transporte coletivo e os transporte não motorizados. A operacionalização desta ênfase depende de um melhor entendimento do relacionamento entre a forma urbana e o comportamento de viagens nos países em desenvolvimento.

1.3 METODOLOGIA APLICADA

Inicialmente foi realizado o levantamento bibliográfico das características da forma urbana que influenciam na opção pelo modo a pé para viagens urbanas.

Os dados necessários à calibração do modelo foram coletados na cidade de São Carlos, SP, uma cidade de porte médio com cerca de 200 mil habitantes. As análises referentes a estas características foram realizadas em nível de setor censitário (IBGE 2000), e implementadas com o auxílio de um SIG-T (Sistema de Informações Geográficas aplicado a Transportes) *TransCAD*. Já as características das viagens (comprimento, modo de transporte, motivo, duração) e as características dos indivíduos (renda, número de habitantes na residência, número de automóveis no domicílio) foram obtidas de um levantamento realizado por (ARRUDA, 2005).

Para analisar a relação entre características da forma urbana e a opção pelo modo a pé, optou-se por considerar apenas as viagens curtas, com até 2,0 km de comprimento (cerca de 30 minutos de caminhada). As viagens curtas têm sido objeto de várias políticas de transporte urbano que visam atrair, para as caminhadas, os usuários de automóvel (MACKETT, 2003). Embora a definição de viagem curta varie muito (alguns trabalhos consideram como curtas viagens de até 8,0 km), considerou-se que, para as condições de uma cidade brasileira de porte médio, o limite aceitável deveria ser um comprimento de viagem de 2,0 km.

Dentre as metodologias mais usuais que relacionam as características da forma urbana e a opção pelo modo de transporte, foi selecionado o Modelo Comportamental ou de Escolha Discreta do tipo Logit, por ser usualmente utilizado para a estimativa da demanda de viagens pelo modo a pé (ARRUDA, 2000).

Foram calibrados dois modelos do tipo Logit a fim de avaliar a influência marginal das variáveis do ambiente construído sobre a opção modal. O primeiro modelo (básico) inclui apenas uma variável socioeconômica (disponibilidade de automóvel) e o comprimento da viagem a ser realizada. O segundo modelo (expandido) inclui, além das variáveis do modelo básico, informações sobre as características do meio físico urbano nos setores de origem das viagens.

A título de verificar se os resultados obtidos pelo modelo de opção modal se comportam de maneira distinta em função de uma variação na distância da viagem, as análises foram realizadas em duas etapas: a primeira considerando apenas as viagens com até 1,0 km

de comprimento e a segunda etapa considerando as viagens com até 2,0 km de comprimento. Nas duas etapas, foram considerados todos os motivos de viagens, pois não foi feita nenhuma estratificação com relação ao motivo das viagens, porque o número de viagens por alguns motivos ficaria muito pequeno.

A comparação dos resultados obtidos dos modelos básicos e expandidos permite avaliar o efeito da inclusão das variáveis do meio físico urbano na expressão da utilidade do modo a pé. De maneira geral, os modelos expandidos são estatisticamente melhores que os modelos básicos. Este comparativo foi baseado na estatística ρ^2 , que avalia o ajuste do modelo e na estatística χ^2 , que avalia o poder de previsão do modelo. Nas duas etapas realizadas, o modelo expandido apresentou valores estatísticos maiores.

Os resultados apontam que as características da forma urbana influenciam o comportamento dos indivíduos ao optar pelo modo a pé. No entanto, estas características possuem relativamente mais influencia nas viagens com até 1,0 km.

1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação é composta por 7 capítulos. O conteúdo de cada um deles será descrito a seguir.

No capítulo 2, denominado “A Forma Urbana e as Viagens Realizadas a Pé”, é detalhada a relação existente entre os modos de transporte e a forma urbana, destacando-se a opção pelo transporte não motorizado como um modo de transporte urbano e mais sustentável. Algumas experiências de estudos que tentam entender a relação entre os fatores da forma urbana e a opção pelo modo de transporte a pé também são apresentadas.

O Capítulo 3, denominado “Variáveis que Caracterizam a Forma Urbana” apresenta as variáveis da forma urbana que mais afetam a opção pelo modo a pé, destacando cinco categorias de variáveis de acordo com os aspectos de densidade urbana, qualidade dos espaços para pedestres, diversidade de usos do solo, desenho das vias, e disponibilidade de transporte coletivo.

No Capítulo 4, denominado “Modelo de Escolha Discreta”, é apresentado o Modelo de Escolha Discreta selecionado para utilização nesta pesquisa, mostrando as etapas de formulação, definição da estrutura e calibração de um modelo de escolha discreta. São apresentados também alguns trabalhos que utilizam esta metodologia.

O Capítulo 5, denominado “Coleta e Análise dos Dados” detalha todas as etapas de obtenção dos dados, montagem de banco de dados das características da forma urbana e apresenta uma análise descritiva destas características e das características das viagens e dos indivíduos.

No Capítulo 6, denominado “Formulação e Calibração do Modelo de Opção Modal”, são detalhadas as etapas de formulação do modelo de opção modal calibrado nesta pesquisa. Também é apresentada uma análise dos resultados obtidos.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões da pesquisa juntamente com sugestões para trabalhos futuros. O capítulo final se destina às referências bibliográficas que serviram como base para o desenvolvimento desta pesquisa.

2 - A FORMA URBANA E AS VIAGENS REALIZADAS A PÉ

A contínua urbanização das cidades tem gerado a degradação da qualidade ambiental urbana. A evolução dos modos de transporte fez com que a movimentação urbana se tornasse dependente do transporte motorizado, principalmente do automóvel. Essa dependência ao automóvel vem favorecendo uma acelerada expansão urbana, propiciando um espalhamento desordenado não planejado e um distanciamento entre as atividades urbanas.

Com a conscientização das autoridades e planejadores de transporte de que a qualidade de vida na cidade vem se degradando continuamente é necessário que se encontrem alternativas de crescimento que revertam esta tendência de degradação.

Dentre os modos de transporte, os não motorizados (a pé e bicicleta) são os menos danosos a vida urbana, por serem não poluentes e por não consumirem combustíveis fósseis. Entretanto, em geral os planos e projetos de transportes ignoram a existência de bicicletas e pedestres. Além disso, poucos dados têm sido coletados sobre transporte não motorizado e os fatores que influenciam as pessoas a optarem por andar a pé ou a utilizarem a bicicleta como meio de transporte.

Caminhar pelas ruas da maioria das cidades brasileiras, atividade habitual a milhares de pessoas, deixou de ser tranquilo, seguro e confortável, tornando-se uma espécie de disputa entre os pedestres, ciclistas, vendedores ambulantes, veículos, etc.

Ao passar do tempo, houve a compreensão de que a ocupação urbana não pode ser realizada sem planejamento. A partir daí, deu início a movimentos no sentido de garantir o planejamento dos espaços físicos urbanos.

Através da noção dos conceitos de espaço, aglomeração, tamanho, densidade, emprego, surge à delimitação físico-espacial de urbano e de cidade. Sendo assim, a forma urbana seria a disposição no espaço das aglomerações e o conjunto das relações sócio-espaciais que elas mantêm entre si e com o todo, ou seja, seria a interação entre estas aglomerações e conseqüentemente entre as atividades urbanas sociais e o meio ambiente (BARBUGLI, 2003).

Focando-se nos estudos relacionados ao Sistema de Transportes Urbano, até o início da década de 1990, os planejadores de transporte utilizavam apenas conceito de escala macro territorial para analisar a demanda de viagens nas cidades, ou seja, estas escalas eram baseadas na rede viária principal e nas linhas de transporte coletivo. Na escala macro territorial o transporte pelo modo a pé é completamente ignorado (FHWA, 2000).

Recentes estudos sobre os Sistemas de Transporte focam suas análises em escala micro territorial, ou seja, procuram descrever em escala humana, em nível de bairro ou setores vizinhos, as características do ambiente construído que podem estimular ou dificultar a realização de viagens pelo modo a pé (FHWA, 2000).

Os elementos em escala micro territorial necessários a caracterizar o sistema de transporte e a forma urbana focam sobre as características locais que influenciam as escolhas individuais de viagens, ou seja, é necessária a coleta e interpretação de uma quantidade maior de dados do que o usual e com nível de detalhamento muito maior do que o encontrado em estudos tradicionais de transporte.

Atualmente as características de alguns padrões de urbanização, como o Novo Urbanismo, contêm elementos que podem ser considerados incorporados numa escala micro territorial. O Novo Urbanismo surgiu nos Estados Unidos em torno do ano de 1930 e um dos seus principais objetivos é reduzir a utilização do automóvel e encorajar o uso de modos sociais e ambientalmente amigáveis de transporte, como caminhar e andar de bicicleta, contrapondo-se assim a essência das cidades espalhadas. Este movimento incorpora a mistura de usos do solo, de forma que as áreas residências de comércio e lazer estejam em distâncias compatíveis, com ruas mais estreitas e calçadas mais amplas e agradáveis, tornando-se a forma urbana ou o ambiente construído mais atraente aos indivíduos a realizarem suas atividades diárias pelo modo a pé (FREILICH, 2000).

Portanto, um exemplo de estudo que analisa diretamente alguns dos princípios do Novo Urbanismo ao meio físico urbano foi o desenvolvido por WESTON (2002), onde a autora revela que, dos vinte e sete princípios do Novo Urbanismo, sete estão relacionados à forma urbana e ao andar a pé:

1. os bairros devem ser compactos, amigáveis aos pedestres e com uso do solo misto;
2. as atividades diárias devem ocorrer a curtas distâncias e devem ser projetadas redes viárias conectadas para incentivar as viagens a pé;
3. os bairros devem conter vários níveis de moradias quanto a valor e estilo;

4. corredores de transporte coletivo bem localizados podem ajudar a organizar a estrutura metropolitana;
5. tipos de uso do solo e densidades adequadas devem estar a curta distância de paradas de transporte coletivo;
6. os bairros devem conter áreas comerciais, institucionais, cívicas, e as escolas devem estar localizadas de forma a estimular as crianças a caminharem ou andar de bicicleta em suas viagens;
7. parques e áreas de lazer devem estar distribuídos dentro dos bairros.

Através desta pesquisa pôde-se investigar a influência destes princípios em bairros já existentes como forma de incentivar as viagens realizadas a pé. Foi realizada uma revisão bibliográfica e selecionadas as medidas que melhor avaliam estes princípios ao nível de bairro. A pesquisa foi realizada em sete bairros da cidade de Austin, Texas.

As características relacionadas ao meio físico urbano foram referentes ao uso do solo (índice de dissimilaridade, índice de agregação), sistema viário (número ou porcentagem de vias com cul-de-sac, porcentagem de segmentos de vias e nós conectados) desenho urbano (tamanho das quadras), tipo de moradia (multifamiliares e unifamiliares) e espaço aberto (quantidade de espaço destinado a parques, área verde nos bairros).

Os resultados obtidos mostram que os princípios do novo urbanismo voltados aos modos não motorizados medidos por índices e indicadores selecionados na literatura (mistura de uso do solo, interconectividade das vias, serviços de transporte coletivo, tipos de moradias, quantidade de parques e áreas abertas) podem vir a influenciar positivamente nas viagens a pé nos bairros, logicamente nos bairros onde estes princípios são mais evidentes.

No entanto as características do meio físico urbano desempenham um papel importante nas escolhas modais individuais de transportes, agindo freqüentemente como uma restrição nas alternativas que poderiam estar disponíveis, ou seja, a forma urbana tem seu foco sobre as características locais da cidade que influenciam as escolhas individuais de viagens.

Muitos são os trabalhos na literatura que estudam a influência das características da forma urbana sobre a escolha individual dos modos de transporte, principalmente sobre o uso do automóvel e a relação entre a forma urbana e as viagens realizadas a pé. Diversas pesquisas sugerem que a presença de certas características no ambiente físico da cidade está diretamente relacionada a um aumento no número de viagens

não motorizadas. Em particular, as viagens a pé e as viagens de bicicleta tendem a aumentar na presença de características como o uso misto do solo, continuidade das calçadas, largura adequada ao fluxo de pedestres nas calçadas, uma melhor conectividade das vias, topografia adequada e uma maior densidade populacional e de emprego entre os pontos de origem e destinos das viagens em certa área (ALLAN, 2001; CERVERO, 1996; FRANK e PIVO, 1994; HANDY, 1996 a,b; KITAMURA et al, 1997).

HANDY (1996b) analisou passeios a pé e viagens utilitárias para compras em Austin, Texas. Os resultados de sua pesquisa mostraram que, para a análise dos passeios a pé, a forma urbana é um fator externo que pode influenciar as caminhadas, existindo uma maior frequência de viagens em bairros com facilidades para pedestres. Nestes bairros, poucos moradores relataram que o grande fluxo de veículos, a topografia ou a ausência de calçadas fossem a razão para não realizarem suas caminhadas. Entretanto, na análise das viagens utilitárias para compras, a influência da forma urbana nas escolhas individuais mostrou-se direta. Os bairros onde se concentram as maiores diversidades de uso do solo, com residências, locais de prestação de serviço e locais de emprego apresentaram uma maior quantidade de viagens para compras realizadas a pé, devido à maior proximidade espacial entre os locais de realização das atividades individuais.

Em outro estudo realizado por SHRIVER (1997) demonstrou-se a influência dos diferentes tipos de estrutura urbana nos padrões de realização de viagens pelo modo a pé. O estudo avaliou bairros com traçado das vias adequados para o pedestre e para o automóvel, e com características semelhantes entre si, como por exemplo, o uso do solo, as densidades populacionais e as características socioeconômicas. Verificou-se que os padrões de realização de viagem pelo modo a pé variam significativamente entre bairros com diferentes características de acessibilidade e maior diversidade nos tipos de uso do solo. Nos bairros com altos níveis de acessibilidade e com características mais adequadas aos pedestres, as viagens a pé eram predominantemente utilitárias e curtas. Em bairros menos acessíveis e mais voltados ao uso do automóvel, as viagens a pé eram caracterizadas por serem longas, mas por motivos recreacionais e menos frequentes. Os resultados mostram que o tipo de uso do solo, as características do desenho urbano e os níveis de acessibilidade influenciam na distância viajada, na duração, no motivo da viagem e no número de atividades realizadas a pé.

Em uma pesquisa, CERVERO (1996) analisou as viagens casa/trabalho em 44 áreas metropolitanas americanas com população acima de um milhão de habitantes. Os resultados mostraram que altas densidades e usos mistos do solo tendem a reduzir as viagens

individuais com veículos motorizados, principalmente, às viagens curtas realizadas de casa para o trabalho.

MOUDON et al (1997) analisaram a porcentagem de viagens a pé em 12 bairros de Puget Sound, Washington. Os bairros estudados apresentavam características sócio-econômicas semelhantes e o resultado deste estudo mostrou que os pedestres não realizaram caminhadas em locais com pouca ou nenhuma orientação e facilidades para os usuários, como por exemplo, calçadas arborizadas e iluminadas, mesmo com a presença de parques, praças ou áreas verdes nos bairros.

CERVERO e KOCKELMAN (1997) estudaram a relação entre as viagens não utilitárias, como por exemplo, os passeios a pé, e a forma urbana em bairros situados na área da Baía de São Francisco. Os resultados mostraram que áreas com altas densidades, usos mistos e com facilidades para pedestres podem encorajar as viagens a pé e diminuir as viagens com automóvel, além de reduzir as distâncias percorridas por morador e incentivar a escolha de outros modos de transporte, como os modos não motorizados.

ALLAN (2001) analisa o andar a pé como um modo de transporte e examina algumas das características das cidades que incentivem as caminhadas. Em sua pesquisa foi utilizado índice de permeabilidade de caminhadas, como sendo uma ferramenta de planejamento muito útil na análise de como uma área urbana facilita as caminhadas a tornarem-se uma opção de transporte local. O autor cita a importância dos fatores de densidade urbana e sistema viário como pontos críticos na escolha pelo modo a pé e propõe relacionar a permeabilidade do tecido urbano a estes fatores. Segundo o autor, as caminhadas podem ser consideradas uma opção de modo de transporte a distâncias de aproximadamente 2 km, entre a origem e o destino da viagem em áreas onde o tecido urbano seja desobstruído, com padrão de sistema viário em forma de grelha e relativamente bem conectado. No entanto a realidade na maioria das cidades é de possuírem um tecido urbano que desestimula e restringe o acesso dos pedestres, por exemplo, com quadras de grandes e vias mal conectadas.

Foram utilizados os dados do censo de 1996 da população e moradias da área metropolitana de Adelaide-Austrália, onde se realizaram estudos de caso em duas áreas residenciais em desenvolvimento. O autor queria examinar, pelo uso de índices de permeabilidade, a influência causada pela densidade urbana e o sistema viário no estímulo as caminhadas.

Os resultados constataram que apesar de ambos os locais se comportarem de forma razoável no incentivo as caminhadas, nenhum foi suficientemente apto a permitir o acesso das pessoas sem o automóvel. O autor constatou uma relação clara entre as características da forma urbana (densidade urbana e sistema viário), como sendo características fundamentais a uma cidade que seja ou queira ser projetada ao incentivo as caminhadas como um modo de transporte.

O autor sugere que mais deve ser feito nas áreas urbanas em termos de aumento de densidades urbanas e melhorias ao sistema viário, como rotas exclusivas aos pedestres e uma melhor conectividade das vias, de forma que o andar a pé torne-se uma atividade habitual entre os usuários.

Através da relação entre características da forma urbana e viagens não motorizadas, alguns estudos definem medidas destas características ou desenvolvem modelos compostos que medem a conveniência ao pedestre, e prevêm o comportamento das viagens na cidade. Exemplos de alguns estudos foram os realizados nos Estados Unidos, no município de Montgomery, Maryland onde planejadores de transporte desenvolveram um índice amigável aos pedestres, baseado na disponibilidade de calçadas e abrigos de transporte coletivo. Outro estudo foi o desenvolvido em Oregon medindo a estrutura urbana destinada ao pedestre, considerando a continuidade de calçadas, facilidade de cruzamentos das vias e topografia. (CERVERO e KOCKELMAN, 1997; SRINIVASAN, 2002).

MILLER e IBRAHIM (1998) definem forma urbana como a “combinação da distribuição das atividades urbanas nas cidades”. Eles propõem elementos de densidade, descentralização e estrutura para representar o componente físico da forma urbana. Foi realizado um estudo de caso na Grande Área de Toronto, Canadá, onde modelos de regressão linear foram desenvolvidos para avaliar a relação entre a forma urbana e a realização de viagens utilitárias (casa/trabalho) com automóvel em 3 zonas selecionadas dentro da área estudada. Os autores concluíram que em locais com uso do solo homogêneo há um aumento da motorização em virtude das maiores distâncias a serem percorridas entre casa e trabalho.

KRIZEK (2001), em sua pesquisa, relata a importância da acessibilidade e propõe o desenvolvimento de um índice de acessibilidade como auxílio a planejadores urbanos. A pesquisa é realizada na área central metropolitana de Puget, no estado de Washington. Segundo o autor o nível de acessibilidade em uma área torna-se um parâmetro de grande influência no comportamento de viagens.

Neste índice o autor incorpora variáveis relacionadas aos 3Ds (diversidade de uso do solo, densidade urbana e desenho das vias), onde a combinação destas seria a base para que um bairro tenha um alto nível de acessibilidade.

A região em estudo foi dividida em 150 setores de menor dimensão, devido à inviabilidade de pesquisas mais detalhadas em campo e mapas em toda a área metropolitana. Os dados foram obtidos através da agência de planejamento regional de Puget, que mantém fontes de dados detalhadas relacionados ao uso do solo e desenho das vias. Com relação às densidades estudadas (densidade populacional e densidade residencial) utilizou-se o censo norte americano relativo à área de Puget, onde pôde-se calcular o valor das densidades para cada uma das 150 áreas menores.

As análises foram realizadas por modelos de regressão, sendo o nível de acessibilidade (NA) a variável dependente e as medidas de uso do solo, sistema viário e densidades, variáveis independentes, resultando em um índice que serve aos planejadores urbanos como uma forma de medir continuamente a acessibilidade de áreas urbanas de acordo com as respostas de suas próprias características físicas.

SRINIVASAN (2002), desenvolvendo um índice de ambiente amigável aos pedestres em Boston, observou que os espaços físicos que contenham alguma característica destinada aos pedestres nas rotas dos usuários entre casa e trabalho têm uma relativa importância à maioria dos usuários no momento da decisão de utilizar o modo a pé nas viagens de trabalho.

Na pesquisa realizada por RAJAMANI (2003), os autores investigam a influência das características da forma urbana na escolha do modo de transporte nas viagens utilitárias.

A pesquisa foi realizada com base em dados socioeconômicos e de viagens obtidos através da pesquisa realizada pela Companhia Metropolitana do Metrô de Portland e dados referentes a características da forma urbana.

A Companhia Metropolitana realizou em 1995 uma pesquisa através da aplicação de diários de viagens a indivíduos em suas residências por dois dias da semana. As informações obtidas por esta pesquisa continham informações sobre o modo de transporte usado nas viagens, início e fim da viagem e da atividade e informações sócio demográficas dos indivíduos e das residências. As informações referentes à forma urbana levantadas foram no aspecto de diversidade de uso misto do solo, densidade urbana (densidade residencial e

densidade populacional), variáveis relacionadas à acessibilidade, (índice de acessibilidade, porcentagem de residências próximas a estabelecimentos comerciais e porcentagem de residências próximas a pontos de ônibus) e variáveis relacionadas a rede viária (índice de conectividade e porcentagem de cul-de-sac nas vias do bairro).

Foi utilizado um modelo multinomial como forma de análise e os resultados indicam uma relação clara na influência entre a escolha pelo modo a pé na realização das viagens utilitárias e as características da forma urbana.

DILL (2004) relata que os planejadores urbanos tradicionais recomendam que o desenho das vias nos bairros seja em forma de grelha, com quadras de pequena dimensão e com poucos cul-de-sacs. Estas recomendações retratam os bairros como sendo os mais amigáveis e propensos a promover os deslocamentos a pé. No entanto a autora propôs uma avaliação de uma série de medidas de conectividade de vias, com o propósito de como medir e em que níveis a conectividade é apropriada de forma a aumentar as viagens a pé.

As medidas de conectividade são muito úteis em pesquisa relacionadas a comportamento de viagem e forma urbana, onde é possível constatar que uma rede viária bem conectada pode representar uma redução na distância entre as viagens e um maior número de rotas ou caminhos disponíveis ao usuário. Outro fator importante observado é a influência da conectividade viária nas políticas públicas que são capazes de estabelecer novos padrões de desenvolvimento urbano.

Foram aplicadas quatro das medidas de conectividades de vias avaliadas na região metropolitana de Portland, são elas: densidade de interseções, densidades de vias, porcentagem de interseções conectadas, relação de segmento de via por interseção.

A autora pôde concluir que apesar de correlatas as medidas não indicaram um mesmo nível de conectividade na área estudada, mas em geral, as áreas mais conectadas são no centro da cidade de Portland e no lado leste (leste do Rio de Willamette que corre norte-sul pelo meio da região). Estas são áreas que se desenvolveram em grande parte antes de 1950 e são constituídas por um padrão de via em forma de grelha. Portanto como forma de aumentar as viagens realizadas a pé e por bicicleta é criar rotas na forma urbana mais curtas e mais diretas.

Em outra análise realizada por THAMBIAH et al. (2004), os autores propuseram um método interessante aplicado na cidade de Sapporo (Japão), de calcular o nível de serviço global de calçadas e faixas para pedestres, de forma a estimular o modo a pé.

O objetivo principal desta análise é propor um método que determine o nível de serviço de calçadas e faixas de pedestres através do processo estatístico de análise conjunta e também determinar por ordem de importância quais fatores que mais alteram os valores dos níveis e o estímulo ao modo a pé.

Os fatores analisados nesta metodologia foram: largura da calçada e de separação entre o pedestre e o tráfego; medida do número de obstáculos na calçada, índice de fluidez de pedestres na calçada, número de incidentes diversos (entre eles com bicicletas) em oposição ao fluxo de pedestres, cálculo da área necessária para o movimento de pedestres, medida de facilidade de cruzar as vias, medida da curvatura de visão entre o pedestre e o veículo nas interseções e medida do tempo de espera do pedestre no semáforo. Através da análise conjunta foram realizados diversos arranjos entre os fatores de forma a obter um nível de serviço mais preciso.

Os resultados apontam que, dos oito fatores analisados, os que mais se destacaram em relação às calçadas foram o índice de fluidez dos pedestres e o número de incidentes com bicicletas nas calçadas, neste caso os autores recomendam aos planejadores de transporte que sejam evitados na estrutura física urbana caminhos de uso compartilhado entre pedestres e ciclistas devido ao desconforto e insegurança. Em relação à faixa de pedestres, o fator que mais se destacou foi o fator de visão dos pedestres em perceberem os veículos virando as interseções, de forma a diminuir drasticamente a sua segurança, neste caso os autores recomendam que as interseções sejam projetadas para minimizar as ocorrências de conflitos entre pedestres e veículos.

RODRIGUEZ e JOO (2004) examinaram, através de modelos multinomiais, a relação entre a escolha do modo de viagem e as características do ambiente físico, como topografia, densidade residencial, disponibilidade de calçadas e presença de rotas para ciclismo e caminhadas.

Os dados necessários à realização desta pesquisa foram os de estudantes da Universidade da Carolina do Norte de modo a ilustrar a relação entre a escolha do modo e os atributos do meio físico cujo objetivo era de avaliar as características modais típicas de viagem, como tempo de viagem, tempo de acesso e custo.

Portanto, de acordo com os resultados encontrados, a topografia e a disponibilidade de calçada são significativamente associadas à atratividade dos modos não motorizados.

BOARNET e NESAMANI (2004) entrevistaram indivíduos em dois dias através de diários de viagem, para verificar se os fatores de uso do solo na forma urbana têm mais influência na geração de viagem utilitária ou na quilometragem total de viagens realizadas por automóvel (distância da viagem).

A pesquisa foi baseada em dados socioeconômicos, de uso do solo, e sistema viário. Com relação ao levantamento dos dados socioeconômicos e características das viagens e dos indivíduos, foram obtidos por meio de diários de viagens aplicados a três municípios na área de Portland em 1994. Os levantamentos dos dados referentes ao uso do solo foram obtidos através do censo americano de 1990 e o Pacote do Censo de Planejamento de Transportes (CTPP) que mostra o uso do solo ao longo da área estudada. As variáveis relacionadas ao sistema viário (conectividade das vias) foram obtidas através do Sistema Regional de Informações de Solo onde as informações estavam contidas em SIG (Sistema de Informações Geográficas). Com estas informações foi possível calcular a frequência de viagens individuais e a quilometragem percorrida por automóveis.

Por outro lado, alguns estudos concluíram que a forma urbana não interfere significativamente no modo de transporte utilizado, e sim as características socioeconômicas dos indivíduos que são fatores determinantes na escolha do modo de transporte. Todos esses estudos analisaram áreas com formas urbanas diferentes, mas que apresentavam características socioeconômicas semelhantes, a fim de que fosse possível isolar o efeito da forma urbana sobre a realização de viagens a pé.

MCNALLY e KULKARNI (1997) analisaram a relação entre a forma urbana e as viagens a pé em 20 bairros de Orange Country, Califórnia. Como resultado, concluíram que os aspectos socioeconômicos são os fatores mais determinantes na realização das viagens. Sendo assim, quanto maior a renda per capita, mais viagens são realizadas, independente do bairro de origem do indivíduo.

CRANE e CREPEAU (1998) analisaram as viagens diárias dos moradores em estudo realizado na cidade de San Diego, Califórnia. Os resultados mostraram que a configuração da forma urbana não afeta as viagens utilitárias para trabalho e compras. Concluíram assim que os fatores determinantes são as características socioeconômicas e as preferências individuais.

Nestes estudos, realizados para a análise da influência das características da forma urbana sobre as viagens realizadas a pé, pode-se perceber que as regiões com altas

densidades, maior diversidade de usos do solo, bons níveis de acessibilidade e desenho urbano voltado para o pedestre, estão freqüentemente associadas à diminuição das viagens por automóvel, devido à maior proximidade espacial entre os locais de realização das atividades individuais. Os elementos de escalas micro territoriais destinados a caracterizar, em escala humana, os sistemas de transportes e os modelos de desenvolvimento urbano têm seu foco sobre as características físicas locais dos ambientes construídos que influenciam as escolhas individuais das viagens realizadas por qualquer modo de transporte.

3 - VARIÁVEIS QUE CARACTERIZAM A FORMA URBANA

São muitos os trabalhos publicados que tratam da integração entre a forma urbana e a realização de viagens a pé. CRANE (2000) e BARBUGLI (2003) apresentam revisões bem abrangentes desses trabalhos. Verifica-se, nestes estudos, que o conceito de forma urbana é multidimensional. Muitas variáveis são utilizadas para descrever as características das zonas urbanas.

Alguns estudos analisam a forma urbana utilizando variáveis relacionadas à densidade, à diversidade de usos do solo e ao desenho das vias (CERVERO e KOCKELMAN, 1997; MCNALLY e KULKARNI, 1997). Outros trabalhos incluem ainda dimensões relacionadas à qualidade da infra-estrutura para pedestres e ciclistas, à mistura de uso dos solos e à qualidade do sistema de transporte coletivo da zona (1000 FRIENDS OF OREGON, 1993; FERREIRA e SANCHES, 2001).

Com base na literatura pesquisada, são apresentadas a seguir as variáveis que podem ser utilizadas para caracterizar a forma física de uma zona urbana e a maneira como estas variáveis podem interferir na realização das viagens pelo modo a pé.

As variáveis que caracterizam a forma urbana estão agrupadas em 5 categorias, de acordo com os aspectos de densidade urbana, qualidade dos espaços para pedestres, diversidade de usos do solo, desenho das vias, e disponibilidade de transporte coletivo.

3.1 Variáveis Relacionadas à Densidade Urbana

Freqüentemente as medidas de densidade populacional e de usos não residenciais são utilizadas na literatura para análise do comportamento de viagem (CERVERO, 1997). Locais com altas densidades estão associados à maior concentração de atividades tanto residenciais como comerciais, o que proporcionaria aos habitantes da região a possibilidade de realização de suas tarefas diárias usando modos de transporte não motorizados (modo a pé ou bicicleta).

A densidade pode ser definida como o número de habitantes ou empregos por quilometro quadrado (HANDY e CLIFTON, 2002). Uma das vantagens do uso dessa variável é a facilidade com que estas informações podem ser coletadas para sua estimativa. (HOLTZCLAW, 1994; VTPI, 2000; BOARNET & CRANE, 2001; CERVERO e KOCKELMAN, 1997; DAAMEN e HOOGENDOON, 2003; FHWA, 2000; HANDY E CLIFTON, 2002; MCNALLY & KULKARNI, 1997; MILLER E IBRAHIM, 1998; MOUDON et al, 1997; SHRIVER, 1997; TMIP, 2000).

As medidas de densidade mais usadas são as seguintes:

- Densidade Populacional Bruta, conforme Equação 3.1:

$$DPb = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

onde: DPb = densidade populacional bruta (habitantes/ha)

P = população do bairro (habitantes)

A = área total do bairro (ha)

- Densidade Populacional Líquida, conforme Equação 3.2:

$$DPl = \frac{P}{Ae} \quad (3.2)$$

onde: DPl = densidade populacional líquida (habitantes/ha)

P = população do bairro (habitantes)

Ae = área edificada no bairro (excluindo áreas de vias, parques e áreas não edificáveis – ha)

- Densidade Residencial, conforme Equação 3.3:

$$DR = \frac{R}{Ar} \quad (3.3)$$

onde: DR – densidade residencial (residências/ha)

R – número total de residências no bairro

Ar – área do bairro ocupada por uso residencial (ha)

- Densidade de Ocupação, conforme Equação 3.4:

$$DOc = \frac{Ac}{As} \quad (3.4)$$

onde: *DOc* – densidade de ocupação (área construída/ área do bairro ou setor).

Ac – área construída em (ha)

As – área do bairro ou setor (ha).

3.2 Variáveis Relacionadas à Qualidade dos Espaços para Pedestres

Uma das principais características da forma urbana relacionada à realização de viagens a pé é a qualidade do ambiente para pedestres. A existência de calçadas e a qualidade das mesmas (nos aspectos de segurança, seguridade, conforto, conectividade e estética) podem incentivar a opção dos indivíduos em realizar suas viagens a pé. Vários trabalhos procuram identificar quais as características que tornam o ambiente mais agradável para os pedestres (DIXON, 1996; FERREIRA E SANCHES, 2001; FRUIN, 1971; KHISTY, 1995; SARKAR, 1995).

Segundo a Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP (1999), a movimentação de pedestres corresponde à maior parte dos deslocamentos urbanos. Em pequenas cidades este movimento torna-se a maioria e em grandes metrópoles este número atinge 1/3 das viagens. A vulnerabilidade dos pedestres é muito grande, e segundo dados fornecidos da ANTP, nas grandes cidades brasileiras de 60 a 80% de mortes acidentais corresponde a atropelamentos. Assim, garantir ao pedestre um ambiente seguro (com calçadas e travessias) é um dos principais aspectos que devem ser considerados para garantir a circulação segura e confortável das pessoas.

Alguns trabalhos encontrados na literatura, como AGUIAR (2003) apresentam revisão de índices de avaliação do ambiente destinado aos pedestres considerando os fatores que contribuem para medir a qualidade desses espaços.

Algumas metodologias de avaliação do nível de serviço são realizadas apenas por técnicos, não considerando a opinião do usuário. Um exemplo de metodologia é a desenvolvida por FRUIN (1971), que propõe um nível de serviço (NS) baseado em dados quantitativos e qualitativos para avaliar os espaços destinados aos pedestres. O procedimento adotado envolve conceito de densidade e velocidade de caminhada. Em espaços urbanos, com alta densidade e baixa velocidade de caminhada, observou-se uma inconveniência na

realização de caminhadas. Os resultados finais permitiram a definição de seis níveis de serviço para projetos de calçadas e escadas no ambiente urbano.

Já na metodologia de DIXON (1996), os indicadores usados para avaliação do espaço para pedestres e ciclistas foram à existência, continuidade e largura das calçadas, os conflitos de pedestres com veículos, as amenidades existentes nas calçadas, o nível de serviço para veículos nas vias, o estado de conservação das calçadas e a existência de medidas de moderação de tráfego.

Por outro lado, alguns trabalhos apresentam métodos que objetivam especificamente avaliar a qualidade das calçadas sob a ótica do usuário. FERREIRA E SANCHES (2001) desenvolveram uma metodologia de avaliação constituída em três etapas: Na primeira etapa, é feita uma avaliação técnica, com base nos indicadores de qualidade (*IQ*) considerados mais relevantes que são: *Atratividade Visual, Conforto, Continuidade, Segurança e Seguridade* das calçadas, atribuindo-se pontuação correspondente a cada nível de serviço. A segunda etapa trata-se da pesquisa de opinião com os usuários, atribuindo-se grau de importância aos indicadores de qualidade das calçadas, já citados, permitindo uma ponderação na avaliação entre os indicadores de qualidade, de acordo com a percepção dos usuários. Na terceira e última etapa, é realizada a avaliação final dos espaços considerando a pontuação obtida na avaliação técnica, ponderada pela avaliação dos usuários, criando-se um Índice de Qualidade de Calçadas. Através deste índice é possível auxiliar os administradores públicos a avaliar a qualidade dos espaços públicos para pedestres e identificar locais que necessitam de melhoramentos.

KHISTY (1995) propôs um método prático de avaliação dos espaços para pedestres, ainda de acordo com a opinião do usuário. Neste estudo foram utilizadas sete características dos espaços urbanos adequados aos pedestres: atratividade, conforto, conveniência, segurança, seguridade, coerência do sistema de calçadas e continuidade do sistema. A ordem de importância de cada uma das variáveis é obtida através de entrevistas com os usuários. A avaliação final é obtida com a somatória da nota atribuída a cada critério considerado, ponderado pela importância relativa de cada critério.

Alguns estudos evidenciam a questão de segurança para pedestres, enfocando a redução do número de acidentes em cruzamentos e travessias de ruas, aspectos como faixa etária dos usuários, visibilidade do local, equipamentos especiais e educação dos usuários. No estudo realizado por SARKAR (1995), o método de avaliação da segurança dos pedestres, foi descrito em etapas, sendo que na primeira delas é realizada uma avaliação geral dos

espaços para pedestres, considerando critérios de segurança, como seguridade, possibilidades de queda e conflitos. Na segunda etapa, é feita uma avaliação dos problemas de segurança na ligação dos pedestres aos outros modos de transporte, como o transporte coletivo, nas calçadas e interseções.

O Quadro 3.1 mostra um resumo das variáveis relacionadas ao aspecto de Qualidade dos Espaços Urbanos encontradas na literatura.

Quadro 3.1 - Variáveis utilizadas para descrever o aspecto de qualidade dos espaços para pedestres

• % de quadras com calçadas	• largura média das calçadas
• % de quadras com arborização	• declividade média das vias
• % de quadras com iluminação	• distâncias médias entre postes de iluminação
• % de interseções com semáforos	• % de interseções com semáforos para pedestres

3.3 Variáveis Relacionadas à Diversidade de Usos do Solo

A diversidade (mistura) de usos do solo refere-se à sinergia criada pela proximidade das atividades residenciais, de comércio e serviços, diminuindo a distância entre a origem e o destino das viagens. Alguns estudos indicam que o aumento da diversidade de uso do solo incentiva a substituição de viagens de automóvel por viagens a pé (BOARNET e CRANE, 2001; CERVERO, 1996; CERVERO e KOCKELMAN, 1997; FHWA, 2000; MOUDON et al, 1997; HANDY e CLIFTON, 2002; SHRIVER, 1997). Outras pesquisas, no entanto, não encontraram uma relação significativa entre as viagens a pé e as características de uso do solo. (CRANE e CREPEAU, 1998).

A diversidade de uso de solo pode promover o modo a pé como um substituto para viagens motorizadas. Em um estudo realizado por BANERJEE e BAER (1984), em áreas residenciais, foram identificados os tipos de serviços que as comunidades locais julgavam prioritários em relação à proximidade com suas residências. Entre os serviços mais desejáveis, estão drogaria, supermercado, posto de gasolina, agência postal, e agência bancária.

Para HESS et al. (2000), pelo menos dois elementos relacionados à diversidade de uso de solo precisam ser considerados com respeito à influência nas viagens não

motorizadas. O primeiro é até que ponto os tipos de usos do solo complementam-se uns aos outros de modo funcional, tanto na origem como no destino das viagens. Por exemplo, uma mistura de uso agrícola e residencial não produzirá o mesmo benefício ou efeito de uma mistura de usos comercial e residencial. Um segundo ponto questionado é o quanto os diversos usos do solo complementam-se uns aos outros de modo espacial, ou seja, em relação à distância entre os locais de realização de atividades. Por exemplo, deve-se verificar se nas viagens a pé é possível a realização de atividades diferentes dentro de uma determinada faixa de distância.

Alguns trabalhos já publicados na literatura mostram formas diferentes de se avaliar a diversidade de uso do solo. HANDY e CLIFTON (2001) publicaram um estudo em que a diversidade de uso do solo era medida em termos de distâncias entre as residências de um bairro e pontos comerciais (lojas, supermercados, entre outras) de um bairro vizinho mais próximo. Em outro estudo (CERVERO e KOCKELMAN, 1997) usaram como medida de diversidade de uso do solo, um “índice de dissemelhança”, consistindo em dividir uma determinada área em células em forma de grelha e para cada célula contar o número de células vizinhas ocupado por diferentes tipos de usos.

No estudo de KITAMURA et al (1997) foram analisados cinco locais, quanto à sua diversidade de uso do solo. A análise foi realizada com base nas respostas fornecidas pelos usuários, que deveriam estimar a distância mínima de sua residência ao local de comércio mais próximo (lojas, drogarias, supermercados, posto de gasolina, agências bancárias, agências postais).

Alguns estudos consideram a diversidade de uso do solo através de uma simples inspeção, como, por exemplo, o estudo desenvolvido por CERVERO (1996) realizado em um bairro americano. O estudo considerou duas variáveis, a primeira variável indicou a existência de comércio e outras atividades não residenciais dentro de um raio de 0,1 km de uma residência inspecionada (geralmente uma ou duas quadras de distância). A segunda variável identificou, especificamente, se havia supermercado ou drogaria entre 0,1 km e 1,5 km da residência inspecionada. Neste sentido, através da primeira variável era possível identificar se havia atividades não residenciais na vizinhança imediata, considerando que a segunda variável especificou somente a presença de supermercado e drogaria na área, a uma distância de caminhada conveniente.

Uma variável utilizada em diversos trabalhos para medir a diversidade de uso do solo é o Índice de Entropia (ARRUDA, 2000; CERVERO, 1989; FRANK E PIVO, 1994;

KOCKELMAN, 1996; MESSENGER e EWING, 1996; SUN et al, 1998, BARBUGLI, 2003).

Esse índice avalia o equilíbrio na distribuição de área construída nas diferentes categorias de usos do solo dentro uma determinada região e pode ser calculado através da seguinte formulação: (CERVERO e KOCKELMAN, 1997; SUN et al,1998; BARBUGLI, 2003)

$$E_i = \frac{-\sum_{j=1}^k (p_{ji})(\ln p_{ji})}{(\ln k)} \quad (3.5)$$

Onde:

E_i = índice de entropia no setor censitário i

p_{ji} = parcela da área construída ocupada pelo uso do solo j no setor i

k = número de categorias de uso do solo consideradas

O índice de entropia pode variar entre 0 (homogeneidade, existe apenas um tipo de uso do solo no bairro) e 1 (heterogeneidade, o bairro é ocupado por porcentagens iguais de todos os usos do solo considerados).

Através do cálculo do índice de entropia é possível analisar o espalhamento da diversidade de usos do solo nas zonas urbanas identificando-se a influência destes usos na realização das viagens não motorizadas.

Na pesquisa realizada por KOCKELMAN (1996) o autor relata a conveniência em somente incluir os usos residencial, comercial e serviços no índice de entropia, devido a estes usos em conjunto representarem melhor as áreas urbanas com alto nível de acessibilidade. Dependendo do nível de precisão pode ser necessário adaptar o índice, para evitar viés nas análises de áreas menores ou áreas pouco desenvolvidas.

3.4 Variáveis Relacionadas ao Desenho das Vias

A forma e desenho das vias são de grande importância na motivação ao uso do modo a pé na realização das viagens urbanas diárias. Segundo o estudo de JONES (2001), no moderno desenvolvimento das cidades o caminhar tornou-se difícil ou quase impossível como opção para muitas viagens, por fatores como sistema de vias desconectadas, insegurança nos cruzamentos, rotas alternativas devido a quadras de grande tamanho (colocando em risco a segurança do pedestre), e longas distâncias para a maioria dos destinos. No entanto, em

bairros considerados confortáveis aos pedestres, deve-se priorizar e desenvolver uma rede de vias que não só atenda às viagens motorizadas, mas especificamente que atraia viagens a pé.

Verificou-se, na literatura pesquisada, que muitos estudos apresentam alternativas para se avaliar os efeitos do desenho das vias e dos bairros na escolha do modo de viagem. Alguns estudos apontam o padrão viário em forma de grelha como sendo o mais eficiente para incentivar as viagens a pé, por oferecer uma maior variedade de opções de rotas. Esta forma de sistema viário é associada às zonas com características “tradicionais” (que tornam mais atraentes o transporte coletivo e os modos não-motorizados), ao contrário de zonas “modernas” com muitos cul-de-sacs. (ALLAN, 2001; BOARNET e CRANE, 2001; CERVERO e KOCKELMAN, 1997; CRANE e CREPEAU, 1998; DILL, 2004; HANDY, 1996a,b; 2003; JONES, 2001; MCNALLY e KULKARNI, 1997; MOUDON et al, 1997; SHRIVER, 1997).

O Quadro 3.2 mostra as variáveis encontradas na literatura, relacionadas ao aspecto de Desenho das Vias.

Quadro 3.2 - Variáveis utilizadas para descrever o aspecto de desenho das vias

• permeabilidade para pedestres	• número de intersecções/km de vias
• tamanho médio das quadras	• declividade média das vias, largura média das vias, comprimento de vias/ha
• % de cul-de-sacs	• % da área da zona ocupada pelo sistema viário
• número de quadras /ha	• nº de seg vias / nº intersecções
• número de intersecção/ha	• porcentagem de intersecções conectadas
• comprimento linear de vias/ha	• comprimento médio das quadras
• % intersecção em cruz	
• % intersecção em T	
• nº inter “cruz”/nº tot intersecções	

HANDY (1996a) realizou um estudo para verificar a influência das características do desenho das vias na escolha do modo de transporte. O estudo comparou as características viárias, isoladamente das características domiciliares (por exemplo, existência de automóveis e número de viagens diárias dos moradores, entre outras). Os resultados encontrados mostraram que os efeitos causados pelas características das vias são mais significativos que os efeitos das características domiciliares, no que se refere ao tempo, frequência e variedade de destinos das viagens entre zonas com desenhos tradicionais, em

forma de gelha, e zonas com desenhos modernos, contendo grandes números de cul-de-sacs. Neste estudo, foram consideradas as seguintes variáveis: índice de acessibilidade das zonas, número de quadras por quilômetro quadrado, número de cul-de-sac por quilômetro de vias e acesso das vias às zonas comerciais.

Em outra pesquisa realizada, 1000 FRIENDS OF OREGON (1993), verificou que a qualidade do espaço destinado aos pedestres está diretamente relacionada ao aumento no número de viagens realizadas pelo modo a pé, conseqüentemente um menor número de viagens motorizadas. Foram avaliadas características como facilidade de cruzamento nas vias, continuidade das calçadas, topografia e formato da rede viária (grelhas ou cul-de-sacs).

Outro índice que tem sido estudado para verificar a maior ou menor facilidade de deslocamento dos pedestres em uma cidade é o índice de permeabilidade. Este índice considera características como o tamanho das quadras, o número de cruzamentos e a conectividade das vias, entre outras (ALLAN, 2001). Por exemplo, um bairro com quadras muito grandes pode restringir o movimento do pedestre e fazer com que o acesso entre pontos do bairro ocorra por caminhos sinuosos e mais longos. Este índice pode ser calculado tanto em função da distância como do tempo de viagem.

São apresentadas a seguir as formulações usadas para cálculo do índice de permeabilidade em função da distância (Equação 3.6) e do tempo de viagem (Equação 3.7).

$$IDPP = \frac{dd}{dr} \quad (3.6)$$

onde: *IDPP* – índice de permeabilidade para pedestres em função da distância de viagem no bairro ou setor *i*.

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

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

O índice pode variar de 0 a 1. Se o *IDPP* for igual a 1 o ambiente é perfeitamente adequado ao pedestre, permitindo que estes caminhem diretamente aos seus destinos inicialmente planejados com menor distância percorrida. Esta ferramenta é muito

útil em planejamento analítico, onde a IDPP poderia ser usado para explorar viagens entre pontos de origens e destinos em uma área local.

$$ITPP = \frac{tr}{td} \quad (3.7)$$

onde: *ITPP* – índice de permeabilidade para pedestres em função do tempo de viagem;

tr - tempo de caminhada pelo caminho mais curto entre a origem e o destino

td - tempo de caminhada em linha reta entre a origem e o destino

O Índice de Permeabilidade para pedestres em função do tempo de viagem reflete o tempo gasto entre pontos de origem e destino de viagens. Em casos em que a malha viária em um determinado local não é exclusivamente direcionada aos pedestres, o mesmo tem que compartilhar a rede com outros modos de transporte. A distância passa a não ser o fator determinante de análise. Nesse caso, a formulação baseada no tempo de viagem pode vir a oferecer uma avaliação mais realista das situações que um pedestre provavelmente poderá encontrar na realização de sua caminhada em ambientes urbanos, uma vez que incorpora os tempos de espera nos cruzamentos ao longo da rede viária.

DILL (2004) realizou um estudo sobre algumas medidas de conectividade de vias, que foram aplicadas na cidade de Portland – Oregon, com a finalidade de aumentar o uso dos modos não motorizados: o andar a pé e de bicicleta. Segundo a autora, as vias mais conectadas representam uma maior variedade de caminhos aos pedestres, tornando-se mais atraentes aos usuários que optarem por andar a pé e resultando em economia de custo de transporte e tempo na realização das viagens.

Uma das variáveis relacionada à conectividade das vias é o comprimento das quadras, que pode ser utilizado de várias maneiras de forma a promover e medir a conectividade (HANDY et al, 2003). Geralmente o comprimento das quadras é medido entre os centros das intersecções das vias de cada lateral da quadra. Os padrões de comprimento das quadras variam de 0,10 a 0,20 km, mas os padrões mais aceitáveis a promover o modo a pé são comprimentos ainda menores. Quadras que possuem dimensões menores representam um aumento no número de intersecções, resultando em um número maior de rotas e distâncias relativamente mais curtas de caminhadas.

A densidade de quadras pode ser entendida como a relação entre o número de quadras por unidade de área, por exemplo, número de quadras por hectare, ou número de quadras por km² (DILL, 2004). A título de exemplo as Figuras 3.1 e 3.2 mostram setores censitários que possuem valores diferentes de densidade de quadras.

Já o tamanho das quadras foi adotado em vários centros urbanos como forma de medir a conectividade das vias. Normalmente o tamanho da quadra é obtido pelo perímetro ou pela medida da área (HANDY et al, 2003).

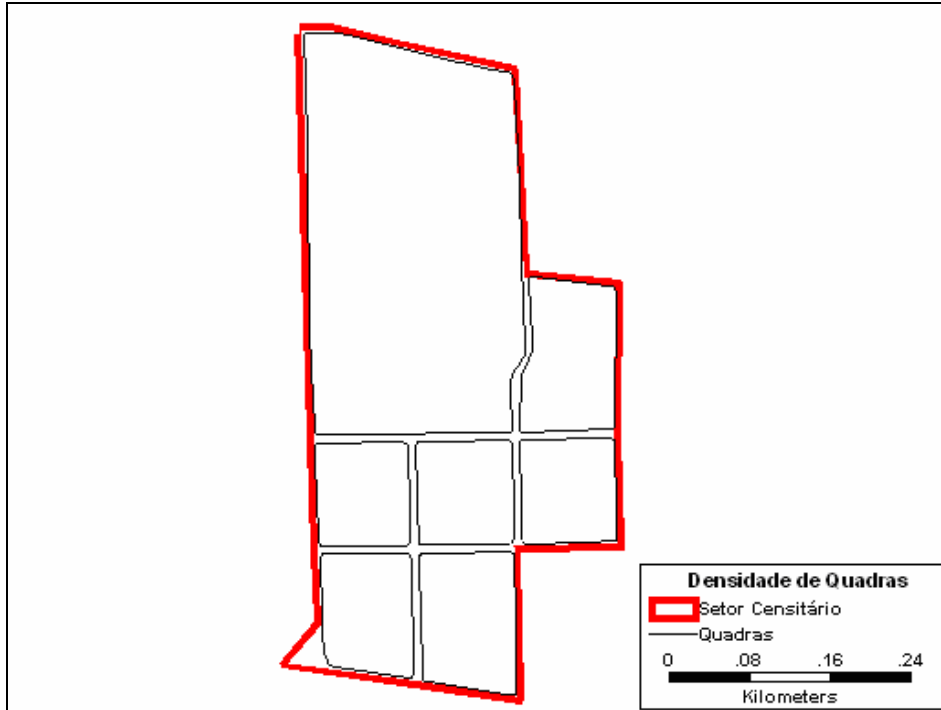


Figura 3.1 – Setor Censitário com densidade de quadra igual a 0,45

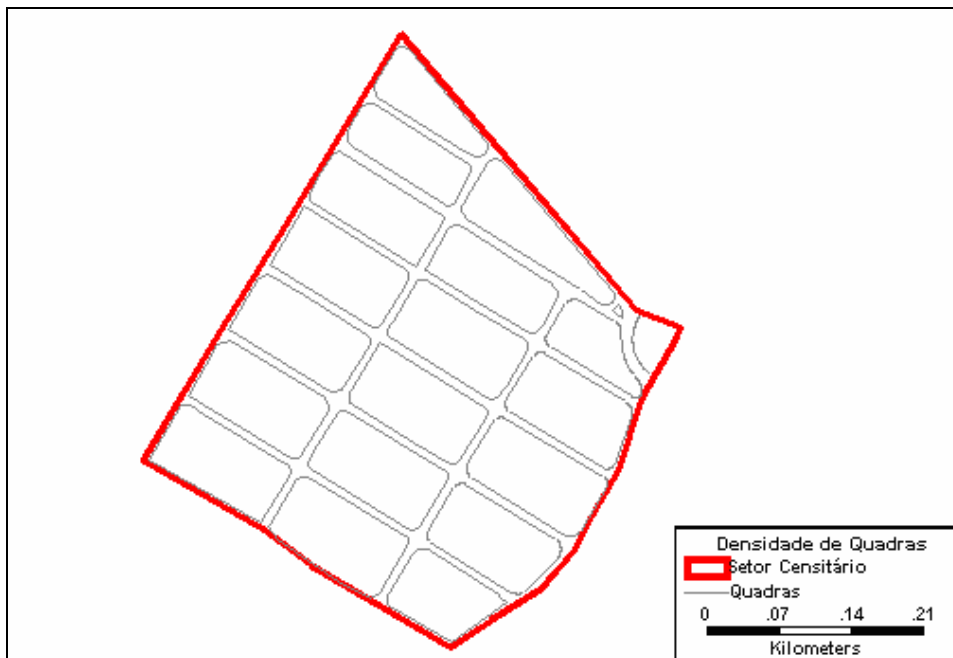


Figura 3.2 – Setor Censitário com densidade de quadra igual a 1,10

A densidade de intersecções é medida através da relação entre o número de intersecções por unidade de área, por exemplo, (km²). Um valor mais alto indicaria mais

interseções e relativamente uma conectividade mais alta. A título de exemplo as Figuras 3.3 e 3.4 mostram setores censitários que possuem valores diferentes de densidade de interseções.

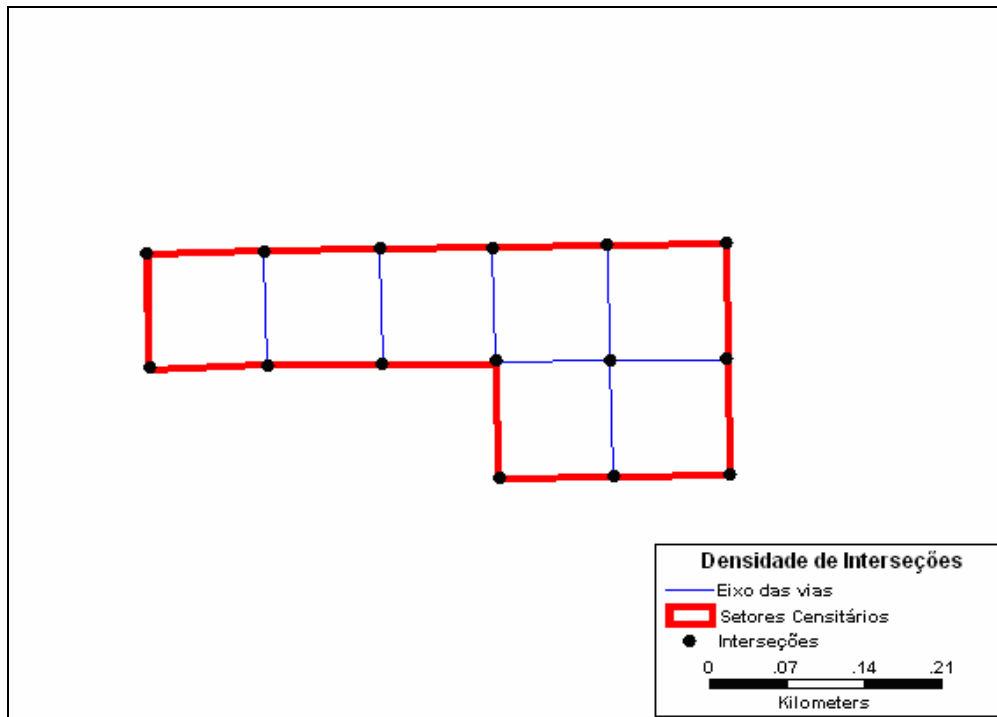


Figura 3.3 – Setor Censitário com densidade de interseção igual a 2,00

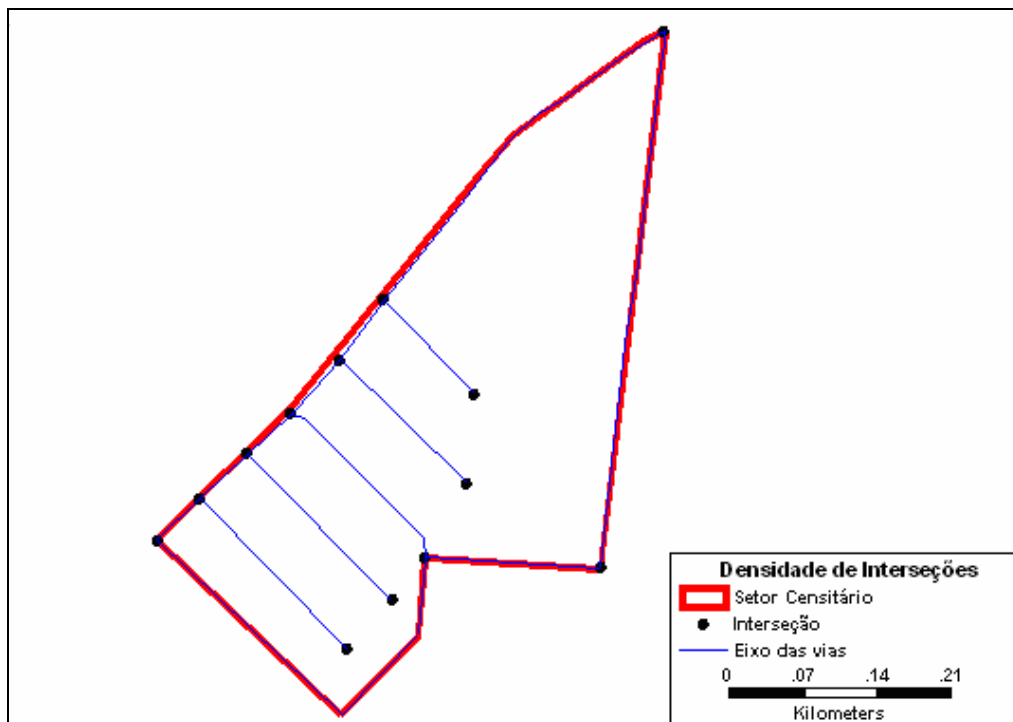


Figura 3.4 – Setor Censitário com densidade de interseção igual a 1,04

Já a densidade de vias é medida através da relação entre o comprimento linear de vias por unidade de área (por exemplo, quilômetro de vias por km²), ou seja, um valor mais alto representa mais vias e teoricamente uma conectividade mais alta.

As variáveis: densidade de vias, densidade de interseção e densidade de quadras são correlacionadas entre si (DILL, 2004).

A variável porcentagem de interseções conectadas representa a relação entre o número de interseções de vias pelo número total de interseções de vias mais o número de cul-de-sacs. O valor máximo é 1,0, portanto valores próximos a 1,0 representam que a rede viária possui poucos cul-de-sac e relativamente um número maior de interseções, teoricamente isso representa um nível mais alto de conectividade. Assim sendo, recomenda-se valores iguais ou superiores a 0,70 para representar uma boa conectividade nas vias (DILL, 2004).

Uma outra maneira de se medir a conectividade é verificar o padrão do sistema viário, se a rede do sistema viário é em forma de grelha ou não. Sistema viário na forma de grelha representa um maior número de interseções em “cruz”, onde teoricamente aumenta a conectividade entre os segmentos de vias. Já um sistema viário que não seja em forma de grelha é aquele que contém um número maior de interseções em “T” e cul-de-sacs em sua configuração, representando uma baixa conectividade entre os segmentos de vias. O padrão do sistema viário pode ser obtido através da Equação 3.8

$$PSV = \frac{NITc}{NIT} \quad (3.8)$$

Onde: *NITc* é o número de interseções em “cruz” no setor

NIT é o número de interseções total no setor.

O valor obtido da formulação pode variar entre 0 e 1,0, quanto mais próximo de 1,0 estiver, representa que a configuração do sistema viário pode ser considerada em forma de grelha. A título de exemplo as Figuras 3.4 e 3.5 mostram setores censitários que possuem valores diferentes de padrão do sistema viário.

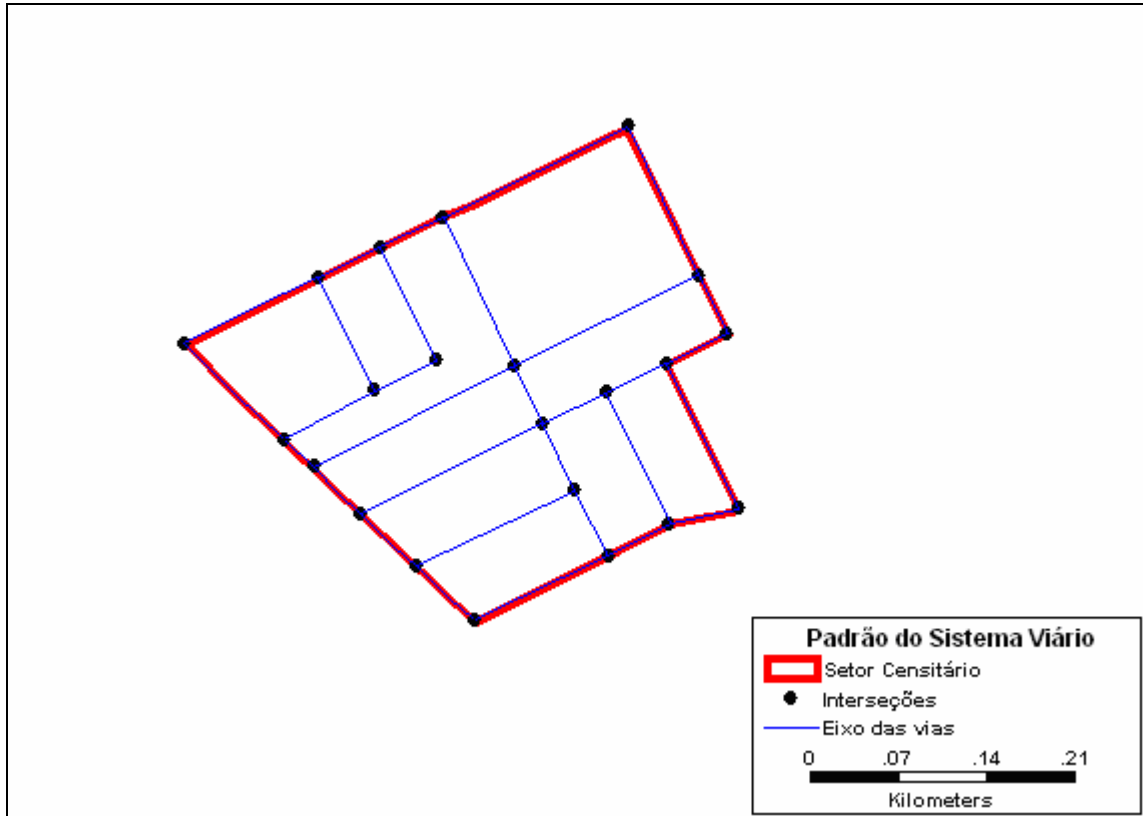


Figura 3.5 – Setor Censitário com Padrão do Sistema Viário igual a 0,14

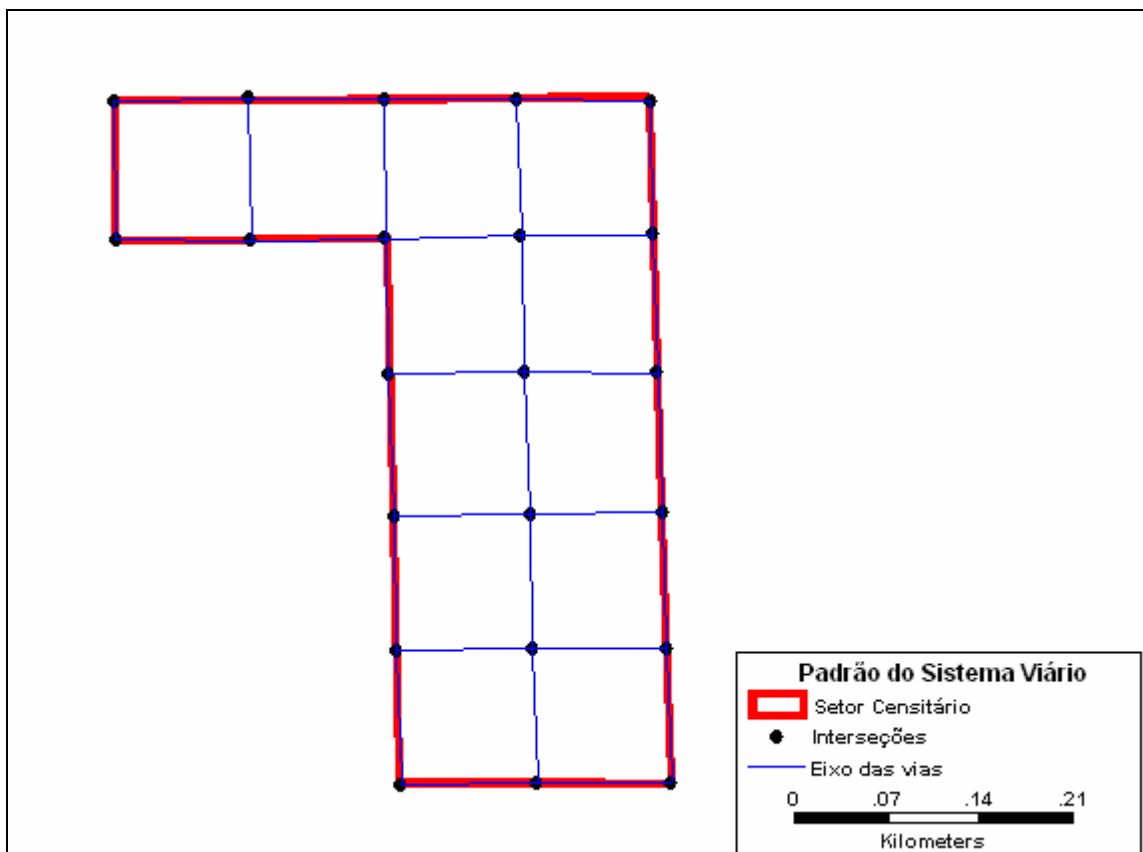


Figura 3.6 – Setor Censitário com Padrão do Sistema Viário igual a 1,00

Outra variável que pode ser utilizada para descrever o desenho das vias é o índice de conectividade das vias, que representa a relação entre o número de segmentos de vias pelo número de intersecções ou o final dos cul-de-sac dentro de uma área. Para uma perfeita conectividade recomenda-se que o valor da relação seja de 2,5. No entanto, valores da ordem de 1,2 a 1,4 são considerados como um bom padrão de conectividade. Uma limitação neste índice é a falta de representação do comprimento da viagem, ou seja, para o modo a pé, é importante o comprimento de uma rota da origem até o destino da viagem ser baixo, assim, uma área com um alto índice de conectividade não representa se estas ligações são realmente as mais curtas (HANDY et al, 2003).

3.5 Variáveis relacionadas à Disponibilidade de Transporte Coletivo

Uma das variáveis que, a principio, favorece o aumento das viagens realizadas pelo modo a pé nas zonas urbanas, é a disponibilidade de transporte coletivo (ARRUDA, 2000; FHWA, 2000; HANDY, 1996b, HENK e HUBBARD, 1996; HOLTZCLAW, 1994; MILLER E IBRAHIM, 1998; ROOD, 1998).

A acessibilidade ao Sistema de Transporte Coletivo é um dos elementos de maior importância ou até mesmo o aspecto principal no projeto de bairros ou setores baseado no conceito de Novo Urbanismo e no estímulo ao modo a pé (CERVERO, 1997).

Em um estudo realizado por ARRUDA (2000), a autora observou se havia relação entre as viagens realizadas pelo modo a pé e o comprimento da viagem. No estudo constatou-se que, quanto maior à distância de viagem, menor a utilização do modo a pé. Devido à limitação física, as caminhadas não excedem 3 km, e com a presença de transporte coletivo nas zonas urbanas os usuários podem optar por andar a pé complementando sua viagens com o transporte coletivo.

Outra pesquisa, realizada por HOLTZCLAW (1994), verificou as características das vias e da acessibilidade das zonas ao transporte coletivo. A pesquisa foi baseada no número de lugares no ônibus e no acesso da população ao serviço de transporte coletivo por hora em um trecho de 400 metros. Esta medida de acessibilidade do pedestre ao transporte coletivo inclui os padrões das vias e a topografia local. Os resultados mostram que os locais que possuem condições favoráveis nos aspectos estudados mostraram uma redução de usuários de transporte individual motorizado em até 8% em cada residência nas viagens diárias.

ROOD (1998) propôs uma forma de se medir a disponibilidade de transporte coletivo em uma zona urbana utilizando um Índice de Disponibilidade de Transporte Coletivo (LITA).

LITA combina 3 aspectos da intensidade de TC e relaciona o valor obtido com a população e a área da zona.

Esta ferramenta é de fácil interpretação das medidas de intensidade do serviço de Transporte Coletivo, baseada em uma análise conjunta de três aspectos do serviço: frequência do serviço de transporte coletivo, cobertura do serviço do transporte coletivo, capacidade do serviço de transporte coletivo.

A Frequência do Serviço de Transporte Coletivo mede o número total de viagens de cada linha de transporte coletivo que serve uma determinada zona urbana. Esta variável pode ser avaliada através da seguinte formulação (ROOD, 1998).

Frequência = \sum (número de viagens por dia de cada linha que serve a zona), considerando a presença de linhas de transporte coletivo nas zonas que possuem um número de pontos de paradas maior que 1.

A Cobertura do Serviço de Transporte Coletivo refere-se a proximidade espacial do serviço de transporte coletivo da origem ao destino de uma determinada viagem. Representa o nível de acesso por toda a área urbana, calculando-se a densidade de pontos de parada do ônibus por todo o percurso de cada linha que atende a uma determinada zona urbana. Esta variável pode ser avaliada através da seguinte formulação (ROOD, 1998).

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

A Capacidade do Serviço de Transporte Coletivo refere-se a medir o número total de lugares oferecidos pelas linhas de transporte coletivo na zona urbana. Esta variável pode ser avaliada através da seguinte formulação (ROOD, 1998).

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

4 – MODELO DE ESCOLHA DISCRETA

Neste capítulo são descritas as etapas da estrutura de um modelo comportamental ou de escolha discreta, sua formulação e a calibração dos resultados.

Os modelos de escolha modal são usados em análises para prever a opção dos indivíduos por um modo de transporte. Em geral, é comum nestes estudos o uso do Modelo de Escolha Discreta, pelo fato do mesmo prever a opção modal com base na agregação de diversas variáveis explicativas (CALIPER, 1996).

4.1 Formulação de um Modelo Comportamental ou de Escolha Discreta

Na formulação de um modelo de escolha discreta são desenvolvidas três etapas (ORTÚZAR e WILLUMSEM, 1994):

- 1 – A especificação da estrutura mais adequada para o modelo (multinomial ou aninhado);
- 2 – A definição do conjunto de variáveis explicativas a serem utilizadas;
- 3 – A definição do conjunto de escolhas individuais (quais as alternativas de modos de transporte disponíveis ao indivíduo para a realização da viagem).

4.1.1 Estrutura de um Modelo Comportamental ou de Escolha Discreta

A opção de um indivíduo entre um ou outro modo de transporte para a realização de uma viagem é influenciada por vários fatores, tais como:

- a) a velocidade, o conforto, a conveniência, o custo e a confiabilidade de cada modo;
- b) o comprimento e o motivo da viagem;
- c) as características socioeconômicas do indivíduo que irá realizar a viagem.

Dentre as metodologias disponíveis para o desenvolvimento de modelos de escolha modal, os Modelos Comportamentais ou de Escolha Discreta são os mais usuais.

Estes modelos têm como hipótese básica que “a probabilidade de um indivíduo escolher uma determinada alternativa é função da atratividade da alternativa escolhida em relação à atratividade das alternativas disponíveis” (ORTÚZAR E WILLUMSEM, 1994).

A atratividade de uma alternativa é representada através do conceito de “utilidade”, que é definida pela combinação de variáveis que representam as características das alternativas ou do indivíduo. Por exemplo, a Equação 4.1:

$$U_{auto} = 0,25 - 1,2 Tv - 2,5 TA - 0,3 CR + 1,1 lm \quad (4.1)$$

Sendo:

U_{auto} = utilidade do automóvel;

Tv = Tempo de Viagem no veículo;

TA = tempo de acesso (tempo para estacionar, tempo de espera e caminhadas);

CR = custo relativo (custo do transporte / renda do indivíduo);

lm = índice de motorização do domicílio de origem do indivíduo;

Os coeficientes da equação representam o peso relativo de cada uma das variáveis no momento da escolha do indivíduo. Por exemplo, uma variação unitária no tempo de viagem, tem quatro vezes o impacto de uma variação unitária no custo relativo.

Estas variáveis podem representar também as características do indivíduo. Por exemplo, um indivíduo que disponha de um automóvel estará mais predisposto a escolher o automóvel como modo de transporte do que outro indivíduo que resida em um domicílio onde um único automóvel é utilizado por várias pessoas.

A constante que aparece na equação representa a influência das características do indivíduo ou da alternativa de transporte que não foram incluídas na função utilidade. Por exemplo, a constante poderia incluir características como o conforto e a conveniência do modo de viagem, que não são fáceis de medir ou observar.

Para se prever a escolha do modo de transporte, o valor de utilidade deve ser comparado com os valores de utilidade das outras alternativas e transformado em uma probabilidade entre 0 e 1. Pode-se utilizar uma transformação do tipo Logit (Equação 4.2):

$$P1_i = \frac{\exp(U1_i)}{\exp(U1_i) + \exp(U2_i)} \quad (4.2)$$

Sendo:

$P1_i$ = probabilidade de o indivíduo i optar pelo modo 1;

$U1_i$ = utilidade do modo 1 para o indivíduo i

$U2_i$ = utilidade do modo 2 para o indivíduo i

Em um modelo de escolha discreta as escolhas individuais podem ser representadas de duas formas, na estrutura do modelo logit multinomial simples e modelo logit aninhado (Figuras 4.1 e 4.2).

A Figura 4.1 mostra a estrutura dos modelos multinomiais simples. Os modos 1,2 e n representam as alternativas de transporte disponíveis ao indivíduo.

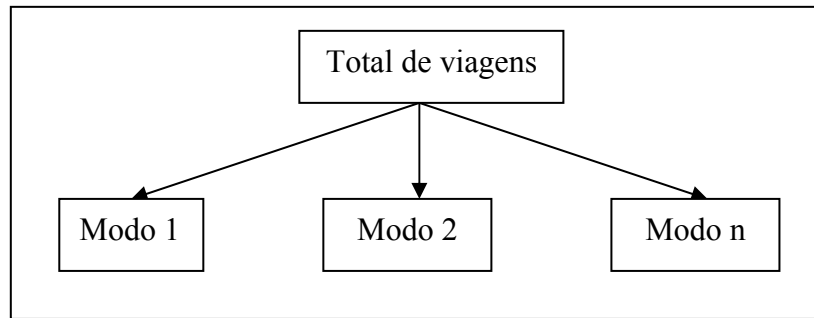


Figura 4.1 - Estrutura de Modelo Logit Multinomial Simples

A Figura 4.2 mostra a estrutura dos modelos multinomiais aninhados. Os modelos do tipo logit aninhados se caracterizam por agrupar alternativas similares em um mesmo ninho. Na Figura 4.2 está representada a estrutura do modelo logit aninhado em dois níveis (ninhos). A estimativa do modelo é feita de forma seqüencial, sendo que primeiro determina-se o modelo logit multinomial para as alternativas do ninho e, em seguida, calibra-se o modelo para o nível superior da hierarquia.

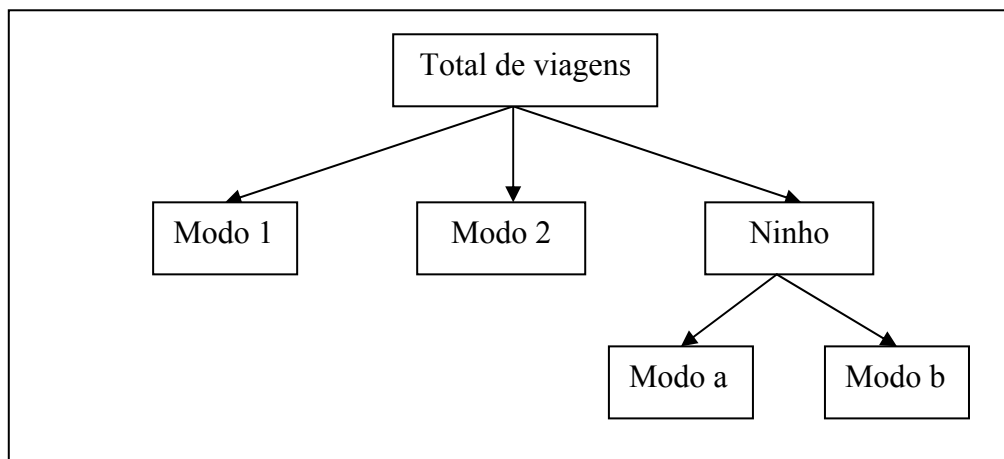


Figura 4.2 – Estrutura de um Modelo Logit Aninhado com dois níveis

4.1.2 Conjunto de Variáveis Explicativas

O conjunto de variáveis explicativas é composto pelas variáveis que realmente vão compor a função utilidade de um modelo de escolha discreta. A definição destas variáveis é obtida por revisão bibliográfica e a possibilidade de obtenção dos dados necessários, nas condições específicas do objeto estudado.

4.1.3 Conjunto de Escolhas Individuais (alternativas disponíveis)

Na determinação do conjunto de escolhas individuais, devem ser incluídas as alternativas que realmente são consideradas pelo indivíduo, mesmo que inconscientemente. A omissão de alternativas que aparentemente não são importantes pode distorcer o resultado do modelo. Igualmente foram incluídas alternativas que são ignoradas por certos grupos de indivíduos, também podem distorcer o resultado do modelo. Como exemplo pode-se citar uma definição no comprimento máximo de uma viagem para que a caminhada seja uma alternativa viável, ou qual o conjunto de indivíduos para os quais o automóvel é uma alternativa possível, ou definir o grupo de indivíduos que podem ter acesso ao transporte coletivo e este ser uma alternativa.

4.2 Calibração do Modelo de Opção Modal

A calibração de um modelo de escolha discreta é um processo iterativo em que vários conjuntos de variáveis e várias estruturas de modelos são testadas a fim de se identificar o modelo que melhor representa a opção dos indivíduos entre os modos de transporte disponível.

O que se busca é um modelo que represente a realidade, não exija muitos dados, não produza resultados espúrios e que seja adequado para o contexto de decisão em que será utilizado.

Geralmente a avaliação de um modelo de escolha discreta do tipo Logit é baseada em dois parâmetros estatísticos: o teste-t e o índice ρ^2 . O teste-t avalia se a variável em questão contribui de forma significativa para o poder de explicação do modelo. Valores do teste-t maiores que 1,96 (em módulo) significam que a variável tem um efeito significativo e deve ser incluída no modelo (com um nível de confiança de 95%). O índice ρ^2 avalia o ajuste geral do modelo e varia entre 0 (nenhum ajuste) e 1 (ajuste perfeito). Valores de ρ^2 da ordem de 0,40 representam um bom ajuste (ORTÚZAR E WILLUMSEM, 1994).

Em geral, são analisados também os sinais dos coeficientes das variáveis para verificar se estão de acordo com a teoria e o esperado. Por exemplo, uma variável que se espera que contribua positivamente para a utilidade de um modo de transporte deve ter um coeficiente com sinal positivo.

4.3 Exemplos de utilização de modelos de escolha discreta que incluem os modos não motorizados

São vários os trabalhos na literatura que retratam o uso de modelos comportamentais ou de escolha discreta em análises para prever a opção de um indivíduo ou grupo de indivíduos por um modo de transporte.

Uma destas pesquisas foi a desenvolvida por CAMBRIDGE SYSTEMATICS (1995) na cidade de Portland, Oregon, USA. O modelo de divisão modal foi dividido em duas etapas: Na primeira é feita a escolha dos modos de transporte motorizado e não motorizado (bicicleta e a pé). Na segunda etapa, nas viagens motorizadas é feita a escolha entre automóvel e transporte coletivo. O modo de transporte por bicicleta foi unido ao andar a pé como um único modo de transporte, pois não se tinham dados suficientes para estimar as viagens por bicicletas.

A escolha entre os modos motorizados e não motorizados foi estimada através de modelos de escolha discreta, considerando na análise cinco motivos de viagens: viagens para trabalho com base domiciliar, viagens para a escola com base domiciliar, viagens por outros motivos com base domiciliar, viagens para trabalho com base não domiciliar e viagens por outros motivos com base não domiciliar.

Os resultados mostraram que as variáveis que mais influenciam na escolha do modo são a disponibilidade de automóvel e a distância de viagem.

O modelo desenvolvido por KOCKELMAN (1997), para a cidade de São Francisco é um modelo do tipo Logit de escolha modal entre os modos motorizados e não motorizados, considerando todas as viagens realizadas por um indivíduo (sem estratificação por motivo). As viagens de bicicletas e a pé foram consideradas em conjunto. As variáveis selecionadas nesta pesquisa foram: comprimento da viagem, gênero, idade, carteira de habilitação, raça, situação de emprego, profissão, disponibilidade de automóvel, renda média, acessibilidade, entropia, densidade populacional e densidade de emprego. Os resultados mostraram que as variáveis que mais influenciam na escolha do modo de transporte são a disponibilidade de automóvel e a distância de viagem.

Já CERVERO (1996) desenvolveu um modelo com o objetivo de analisar a influência do uso do solo na escolha pelo modo de transporte utilizado por indivíduos nas viagens por motivo trabalho. Foram analisados os modos de transporte: automóvel, transporte coletivo e caminhada/bicicleta. De acordo com os resultados foi comprovado que o uso do solo afeta na escolha pelo modo de transporte. Verifica-se que a presença ou ausência de estabelecimentos comerciais próximos aos domicílios tem maior peso na escolha modal.

Em outra pesquisa desenvolvida por RAJAMANI (2003), os autores analisaram, através de modelo logit multinomial, os efeitos das características da forma urbana na escolha modal de transporte em viagens utilitárias. Nesta pesquisa não só o uso do solo foi analisado, mas também o sistema viário e a acessibilidade. As variáveis selecionadas são a diversidade do uso do solo, a densidade populacional e residencial, o índice de acessibilidade e o índice de conectividade das vias. Os resultados mostraram uma relação clara na influência da opção pelo modo a pé para a realização das viagens utilitárias e as características de forma urbana.

No trabalho desenvolvido por RODRIGUEZ e JOO (2004) os autores analisaram, através de modelos logit multinomiais, os efeitos de características como topografia, presença de calçadas e densidade residencial na escolha modal de transporte. Os resultados revelaram que as variáveis topografia e a disponibilidade de calçada são significativamente associadas à atratividade dos modos não motorizados.

No trabalho desenvolvido por THAMIZH et al (1996) os autores analisaram características de viagens de diferentes grupos de viajantes em uma área urbana. Foram analisados viajantes que não possuíam nenhum tipo de veículo (nem mesmo bicicletas). Estes viajantes pertencem, em geral, a grupos de baixa renda e têm a opção de utilizar o modo a pé ou o transporte coletivo em suas viagens a trabalho. A pesquisa foi aplicada em três áreas residenciais na cidade de Tiruchirapalli, no estado de Tamilnadu (Índia) analisando-se, através de modelo logit binomial, as viagens realizadas por três grupos distintos de viajantes, de acordo com o local de sua residência: na área central da cidade, na área urbana (fora da área central) e na área suburbana.

O conjunto de variáveis selecionadas nesta pesquisa foi o seguinte: relação entre o número de trabalhadores na residência e o número total de moradores na residência; idade do viajante; sexo do viajante; se o viajante é o chefe da família; nível do emprego (elevado ou baixo) do chefe da família e distância de viagem. Os resultados mostraram que a opção pelo modo de transporte depende das características socioeconômicas dos viajantes e

principalmente da distância de viagem, tendo sido constatado que a distância aceitável para os viajantes caminharem é de 1,3 a 2,5 quilômetros.

ARRUDA (2000) analisou, entre modelos de atividades e de escolha discreta, uma metodologia que pudesse representar de forma simples, em termos de necessidade de dados e infra-estrutura computacional, a integração dos modos não motorizados nos modelos de planejamento de transporte.

O conjunto de variáveis explicativas que foi definido incluía variáveis relacionadas às características de uso do solo (índice de entropia e acessibilidade), às características domiciliares (presença de crianças menores de 12 anos e disponibilidade de automóveis), ao comprimento da viagem (distância entre a origem e destino das viagens), às características individuais (sexo e idade) e à densidade populacional. A pesquisa foi realizada na cidade de São Carlos-SP.

Foram testadas várias combinações para todas as variáveis supracitadas e as estruturas de um modelo logit multinomial, um modelo logit binomial e um modelo logit aninhado. Os resultados obtidos com a aplicação dos modelos de escolha discreta demonstram que, de modo geral, esta abordagem é adequada para se integrar os modos não motorizados nos modelos convencionais, na etapa de escolha modal. A autora conclui que, dentre as variáveis testadas, as que mais influenciam na opção individual por um modo de transporte são o comprimento da viagem e a disponibilidade de automóvel, e definiu como sendo o mais adequado no contexto da pesquisa o modelo logit multinomial como o que melhor representa o comportamento de escolha modal individual.

STRAMBI (2004) analisou, através de modelo logit multinomial, o comportamento de posse de automóveis na Região Metropolitana de São Paulo no período entre 1987 a 1997. Na definição do conjunto de variáveis explicativas foram incluídas variáveis sócio-demográficas e econômicas que influenciam o comportamento das famílias (tamanho da família, número de trabalhadores, número de estudantes, presença ou não de crianças, sexo e idade do chefe da família, e renda familiar). De acordo com os resultados, houve mudanças de comportamento com relação às variáveis envolvidas ao longo do tempo, tendo sido verificada uma redução na importância das características das famílias para explicar a posse de automóveis, destacando o efeito decrescente da renda no período. Os resultados sugerem que fatores relacionados ao mercado de veículos e políticas urbanas e de transporte estão relacionados aos fatores de decisão de posse de automóveis.

SERMONS E SEREDICH (2001) propõem em sua pesquisa a junção de modelos logit multinomial de escolha de áreas (zonas) residenciais com modelos de escolha de utilização de automóvel. A pesquisa foi aplicada em uma amostra de residências na área metropolitana de São Francisco. Através do modelo proposto os autores pretendiam prever os impactos da disponibilidade de veículos na realização de viagens e servir como apoio a políticas de estímulo ao aumento de densidades, como forma de tornar áreas residenciais mais atraentes.

Os dados coletados na pesquisa foram referentes às características de uso do solo, densidade, fatores socioeconômicos dos indivíduos (presença de automóveis, número de trabalhadores e não trabalhadores nas residências) e características das viagens residenciais. O resultado mostrou que o modelo proposto pode ser utilizado com sucesso contendo os vários parâmetros de estudo.

Como pode ser verificado através destes estudos, o modelo de Escolha Discreta pode ser utilizado para incorporar diversas variáveis em modelos de estimativa da divisão modal e previsão de viagens. No próximo capítulo são apresentados os procedimentos para obtenção dos valores das variáveis que caracterizam a forma urbana e as viagens realizadas.

5 – COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo são apresentados os procedimentos para obtenção dos valores das variáveis que caracterizam a forma urbana e as viagens realizadas.

5.1 Características da Forma Urbana

Os dados necessários para descrever a forma urbana foram coletados em nível de setor censitário (*IBGE 2000*) na cidade de São Carlos – SP. São Carlos é uma cidade de porte médio com cerca de 200 mil habitantes.

Inicialmente realizou-se um levantamento dos órgãos competentes na cidade de São Carlos que poderiam fornecer cada uma das bases cadastrais necessárias para o desenvolvimento da pesquisa: o sistema viário da cidade, o uso do solo nos diversos setores censitários. Posteriormente, estas bases cadastrais foram adequadas e digitalizadas utilizando-se as ferramentas do software *TransCAD*, um SIG-T (Sistema de Informações Geográficas) para aplicação em Transportes.

As bases cadastrais e os mapas georeferenciados referentes ao sistema viário e às quadras da cidade de São Carlos já estavam disponíveis e foram produzidos pelos alunos e pesquisadores participantes do projeto RECOPE (SANCHES, 1999).

A finalidade do mapa digitalizado das quadras e seu respectivo banco de dados foi de organização e distribuição, em nível de quadra, das variáveis relacionadas à diversidade de uso do solo, de forma a serem posteriormente agrupadas dentro dos limites dos setores censitários. O mapa de quadras pode ser observado na Figura 5.1.

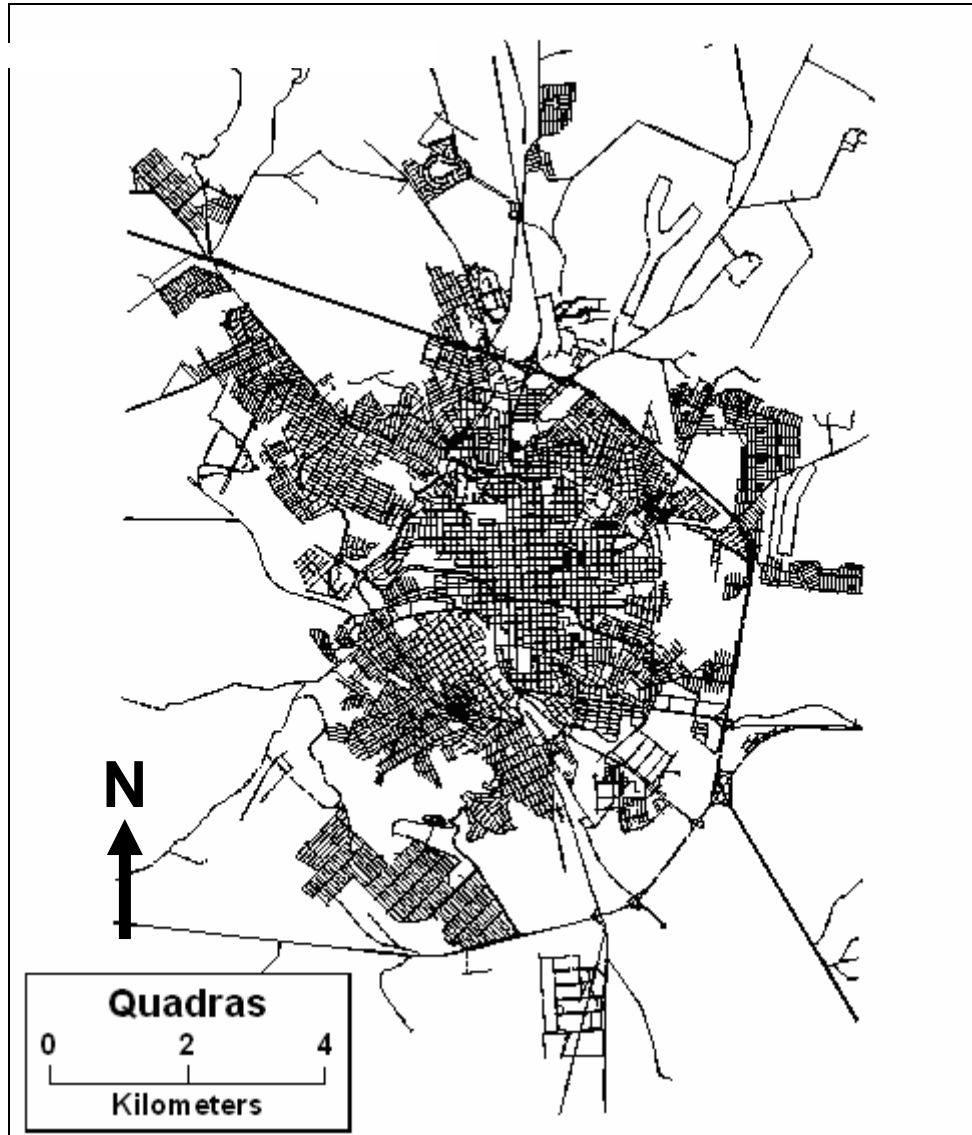


Figura 5.1 – Quadras da cidade de São Carlos

O banco de dados alfanuméricos (*Dataview*) associado ao mapa das quadras continha inicialmente apenas as áreas das quadras (em km^2).

Novas informações foram acrescentadas a este banco de dados a partir do desenvolvimento desta pesquisa. A Tabela 5.1 mostra a relação completa das informações existentes no cadastro das quadras referente à diversidade de uso do solo.

Tabela 5.1 – Informações existentes no banco de dados das quadras

Campo	Conteúdo	Observação
ID	Identificação da quadra	Inserido automaticamente pelo software.
Área	Área da quadra em km ²	A área da quadra é calculada, automaticamente, pelo software (em km ²).
ÁREA (HA)	Área da quadra em ha	A área em km ² foi transformada em hectares.
SETOR IPTU	Código do Setor IPTU	Identifica a qual setor do IPTU uma quadra pertence.
CODIPTU	Código da quadra no setor IPTU	Este código é o número da quadra dentro do setor IPTU.
SETOR IBGE	Código do setor IBGE	Identifica a qual setor IBGE uma quadra pertence.
AREA_RES	Total de área construída de uso residencial (m ²)	Somatória das áreas construídas de todos os imóveis classificados como uso residencial na quadra.
AREA_MUL	Total de área construída de uso múltiplo (m ²)	Somatória das áreas construídas de todos os imóveis classificados como uso múltiplo na quadra.
AREA_IND	Total de área construída de uso industrial (m ²)	Somatória das áreas construídas de todos os imóveis classificados como uso industrial na quadra.
AREA_COM	Total de área construída de uso comercial (m ²)	Somatória das áreas construídas de todos os imóveis classificados como uso comercial na quadra.
AREA_TOT	Total de área construída de todos os usos (m ²)	Somatória da área construída na quadra (todos os usos).

A segunda base cadastral já disponível é o mapa digitalizado do sistema viário. Esta base cadastral teve como finalidade o levantamento das informações referentes às interseções e aos segmentos das vias. O mapa digitalizado do sistema viário (eixos das vias) pode ser observado na Figura 5.2.

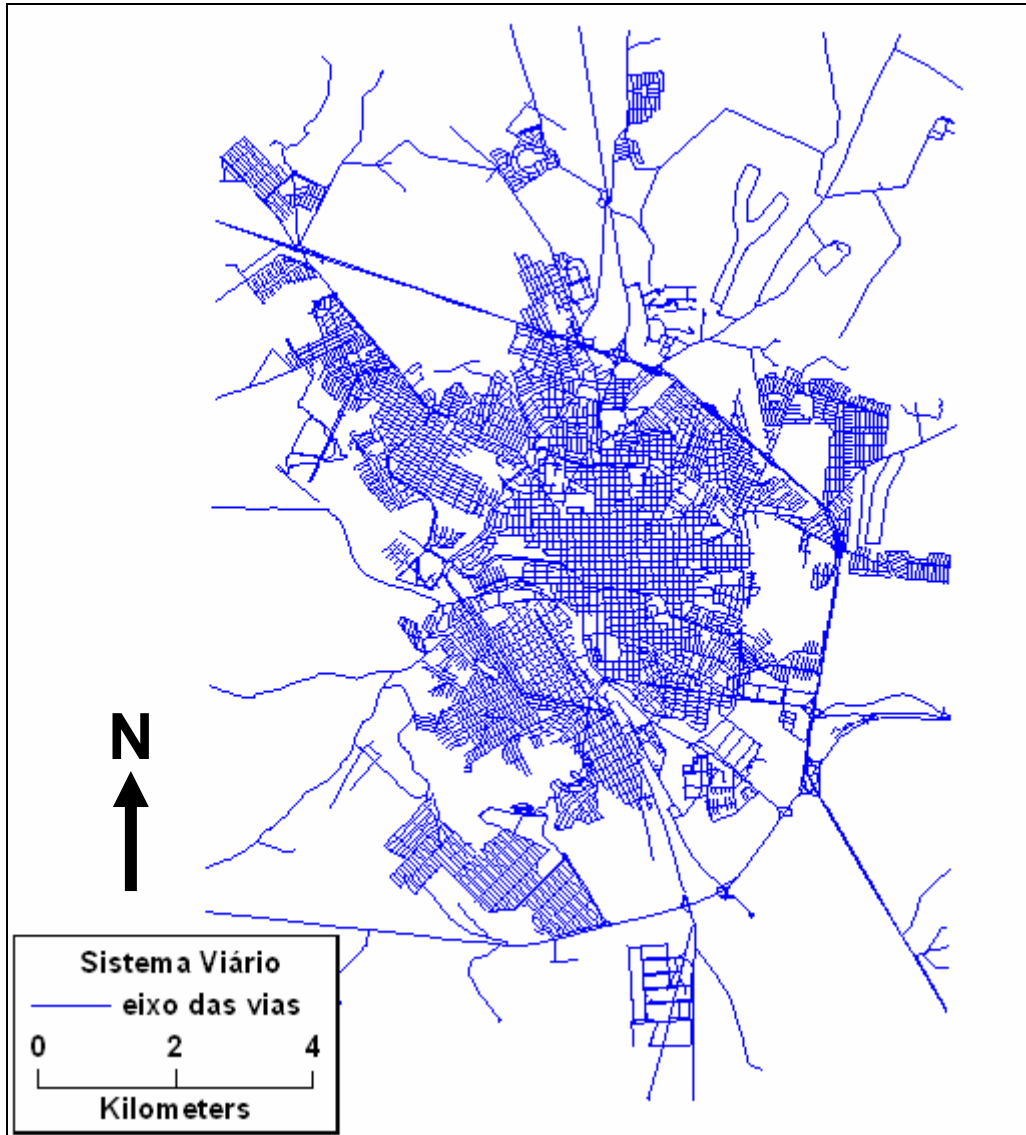


Figura 5.2 – Sistema Viário da cidade de São Carlos

A partir do *Dataview* (base de dados alfanuméricos) do sistema viário (Tabela 5.2), foi possível obter, para cada segmento de via, as seguintes informações:

Tabela 5.2 – Informações contidas no banco de dados das vias

Campo	Conteúdo
ID	Identificação do segmento de via
Length	Comprimento do segmento em (km)
Dir	Mão de direção*
NAME	Nome
Left Zip	Número do Código de Endereçamento Postal (CEP) do lado esquerdo

(continua)

(continuação)

Right Zip	Número do Código de Endereçamento Postal (CEP) do lado direito
Start Left	Primeiro número de domicílio do lado esquerdo
End Left	Último número de domicílio do lado esquerdo
Start Right	Primeiro número de domicílio do lado direito
End Right	Último número de domicílio do lado direito

(*) As mãos de direção são indicadas pelos valores: -1, 1, 0. O valor -1 significa que o fluxo de veículos é contrário à direção topológica da via; o valor 1 significa que o fluxo de veículos é no mesmo sentido da direção topológica da via e o valor 0 significa que a via é de mão dupla.

No que se refere à diversidade de usos do solo, foram utilizadas as informações contidas no Cadastro do IPTU (ano base de 2003). Estas informações foram cedidas pela Secretaria da Fazenda da Prefeitura Municipal de São Carlos. Foi fornecido o limite geográfico dos setores de IPTU (em número de 20) em mapa impresso em escala 1:12000 e um banco de dados digitalizado dos imóveis existentes na área urbana (92344 registros) fornecido em Microsoft Access, contendo a descrição de cada imóvel (tipo de uso) e o valor da área construída (em m²). Os códigos e suas respectivas descrições podem ser observados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Códigos das categorias de imóvel

Cód	Descrição	Cód	Descrição
11	Residencial Fino	32	Industrial Bom
12	Residencial Bom	33	Industrial Médio
13	Residencial Médio	34	Industrial Popular
14	Residencial Popular	41	Comercial Fino
15	Residencial Operário	42	Comercial Bom
21	Múltiplo Fino	43	Comercial Médio
22	Múltiplo Médio	44	Comercial Popular
23	Múltiplo Popular	51	Barracão
31	Industrial Fino	61	Telheiro

Os dados foram tratados através de uma filtragem em nível de quadras de todos os imóveis em cada tipo de uso, agrupando-se por categoria. Por exemplo, na categoria de uso residencial, os dados foram fornecidos nas descrições de residencial fino, bom, médio, popular e operário. Depois de filtrados, obteve-se apenas a soma global da área construída na

categoria residencial e assim foi feito para cada categoria de uso do solo (residencial, múltiplo, industrial, comercial), em cada uma das 2881 quadras na cidade de São Carlos. Vale ressaltar que não foram consideradas, para efeito de cálculo nesta pesquisa, as categorias dos imóveis barracão e telheiro, por constituírem uma pequena porcentagem de área construída espalhada pela cidade e por serem uma categoria atípica de imóvel urbano.

A Tabela 5.4 mostra as informações obtidas a partir do cadastro IPTU fornecido pela Prefeitura que, depois de filtradas por categoria de uso do solo, foram inseridas no software *TransCAD* (AMANCIO, 2004).

Tabela 5.4 – Informações obtidas a partir do cadastro do IPTU

Campo	Conteúdo	Observação
SETOR IPTU	Código do Setor IPTU	Identifica em qual setor do IPTU uma quadra pertence.
CODIPTU	Código da quadra no setor IPTU	Este código é o número da quadra dentro do setor IPTU
SETOR IBGE	Código do setor IBGE	Identifica a qual setor IBGE uma quadra pertence.
AREA_RES	Total de área construída de uso residencial (m ²)	Somatória das áreas construídas de todos os imóveis classificados como uso residencial na quadra.
AREA_MUL	Total de área construída de uso múltiplo (m ²)	Somatória das áreas construídas de todos os imóveis classificados como uso múltiplo na quadra.
AREA_IND	Total de área construída de uso industrial (m ²)	Somatória das áreas construídas de todos os imóveis classificados como uso industrial na quadra.
AREA_COM	Total de área construída de uso comercial (m ²)	Somatória das áreas construídas de todos os imóveis classificados como uso comercial na quadra.
AREA_TOT	Total de área construída de todos os usos (m ²)	Somatória da área construída na quadra (todos os usos).

Como a proposta desta pesquisa é realizá-la em nível de setores censitários, houve a necessidade de agrupar as bases cadastrais do sistema viário e diversidade de uso do solo dentro dos limites destes setores, para a realização das futuras análises.

O mapa digitalizado contendo os limites geográficos dos setores censitários e as informações referente à coleta de dados realizada no Censo Demográfico 2000 foram digitalizados em SIG (Sistema de Informações Geográficas) através do software *TransCad* (AMANCIO, 2004).

Os dados necessários foram obtidos a partir do CD-ROM “Base de Informações por Setor Censitário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)” no ano base de 2000.

O IBGE dividiu a cidade de São Carlos em 245 setores censitários, cujos limites são apresentados no CD na forma de arquivos textos e também em arquivo no formato *pdf*. Todos estes arquivos foram posteriormente digitalizados no software *TransCAD*.

A título de exemplo, a Figura 5.3 mostra um dos arquivos em formato *pdf*, onde a área com hachuras é o setor censitário número 006 do distrito número 5 (a área urbana se São Carlos foi dividida em 3 distritos, com números 5, 13 e 20).

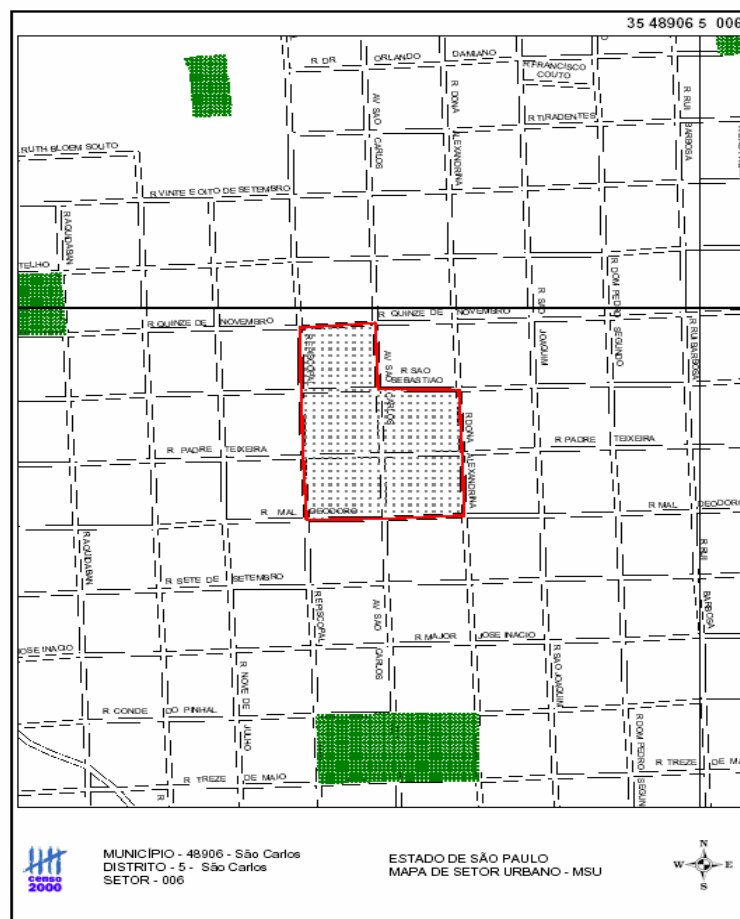


Figura 5.3 – Exemplo de mapa de setor censitário do IBGE (formato *pdf*)

As informações referentes a cada um dos setores censitários foram selecionadas de acordo com as necessidades do desenvolvimento da pesquisa.

A Tabela 5.5 mostra as informações contidas no banco de dados em SIG dos 245 setores censitários da cidade de São Carlos.

Tabela 5.5 – Informações Referentes aos Setores Censitários

Campo	Conteúdo	Observação
ID	Identificação do setor	Inserido automaticamente pelo software.
Área	Área da quadra em km ²	A área da quadra é calculada, automaticamente, pelo software (em km ²).
ÁREA (HA)	Área do setor em ha	A área em km ² foi transformada para hectares.
SETOR IPTU	Código do setor	Referente ao código do arquivo em <i>pdf</i> .
DOMICIL	Número de domicílios existentes no setor	Informação obtida do CD-ROM do IBGE 2000
POP	Número de habitantes no setor	Informação obtida do CD-ROM do IBGE 2000
HOMEM	Número de habitantes do setor, do sexo masculino.	Informação obtida do CD-ROM do IBGE 2000
MULHER	Número de habitantes do setor, do sexo feminino.	Informação obtida do CD-ROM do IBGE 2000
DENOCUP	Densidade de ocupação no setor	Obtida da relação entre total de área construída (ha) no setor pela área do setor (ha)
DEN_DOM	Densidade de domicílios no setor	Conforme definido no capítulo 3
COMPVIAS	Comprimento total das vias no setor	Somatória do comprimento de todos os segmentos de vias no setor
DEN_VIAS	Densidade de vias no setor	Conforme definido no capítulo 3
NUMQUAD	Número total de quadras por setor	Foi realizada a contagem de todas as quadras pertencente a cada setor censitário
DEN_QUA	Densidade de quadras no setor	Conforme definido no capítulo 3
COMP_MED_Q	Comprimento Médio das Quadras	Conforme definido no capítulo 3
INTERCR	Número de interseções em cruz no setor.	Foram selecionadas e computadas todas as interseções em “cruz” em cada setor censitário
INTERTE	Número de interseções em T no setor.	Foram selecionadas e computadas todas as interseções em “te” em cada setor censitário
NU_TOT_INT	Número total de interseções	Somatório do número de INTERCR e INTERTE
DEN_INTER	Densidade de Interseções	Conforme definido no capítulo 3

(continua)

(continuação)

NUM_SEG_VIA	Número de segmentos de via	Conforme definido no capítulo 3
IND_CONEC	Índice de Conectividade	Conforme definido no capítulo 3
PAD_SIS_VI	Padrão do Sistema Viário	Conforme definido no capítulo 3
AREA_RES	Total de área construída de uso residencial (m ²)	Definido na Tabela 5.1
AREA_MUL	Total de área construída de uso múltiplo (m ²)	Definido na Tabela 5.1
AREA_IND	Total de área construída de uso industrial (m ²)	Definido na Tabela 5.1
AREA_COM	Total de área construída de uso comercial (m ²)	Definido na Tabela 5.1
AREA_TOT	Total de área construída de todos os usos (m ²)	Definido na Tabela 5.1
ENTROPIA	Índice de Entropia	Conforme definido no capítulo 3 (valor calculado)
PERMEAB	Índice de Permeabilidade	Conforme definido no capítulo 3 (valor calculado)

O mapa digitalizado contendo todos os 245 setores censitários da cidade de São Carlos pode ser visto na Figura 5.4.

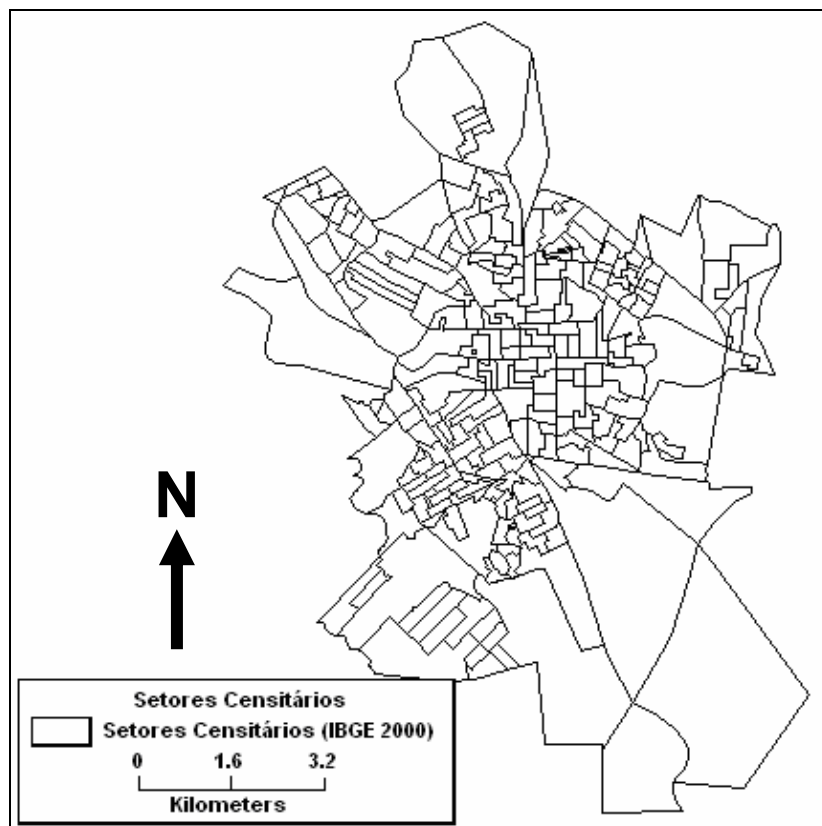


Figura 5.4 – Setores Censitários da cidade de São Carlos

A seguir é apresentada uma análise descritiva das características da forma urbana na cidade de São Carlos, SP, e a sua distribuição representada em mapas temáticos.

5.1.1 Densidade de Ocupação

A Figura 5.5 mostra a distribuição dos setores censitários por faixa de densidade de ocupação.

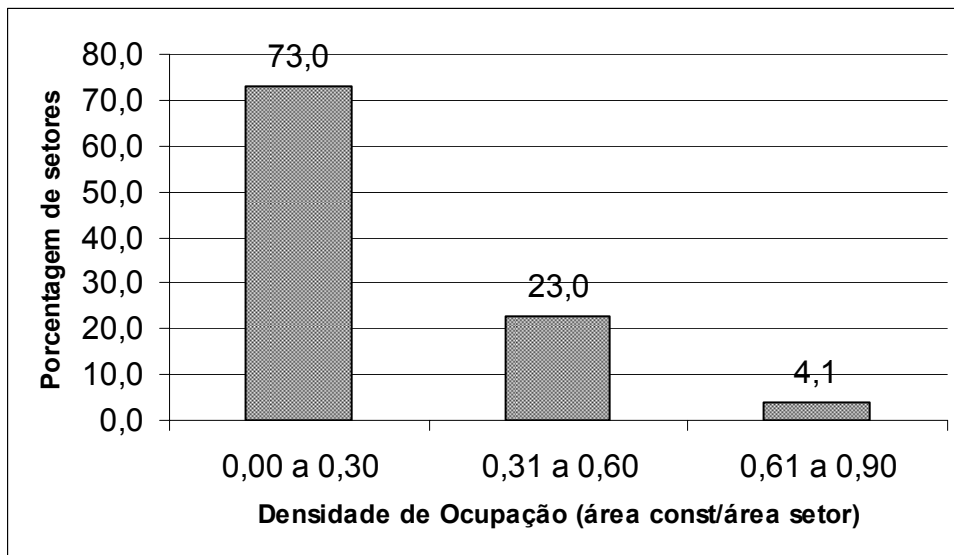


Figura 5.5 – Distribuição dos setores censitários pela densidade de ocupação

Observa-se na Figura 5.5 que grande parte dos setores censitários (73%) se concentram na faixa de densidade de ocupação de 0,00 a 0,30. Isso mostra que muitos dos setores censitários da cidade de São Carlos têm uma baixa taxa de área construída, podendo ocasionar os vazios urbanos que muitas vezes dificultam ou acabam aumentando a distância de viagem de um indivíduo.

A Figura 5.6 mostra a densidade de ocupação nos diversos setores censitários da cidade de São Carlos.

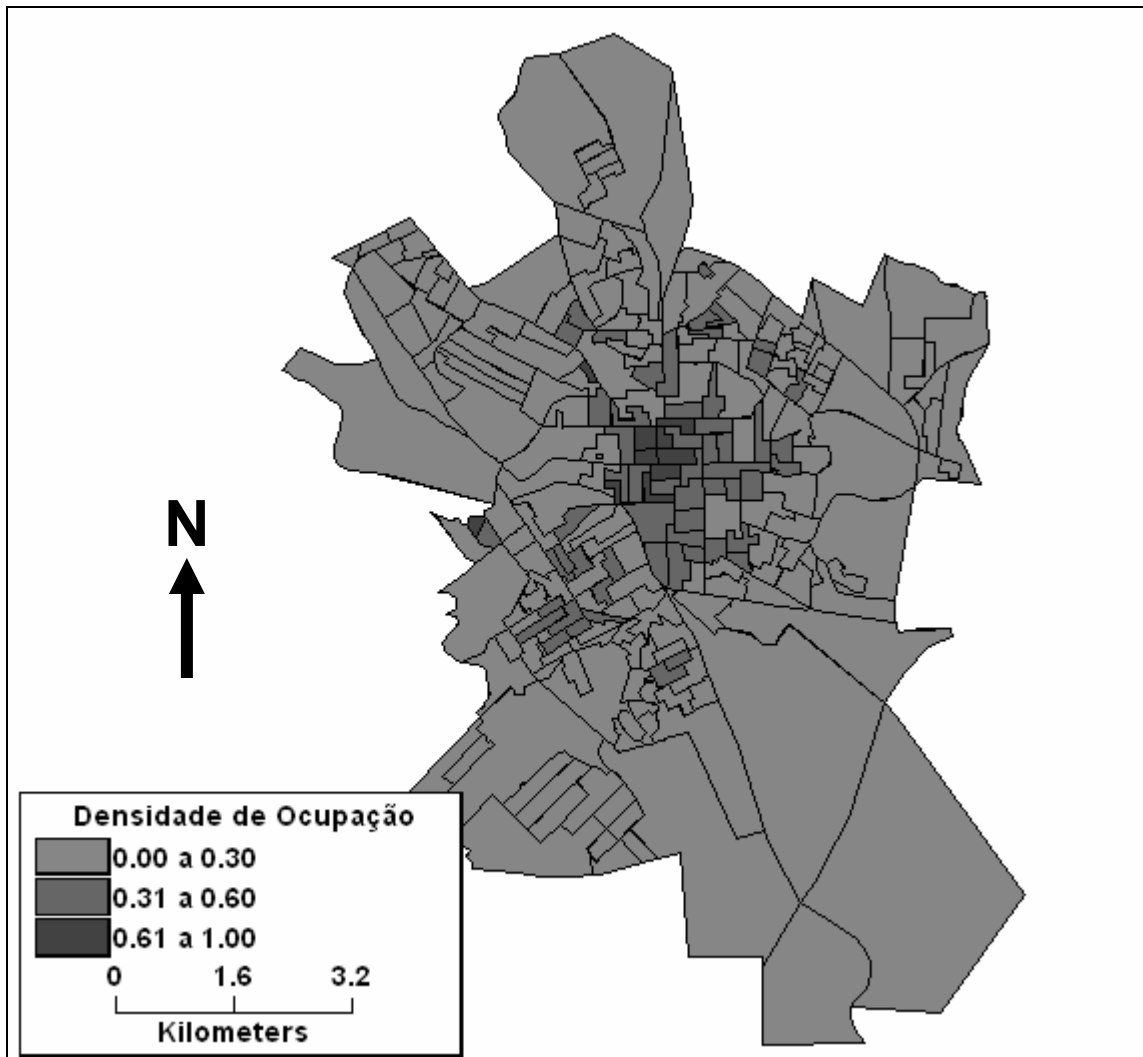


Figura 5.6 – Densidade de ocupação

Observa-se que as maiores densidades de ocupação concentram-se nos setores censitários correspondentes à área central e às regiões mais próximas do centro, sendo possível identificar as áreas urbanas mais ocupadas para possíveis investimentos em infraestrutura para os pedestres.

5.1.2 Índice de Entropia

A Figura 5.7 mostra a distribuição dos setores censitários por faixa de diversidade de uso do solo (índice de entropia).

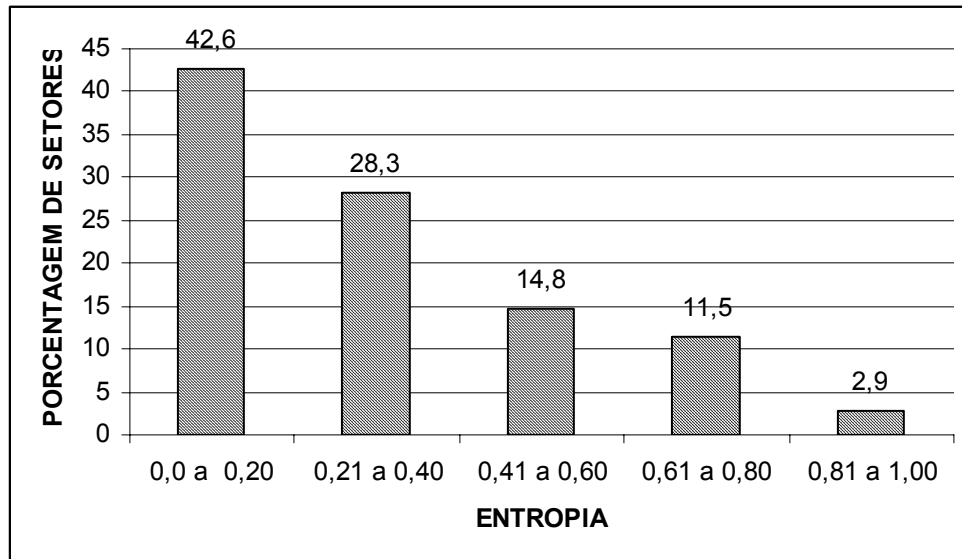


Figura 5.7 – Distribuição dos setores censitários segundo o índice de entropia

Observa-se na Figura 5.7 que grande parte dos setores censitários (cerca de 43%) se concentram na faixa índice de entropia entre 0,00 e 0,20. Verifica-se que muitos dos setores censitários da cidade de São Carlos têm homogeneidade de usos do solo. Este fato ocasiona um aumento do comprimento de viagens utilitárias diárias (trabalho, estudo, compras) dos indivíduos, que poderiam ser realizadas a pé.

Pode-se observar na Figura 5.8 os resultados obtidos a respeito da diversidade de usos do solo (índice de entropia).

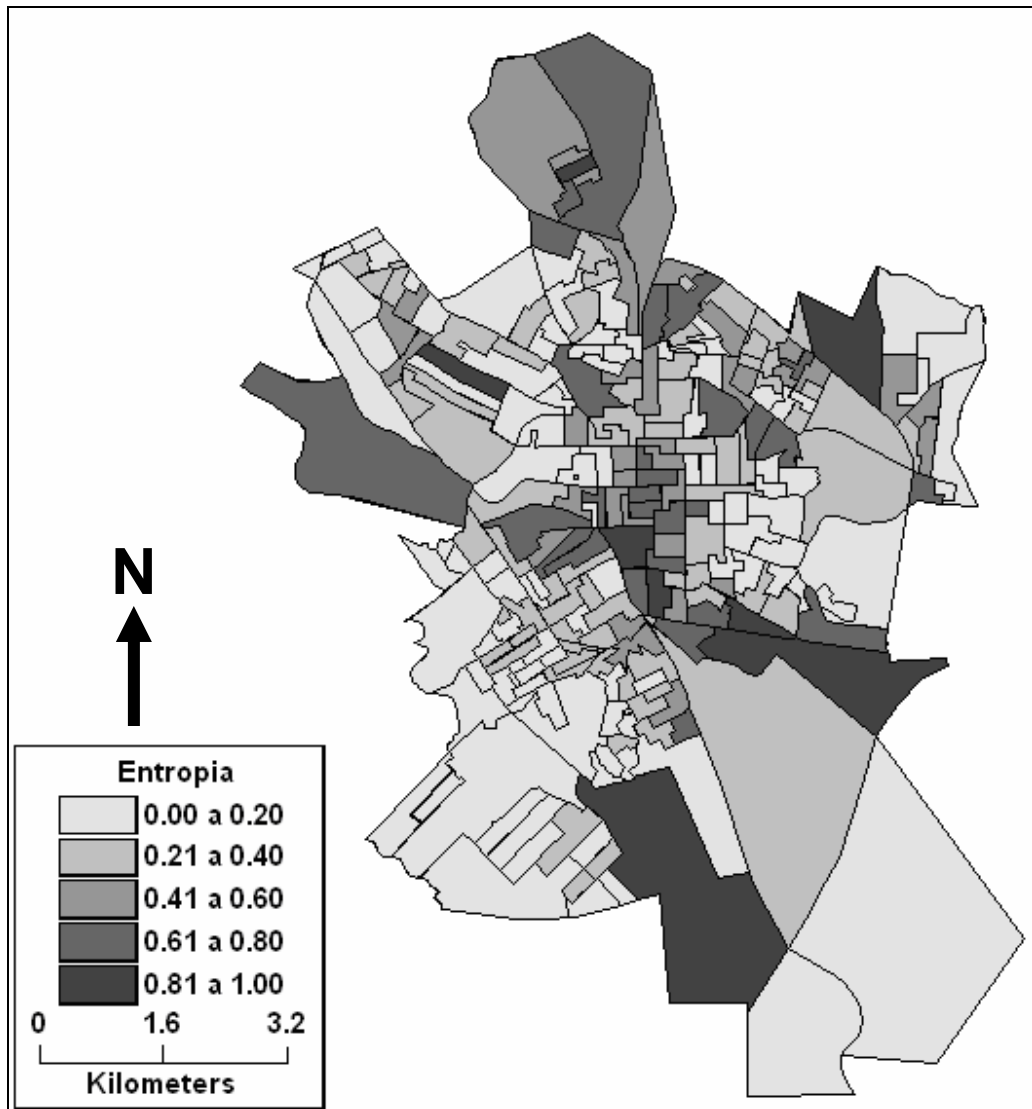


Figura 5.8 – Índice de Entropia

Observa-se que nos setores censitários correspondentes à área central da cidade de São Carlos, existe uma maior mistura de usos do solo, sendo, portanto mais propícios para a caminhada.

Nas áreas periféricas notam-se alguns grandes setores com uma diversidade de uso do solo elevada. Este fato ocorre por estes setores terem pouca área construída, mas com uma grande diversidade de usos. Nestes setores tornam-se aceitáveis as viagens a pé, se for considerado apenas o valor do índice de entropia.

O oposto ocorre em alguns setores da zona central, que apresentam um índice de entropia baixo (pouca diversidade de usos). Em geral a ocupação destes setores é basicamente residencial, com pouco uso comercial e praticamente nenhum uso industrial, tornando o setor homogêneo.

5.1.3 Índice de Permeabilidade

A Figura 5.9 mostra a distribuição dos setores censitários por faixa de permeabilidade.

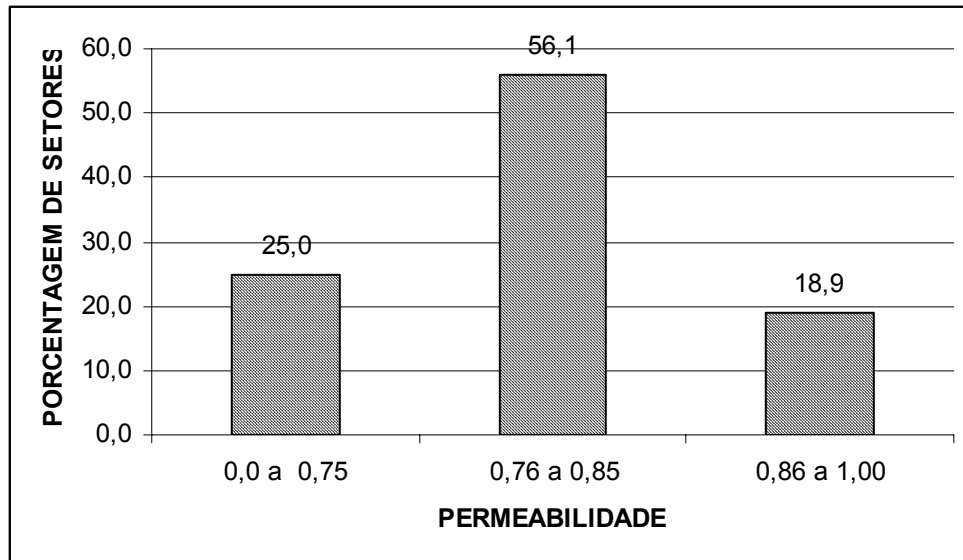


Figura 5.9 – Distribuição dos setores censitários pela permeabilidade

Observa-se, na Figura 5.9, que grande parte dos setores censitários (cerca de 56%) se concentram na faixa de permeabilidade entre 0,76 a 0,85 e cerca de 75% dos setores possuem uma permeabilidade entre 0,76 a 1,00. O índice de permeabilidade de um setor é obtido através da relação entre a distância em linha reta e a distância real (pelo caminho mais curto) entre todas as interseções do setor. Isso significa que estes setores apresentam uma conectividade adequada e uma grande variedade de opções de rotas entre as origens e destinos das viagens.

Pode-se observar na Figura 5.10 os resultados obtidos a respeito da facilidade de movimentação de pedestres, através do índice de permeabilidade.

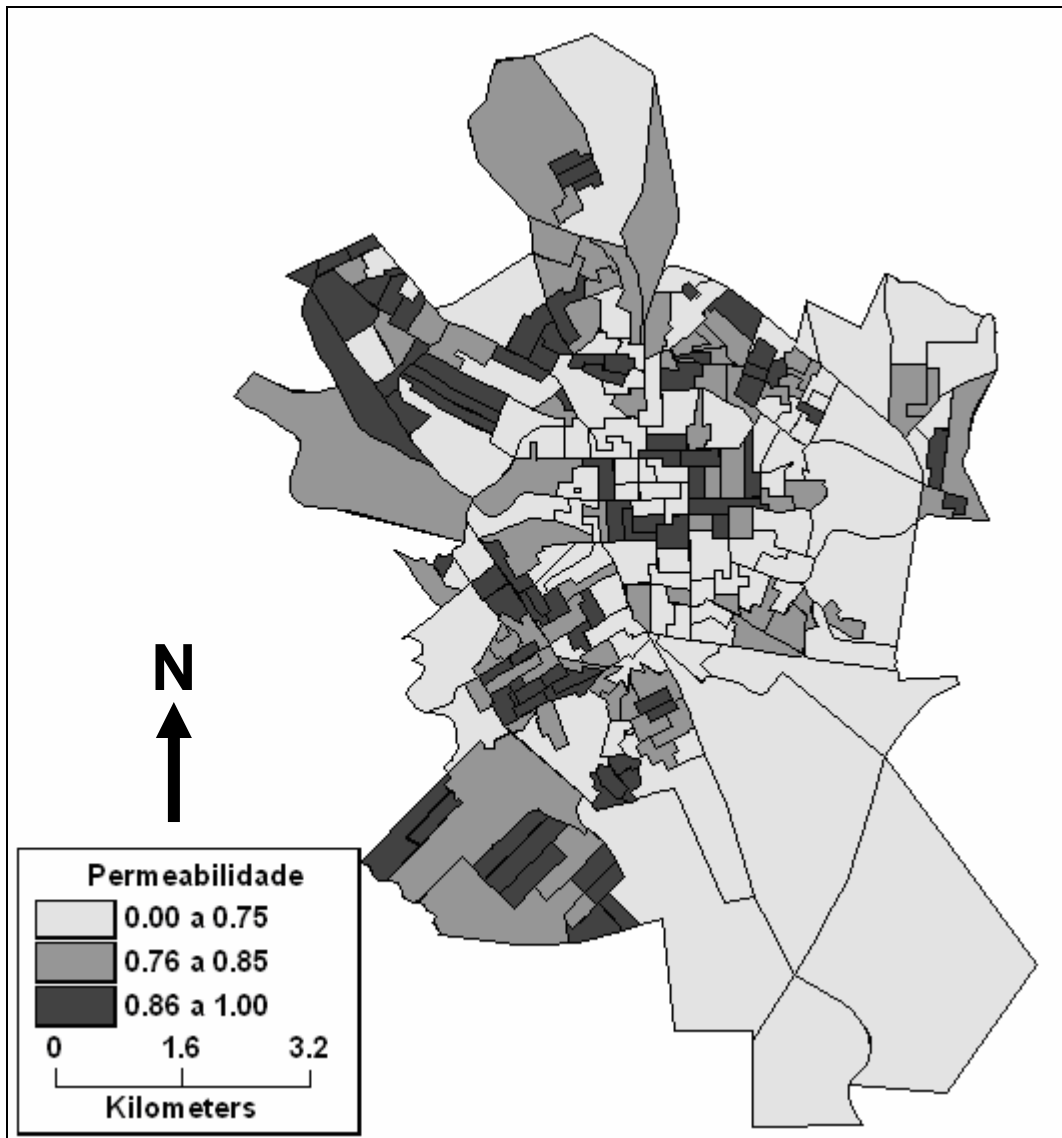


Figura 5.10 – Índice de Permeabilidade

Conforme constatado anteriormente, a permeabilidade na cidade de São Carlos de certa forma é alta, sendo, na maior parte dos setores acima de 0,75. Os setores censitários ainda mais permeáveis (os de tonalidade mais escurecida) estão espalhados pela cidade de São Carlos, observando-se uma maior concentração nas áreas periféricas e próximas ao centro da cidade.

5.1.4 Densidade de Interseções

A Figura 5.11 mostra a distribuição dos setores censitários por faixa de densidade de interseções.

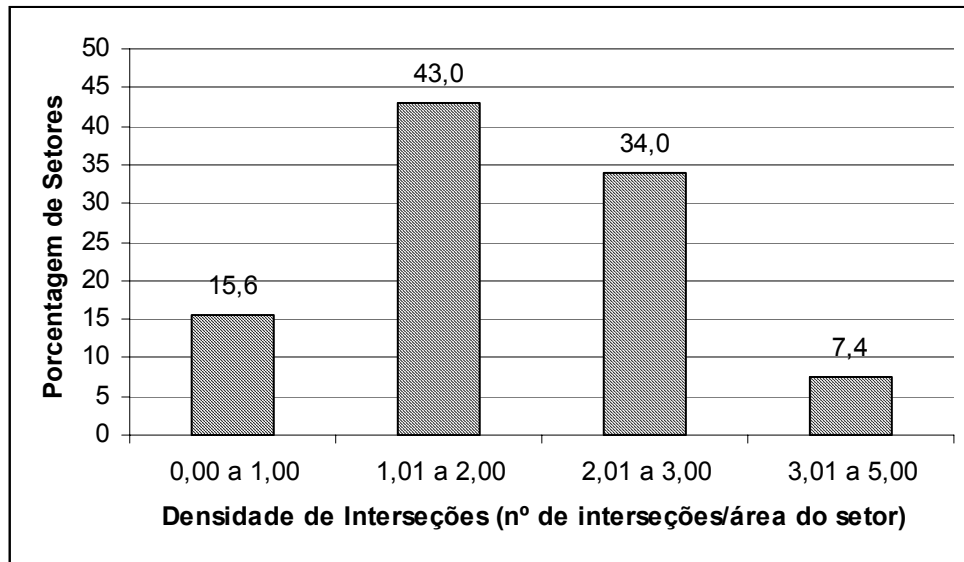


Figura 5.11 – Distribuição dos setores censitários pela densidade de interseção

Observa-se na Figura 5.11 que grande parte dos setores censitários (43%) se concentram na faixa de densidade de interseções de 1,00 a 2,00 (interseções por hectare). Um valor mais alto de densidade de interseções indica um tamanho de quadra menor e relativamente uma conectividade mais alta. Um aumento no número de interseções também pode representar um maior número de rotas para que os indivíduos possam caminhar e minimizar o comprimento de suas viagens.

Pode-se observar na Figura 5.12 os resultados obtidos referentes à densidade de interseções nos diversos setores censitários da cidade de São Carlos.

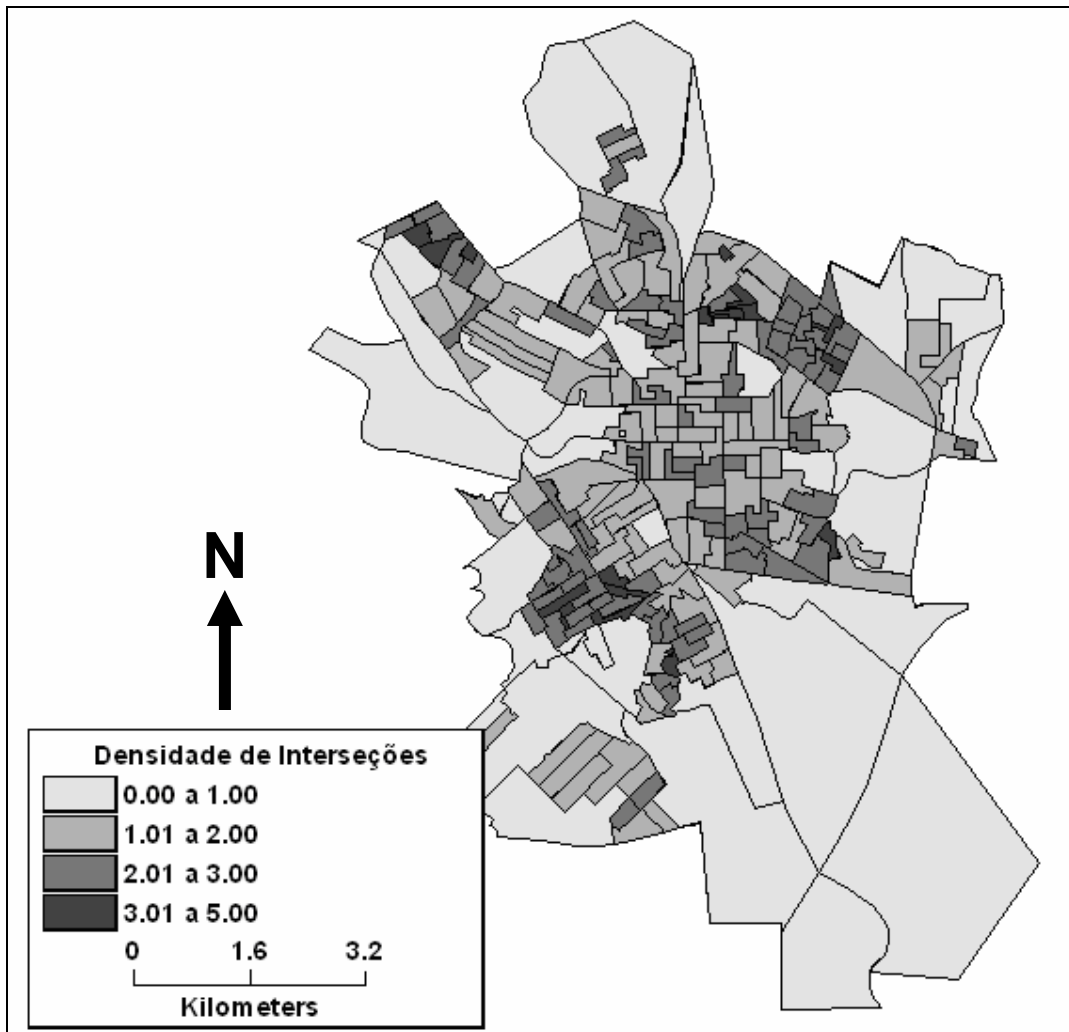


Figura 5.12 – Densidade de Interseções

Observando-se a Figura 5.12 é possível verificar que os setores que possuem as maiores densidades de interseções (os de tonalidade mais escurecida) estão espalhados pela área urbana, mas o maior número se concentra na área central e nas regiões próximas ao centro. Vale ressaltar que um setor que possua uma alta densidade de interseção não tem, necessariamente, um sistema viário em forma de grelha, pois é possível a alta densidade ser referente a existência de interseções em forma de “T”. O cálculo da densidade é realizado de forma conjunta e não se diferencia entre interseções em “cruz” e em “T”. Alguns grandes setores nas áreas periféricas possuem uma baixa densidade de interseções, mas estas regiões são pouco ocupadas pelo sistema viário.

5.1.5 Índice de Conectividade

A Figura 5.13 mostra a distribuição dos setores censitários por faixa do índice de conectividade.

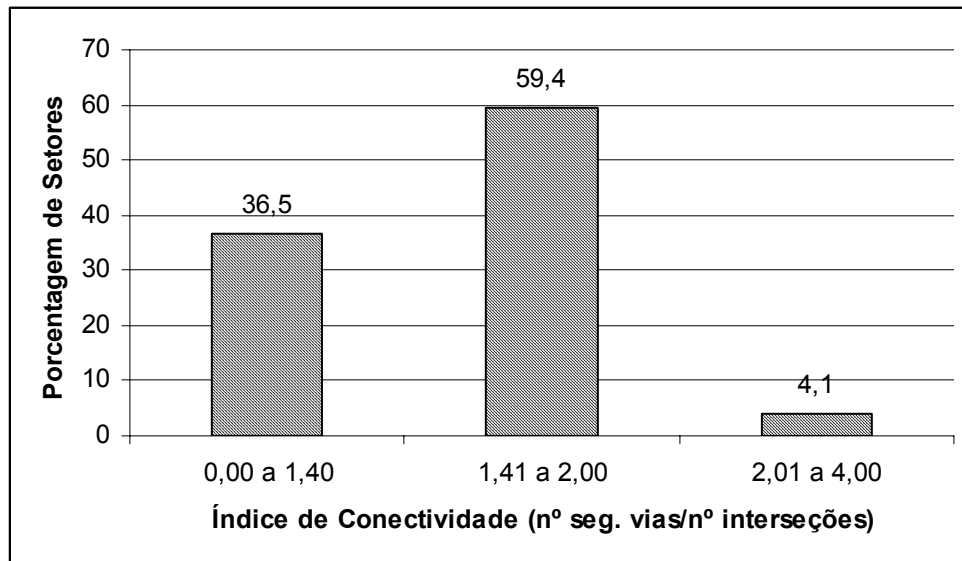


Figura 5.13 – Distribuição dos setores censitários pelo índice de conectividade

Observa-se na Figura 5.13 que grande parte dos setores censitários (cerca de 60%) se concentra na faixa do índice de conectividade de 1,41 a 2,00, ou seja, superior ao esperado (1,2 a 1,4) para ser considerado um bom padrão de conectividade segundo a revisão bibliográfica.

Verifica-se na Figura 5.14 os resultados obtidos referentes ao índice de conectividade nos diversos setores censitários da cidade de São Carlos.

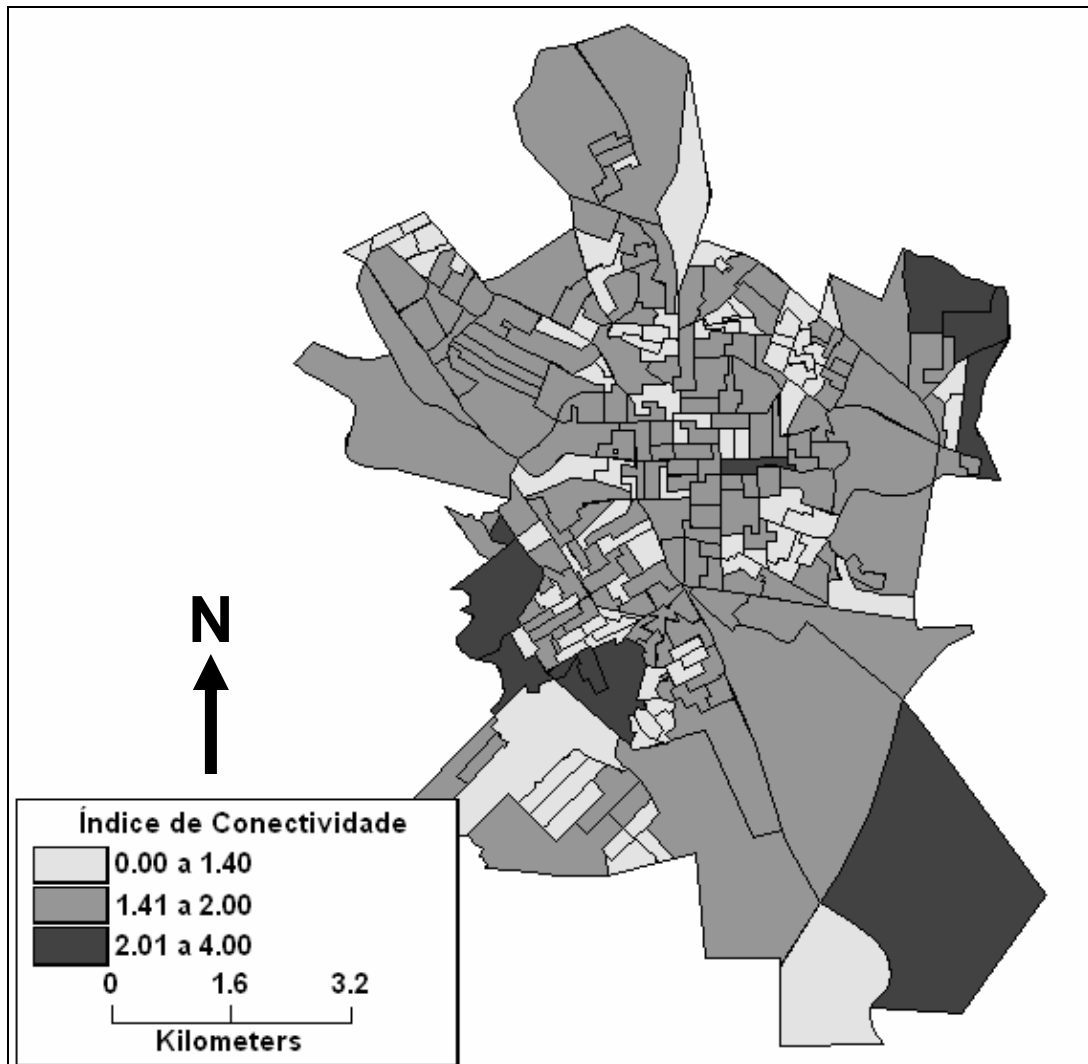


Figura 5.14 – Índice de Conectividade

Nota-se que os setores censitários da cidade de São Carlos que possuem índices de conectividade aceitáveis estão bem distribuídos pela área urbana. Vale ressaltar que alguns setores da área periférica possuem um alto índice de conectividade, mas na realidade são pouco ocupados pelo sistema viário. O índice de conectividade é obtido pela relação entre o número de segmentos de vias e o número de interseções do setor. Portanto um pequeno número de segmentos de vias e de interseções presentes nestes setores pode resultar em um elevado índice de conectividade. Já alguns setores da área central possuem uma conectividade baixa. Este fato ocorre nos setores que compreendem a área da Escola de Engenharia de São Carlos, o clube da cidade e alguns pequenos setores que possuem pequena quantidade de segmentos de vias e interseções.

5.1.6 Padrão do Sistema Viário

A Figura 5.15 mostra a distribuição dos setores censitários por faixa do padrão do sistema viário.

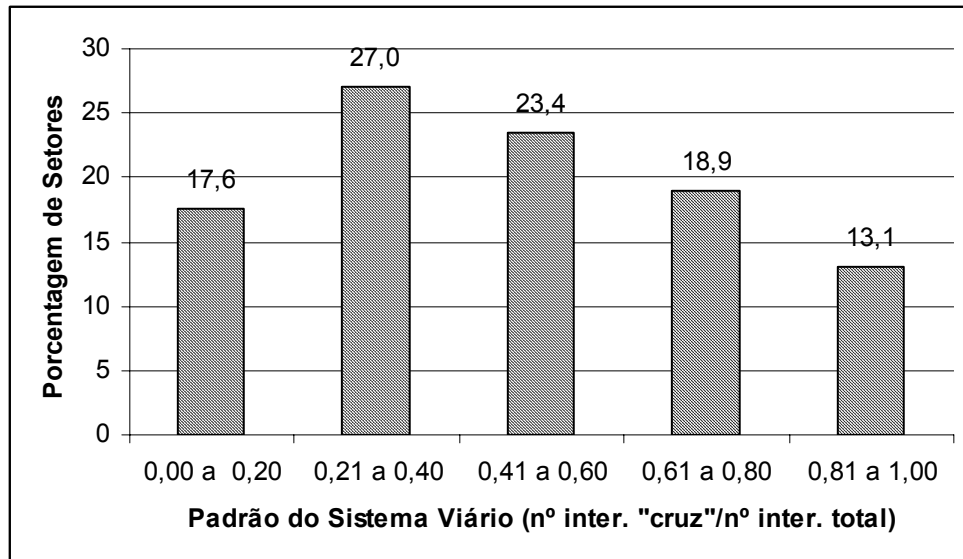


Figura 5.15 – Distribuição dos setores censitários pelo padrão do sistema viário

Observa-se na Figura 5.15 que 27% dos setores se concentram na faixa de padrão do sistema viário entre 0,21 e 0,40. Verifica-se, também, que cerca de 55% dos setores censitários estão na faixa entre 0,41 e 1,00. Um valor mais alto do índice que representa o padrão do sistema viário indica um sistema viário que tende à forma de grelha, ou seja, com um maior número de interseções em “cruz”.

A Figura 5.16 mostra os resultados obtidos referentes ao Padrão do Sistema Viário, nos diversos setores censitários da cidade de São Carlos. Observa-se que os setores que possuem um padrão de sistema viário em forma de grelha (os de tonalidade mais escurada) encontram-se em maior número na área central e nas regiões próximas ao centro. Vale ressaltar que em alguns setores da zona central, o valor do índice que mede o padrão do sistema viário é relativamente mais baixo. Isso ocorre por estes setores possuírem um número maior de interseções em “T” do que interseções em “cruz” na configuração do sistema viário. Setores que possuem um sistema viário em forma de grelha oferecem uma maior variedade de caminhos que os usuários podem escolher de forma a minimizar as distâncias entre os pontos de origem e destinos das viagens.

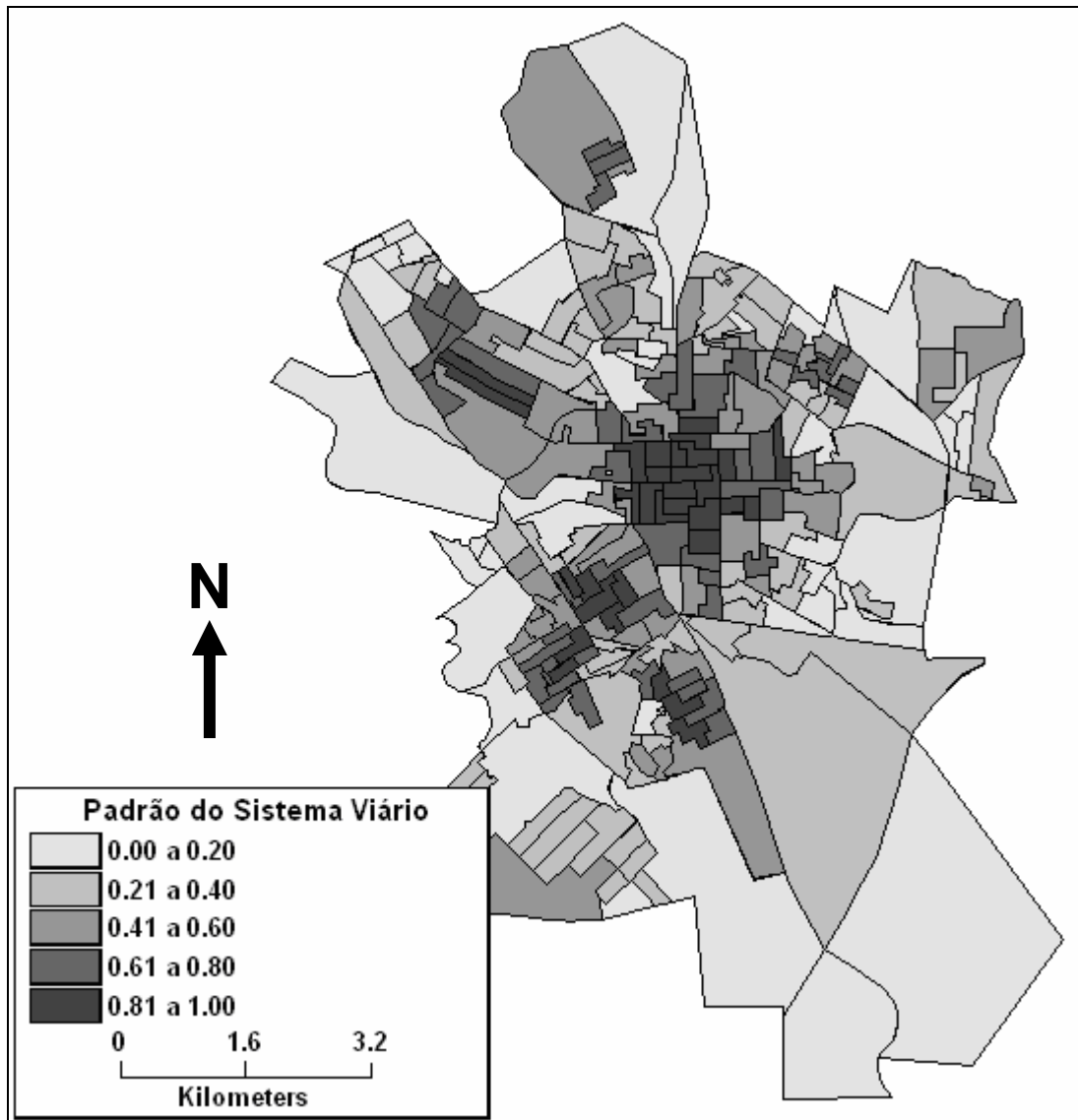


Figura 5.16 – Padrão do Sistema Viário

5.2 Características das Viagens

As informações sobre as viagens foram coletadas por ARRUDA (2005) na forma de diários de viagem. O banco de dados gerado a partir desse levantamento possui informações sobre as características das viagens (comprimento, modo de transporte, motivo, duração) e sobre as características dos indivíduos (renda, número de habitantes no domicílio, número de automóveis no domicílio, número de moradores com carteira de habilitação e presença de crianças no domicílio). A partir desses dados básicos foi calculada a variável “disponibilidade de automóvel”, utilizada no processo de calibração do modelo de opção modal, que é igual ao número de autos no domicílio do indivíduo, dividido pelo número de moradores habilitados para dirigir.

Não foram incluídas nas análises as viagens com origem nos setores correspondentes à área da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP) e à Universidade Federal de São Carlos (Ufscar), por serem setores atípicos em relação as característica da forma urbana. Assim sendo, a inclusão desses setores poderia distorcer os resultados da pesquisa. Desconsiderando-se estes setores, foram excluídas muitas de viagens, pois a amostra obtida por ARRUDA (2005) é predominantemente constituída por uma população estudantil, principalmente de universitários e de pós-graduandos. Conforme foi descrito pela própria autora, a amostra não se caracterizou como estatisticamente representativa da população urbana. No entanto, pode-se considerar que esta limitação não prejudica os resultados desta pesquisa, pois a proposta principal desta análise é verificar a influência das características da forma urbana na opção por um modo de transporte, principalmente nas viagens realizadas a pé. Não se pretende realizar um estudo amplo em nível de setor censitário de toda a área urbana de São Carlos, ou um estudo da demanda de viagens, que exigiria uma amostra mais ampla e diversificada da população.

Dos 245 setores censitários da cidade de São Carlos, apenas 127 aparecem no levantamento de ARRUDA (2005) como setores de origem das viagens e correspondem, principalmente, aos setores mais centrais da cidade. A Figura 5.17 mostra a distribuição destes setores na área urbana de São Carlos.

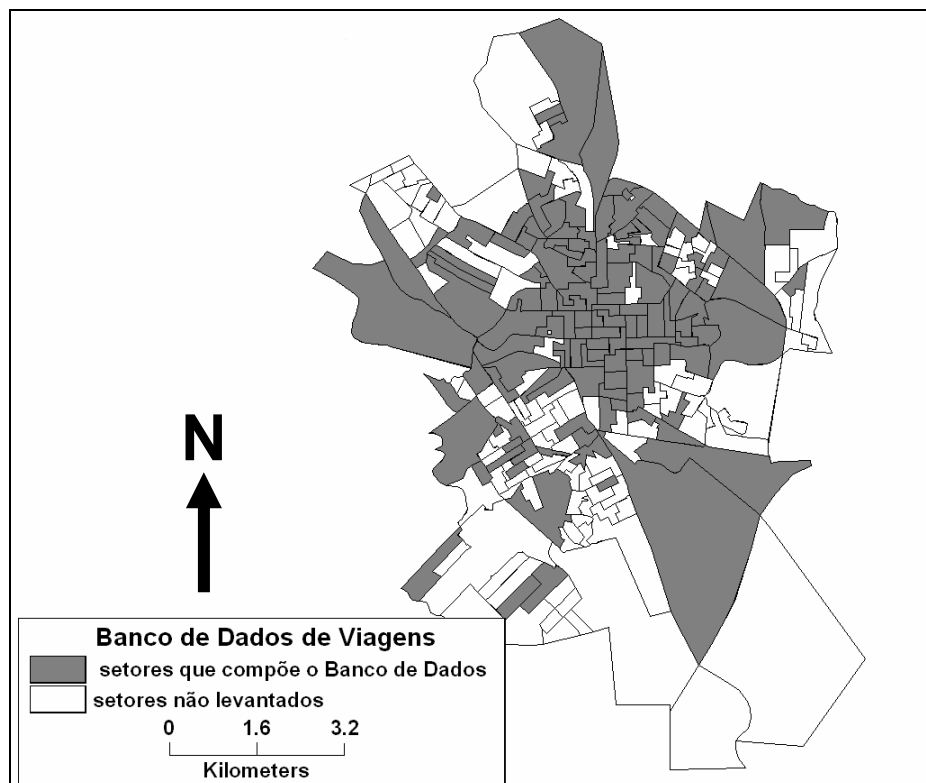


Figura 5.17 – Setores que compõe o Banco de Dados de Viagens

A seguir é apresentada uma análise descritiva das características das viagens obtidas por ARRUDA (2005) na cidade de São Carlos, SP, e a sua distribuição por distância representada em mapas temáticos.

A Tabela 5.6 mostra as características gerais das viagens (e dos viajantes), incluídas no banco de dados, já excluídas as viagens com origem nos campi da USP e da UFSCar.

Tabela 5.6 – Características das viagens do banco de dados

	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Comprimento da viagem (km)	1,59	0,01	10,38	1,49
Disponibilidade de automóvel	0,51	0,00	2,00	0,48

A Figura 5.18, mostra a distribuição de viagens por faixa etária. Observa-se que grande parte (cerca de 63%) dos indivíduos que compõem a amostra, pertence à faixa etária entre 18 a 30 anos, sendo que, em sua maioria, são estudantes universitários e pós-graduandos (ARRUDA, 2005).

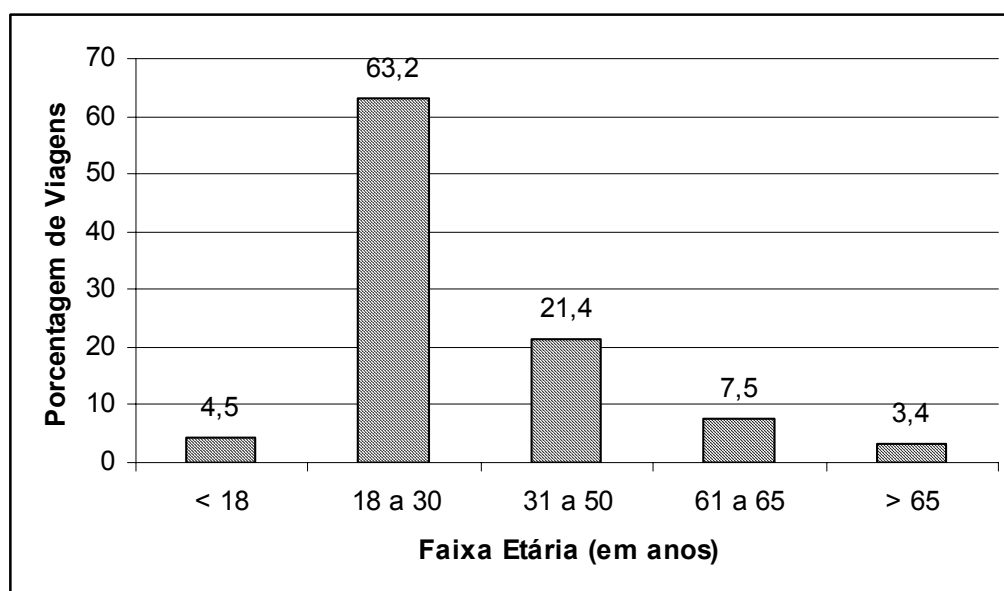


Figura 5.18 – Distribuição da amostra por faixa etária.

A Figura 5.19 mostra que a maior parte das viagens foi realizada pelos motivos de estudo, trabalho e volta para casa. Já a Figura 5.20 mostra a distribuição modal por motivo de viagem e revela certo equilíbrio entre as viagens realizadas por automóvel e a pé para

quase todos os motivos em viagens. Já as viagens realizadas pelo motivo leva-e-traz foram realizadas por automóvel, um resultado nada surpreendente, pois este motivo de viagem pede um modo motorizado. Vale ressaltar que mesmo nas viagens para compras o modo a pé é bastante utilizado. Os resultados mostram que são realizadas apenas 8,4% mais viagens motorizadas que viagens a pé.

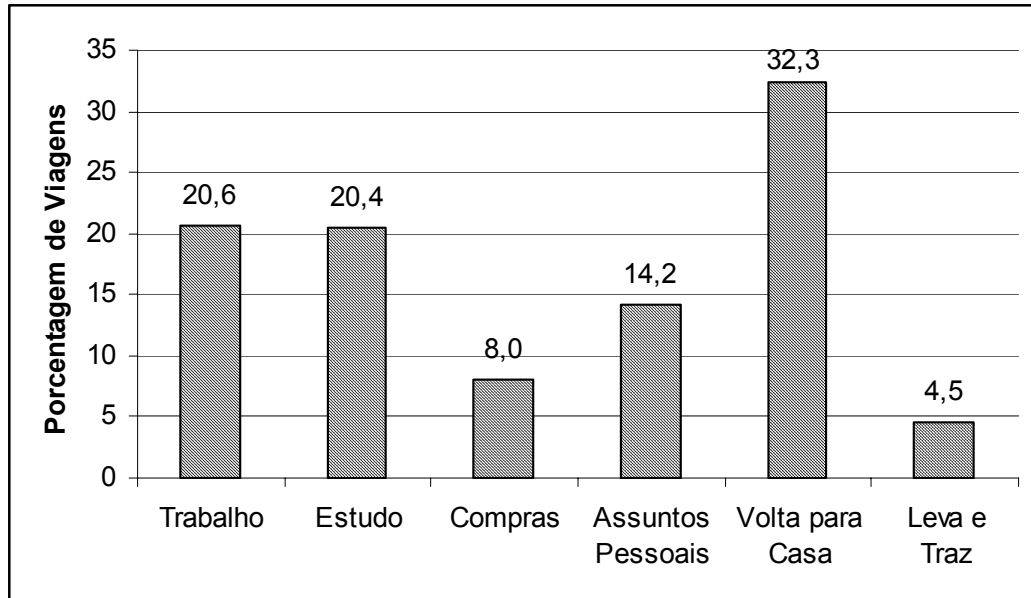


Figura 5.19 – Distribuição das viagens por motivo

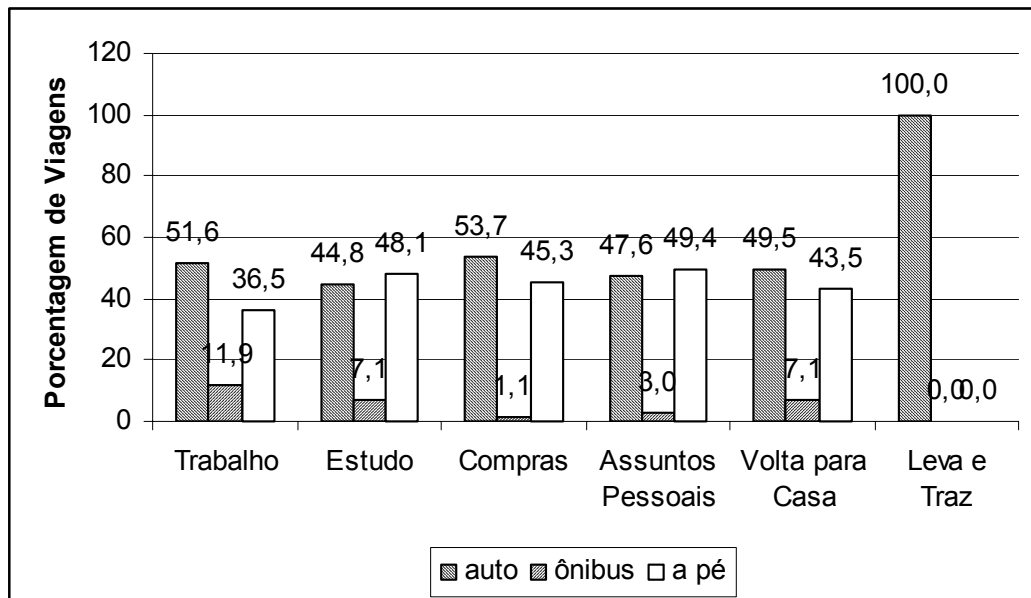


Figura 5.20 – Divisão modal por motivo de viagem

A Figura 5.21, mostra a disponibilidade de automóvel e observa-se que grande parte dos indivíduos (cerca de 64%) possui disponibilidade de automóvel de baixa a média (da ordem de 0,00 a 0,50 automóvel por morador habilitado). Isso pode representar um aumento na probabilidade de realização de viagens a pé.

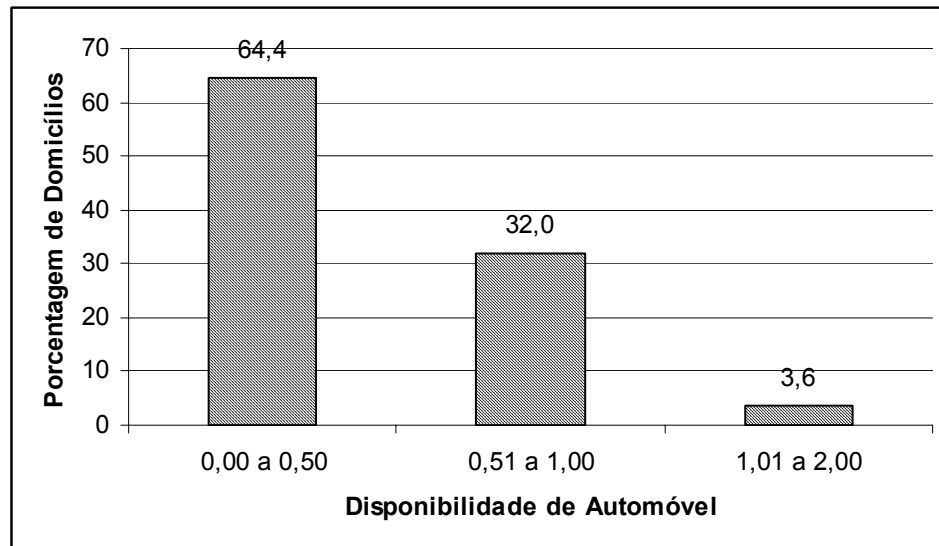


Figura 5.21 – Disponibilidade de automóvel

Do banco de dados criado a partir do levantamento de ARRUDA (2005) foram extraídas as viagens com até 1,0 km e, posteriormente, as viagens com até 2,0 km, para as estimativas dos modelos de opção modal. Os itens a seguir, mostram as características dessas duas amostras.

5.2.1 Características das Viagens com até 1,0 km

A Tabela 5.7 mostra as características gerais das viagens (e dos viajantes) com comprimento até 1,0 km (303 viagens).

Tabela 5.7 – Características das viagens com até 1,0km

	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Comprimento da viagem (km)	0,55	0,010	0,98	0,25
Disponibilidade de automóvel	0,70	0,20	2,00	0,42

A Figura 5.22 mostra a distribuição de viagens realizadas por cada um dos modos de transporte considerados. Pode-se verificar que apenas dois modos de transporte

foram utilizados nas viagens: o modo a pé e o automóvel particular (como motorista e como carona), porque as viagens por transporte coletivo e por bicicleta foram eliminadas quando se excluíram as viagens com mais de 1,0 km.

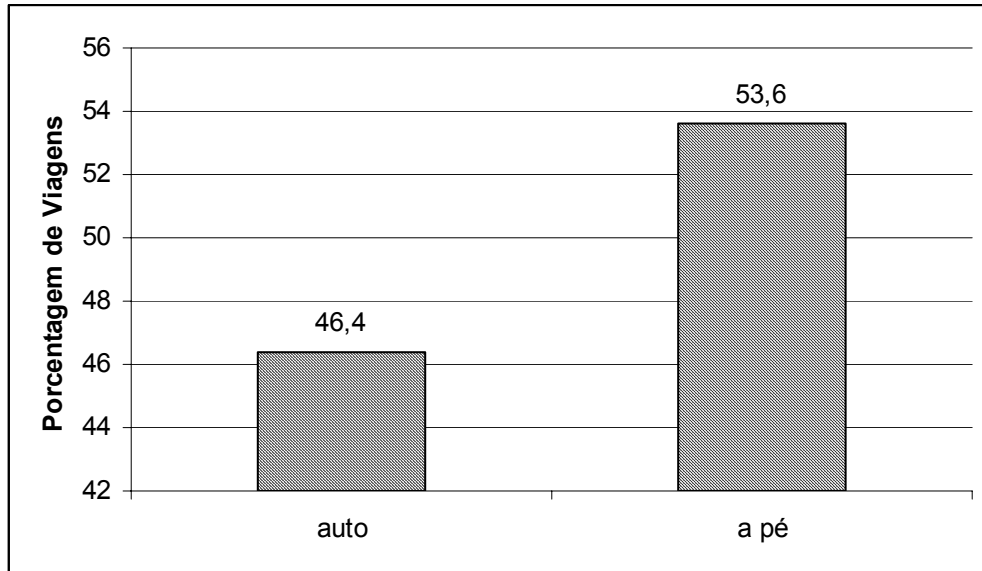


Figura 5.22 – Distribuição das viagens por modo de transporte

A Figura 5.23 mostra a porcentagem de viagens realizadas em função do comprimento da viagem. Como esperado, quanto maior o comprimento da viagem menor a utilização do modo a pé e maior a utilização do automóvel.

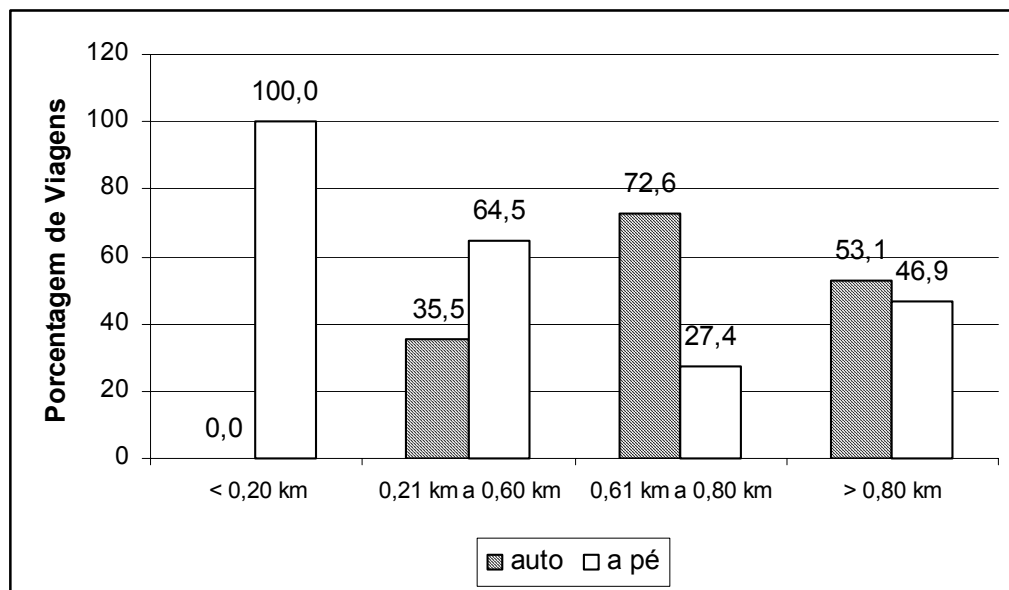


Figura 5.23 – Divisão modal em função do comprimento da viagem.

As viagens com até 1,0 km tiveram como origem 51 setores censitários. A Figura 5.24 mostra a distribuição destas viagens pelos setores.

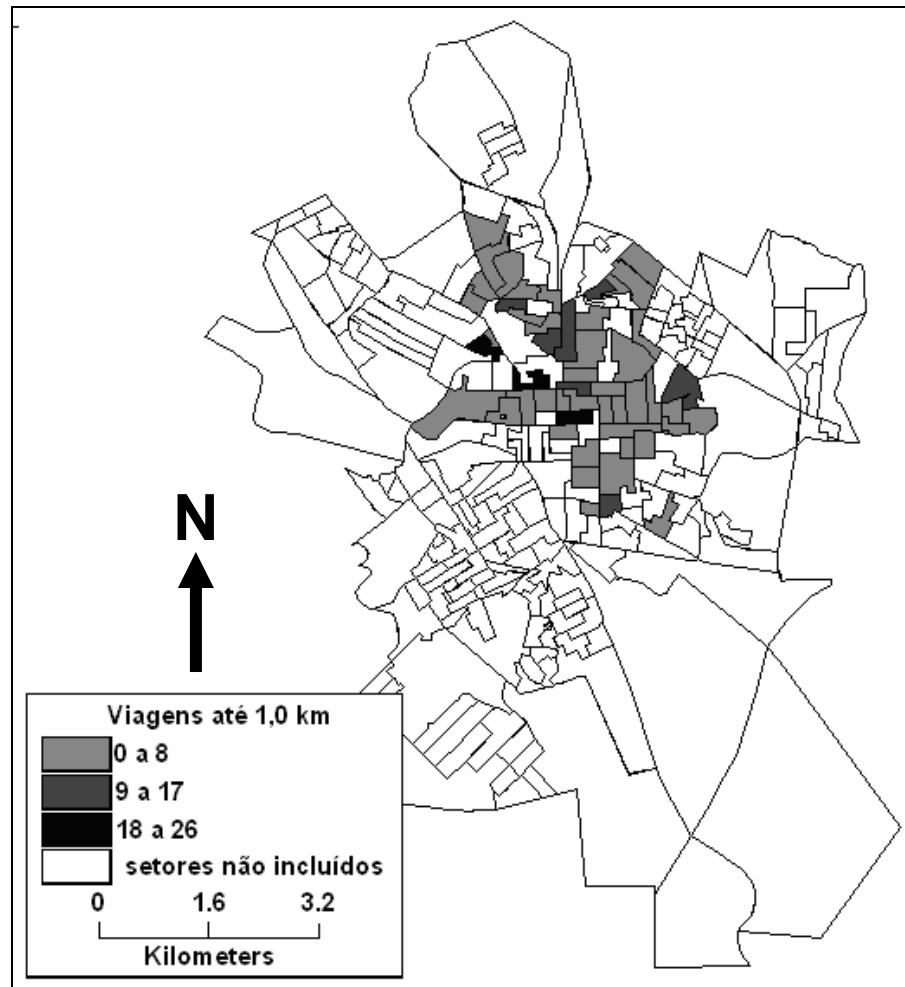


Figura 5.24 – Distribuição de viagens até 1,0 km pelos 51 setores

5.2.2 Características das Viagens com até 2,0 km

A Tabela 5.8 mostra as características gerais das viagens (e dos viajantes) com comprimento até 2,0km (533 viagens).

Tabela 5.8 – Características das viagens com até 2,0 km

	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Comprimento da viagem (km)	0,93	0,01	2,00	0,53
Disponibilidade de automóvel	0,87	0,20	2,60	0,53

A Figura 5.25, mostra a porcentagem de viagens realizadas por cada um dos modos de transporte considerados. Pode-se verificar que apenas dois modos de transporte foram utilizados nas viagens: o modo a pé e o automóvel particular (como motorista e como carona), pois também neste caso, as viagens por transporte coletivo e por bicicleta foram eliminadas quando se excluíram as viagens com mais de 2,0 km.

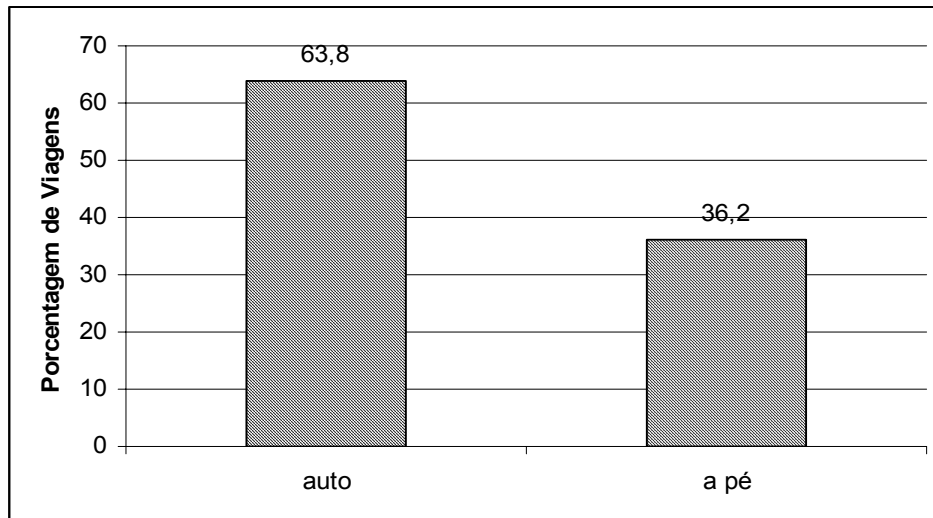


Figura 5.25 – Distribuição das viagens por modo de transporte.

Observa-se na Figura 5.25 que foram realizadas mais viagens por automóvel que a pé indicando que, com o aumento da distância máxima de viagem de 1,0 km para 2,0 km houve um aumento na porcentagem de viagens motorizadas.

A Figura 5.26 mostra a porcentagem de viagens realizadas em função do comprimento da viagem. Quanto maior à distância de viagem menor a utilização do modo a pé e maior a utilização do automóvel.

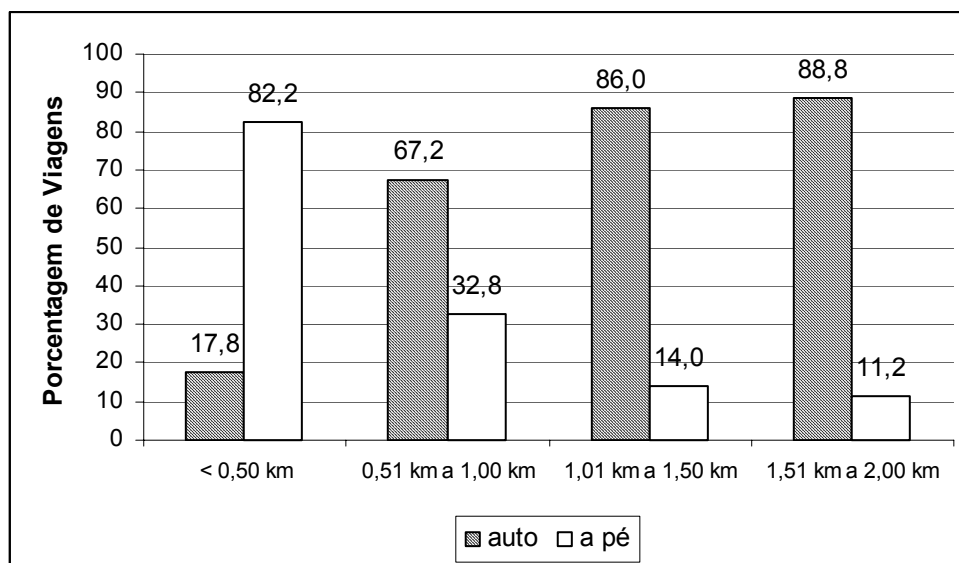


Figura 5.26 – Divisão modal em função do comprimento da viagem.

As viagens com até 2,0 km tiveram como origem 65 setores censitários. A Figura 5.27 mostra a distribuição destas viagens pelos setores.

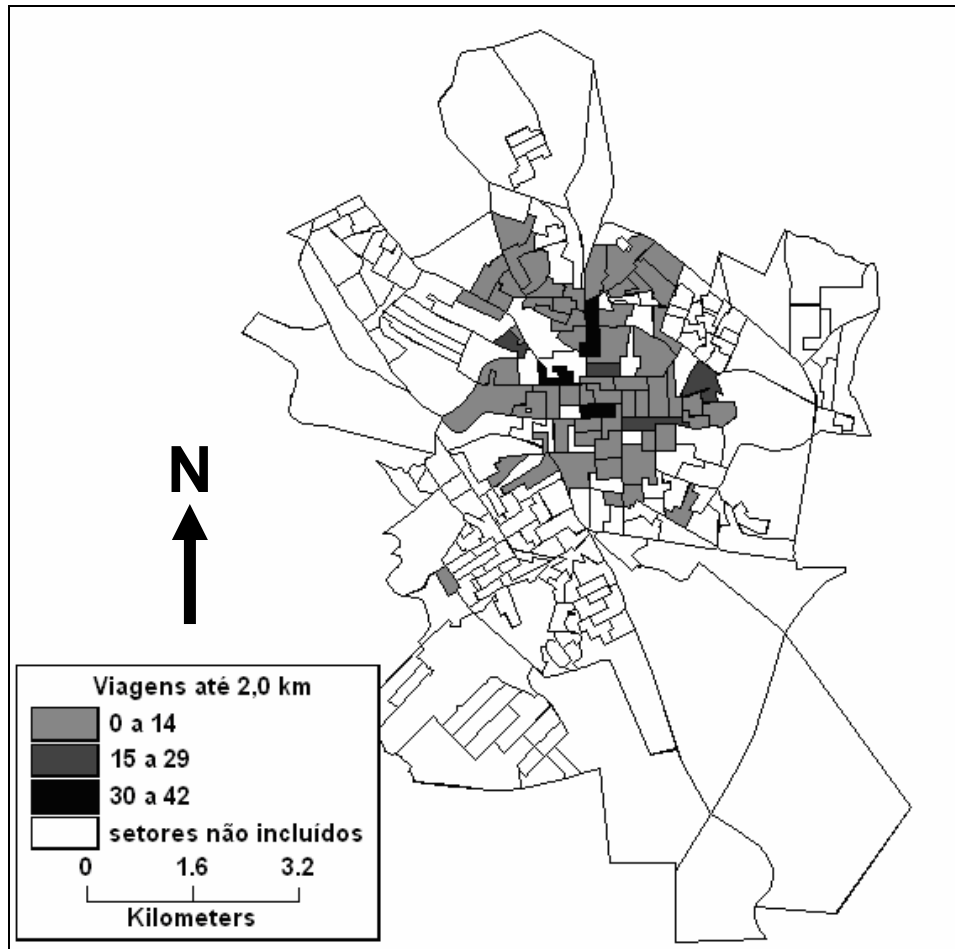


Figura 5.27 – Distribuição de viagens até 2,0 km nos 65 setores selecionados

No próximo capítulo é descrito o processo de formulação e calibração do modelo de opção modal utilizando os dados coletados (características das viagens, dos indivíduos e da forma urbana) e é feita uma análise dos resultados obtidos.

6 – FORMULAÇÃO E CALIBRAÇÃO DO MODELO DE OPÇÃO MODAL

Neste capítulo serão apresentadas as etapas de formulação e calibração e os resultados obtidos dos modelos de opção modal.

6.1 Estrutura do Modelo de Opção Modal

Conforme descrito no capítulo 4, a opção de um indivíduo por um modo de transporte pode ser representada em um modelo de escolha discreta, em uma fase (modelos multinomiais simples) ou em fases sucessivas (modelos multinomiais aninhados). Nesta pesquisa optou-se por analisar o relacionamento entre as características da forma urbana e a opção pelo modo a pé para viagens curtas utilizando-se um modelo de escolha modal do tipo logit binomial (Equação 6.1).

$$P_{pe} = \frac{\exp(U_{pe})}{\exp(U_{pe}) + \exp(U_{auto})} \quad (6.1)$$

onde:

P_{pe} = probabilidade de escolha do modo a pé

U_{pe} = utilidade do modo a pé

U_{auto} = utilidade do modo automóvel

Esquemáticamente, a estrutura do modelo pode ser observada na Figura 6.1.

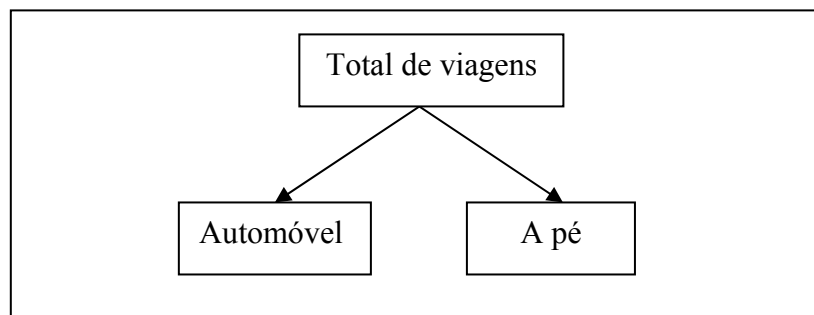


Figura 6.1 - Estrutura do Modelo de Opção Modal

Pode-se verificar que apenas dois modos de transporte foram utilizados nas viagens: o modo a pé e o automóvel (como motorista e como carona), porque as viagens por transporte coletivo e por bicicleta foram eliminadas quando se considerou apenas as viagens curtas (com até 2,0km).

6.2 Conjunto de Variáveis Explicativas

Conforme citado e analisado no capítulo 5, os dados relacionados às características das viagens (comprimento, modo de transporte e motivo) e às características dos indivíduos (renda e número de automóveis no domicílio) que compõem este conjunto de variáveis explicativas foram obtidos de ARRUDA (2005).

Já as variáveis da forma urbana que poderiam ser incluídas no modelo para explicar a opção dos indivíduos entre os modos de transporte motorizado e não motorizado foram definidas e selecionadas de acordo com a revisão bibliográfica descrita no capítulo 3. As seguintes variáveis foram selecionadas para compor os modelos de opção modal:

- a) Comprimento da viagem (distância entre a origem e o destino da viagem) em quilômetros;
- b) Modo de transporte (por automóvel ou a pé);
- c) Disponibilidade de automóvel (número de autos no domicílio do indivíduo dividido pelo número de moradores habilitados para dirigir);
- d) Densidade de Ocupação no setor de origem da viagem (relação entre a área total construída e a área do setor);
- e) Índice de Entropia no setor de origem da viagem (diversidade de uso do solo);
- f) Índice de Permeabilidade no setor de origem das viagens (obtido através da relação entre a distância em linha reta e a distância real (pelo caminho mais curto) entre todas as interseções do setor);

6.3 Conjunto de Escolhas Individuais (alternativas disponíveis)

Apenas dois modos de transporte foram utilizados nas viagens: o automóvel e o modo a pé.

O automóvel foi considerado como uma alternativa de transporte para os indivíduos que dispunham de pelo menos um veículo em seu domicílio. Neste caso o indivíduo pode ser o motorista ou o passageiro (carona).

O modo a pé será considerado disponível para todos, excluindo-se, obviamente, os que tenham alguma necessidade especial ou limitação física que os impeça de caminhar.

6.4 Calibração do Modelo de Opção Modal

A fim de avaliar a influência marginal das variáveis do ambiente construído sobre a opção modal, dois modelos foram calibrados. O primeiro modelo (básico) inclui apenas uma variável socioeconômica (disponibilidade de automóvel) e o comprimento da viagem a ser realizada. O segundo modelo (expandido) inclui, além das variáveis do modelo básico, informações sobre as características do meio físico urbano nos setores de origem das viagens.

Assim sendo, no modelo básico, as utilidades dos modos automóvel e a pé foram definidas conforme as Equações 6.2 e 6.3.

$$U_{auto} = Const + \alpha \times D_{auto} \quad (6.2)$$

$$U_{pe} = \beta \times C \quad (6.3)$$

onde:

U_{auto} = utilidade do modo automóvel

U_{pe} = utilidade do modo a pé

D_{auto} = disponibilidade do automóvel

C = comprimento da viagem (km)

$Const$, α e β = constante e coeficientes a serem calibrados

Para o modelo expandido, as utilidades são descritas nas equações 6.4 e 6.5.

$$U_{auto} = Const + \alpha \times D_{auto} \quad (6.4)$$

$$U_{pe} = \beta_1 \times C + \beta_2 \times docup + \beta_3 \times entrop + \beta_4 \times permeab \quad (6.5)$$

onde:

$docup$ = densidade de ocupação no setor de origem da viagem.

$entrop$ = entropia no setor de origem da viagem.

$permeab$ = permeabilidade no setor de origem da viagem

β_1 , β_2 , β_3 e β_4 = coeficientes a serem calibrados

A seguir são apresentados os resultados para os modelos básico e expandido calibrados para os comprimentos máximos de viagem de 1,0 km e 2,0 km.

6.5 Resultados Obtidos – Viagens até 1,0 km

A Tabela 6.1 mostra o resultado da calibração do modelo básico. Para o ajuste deste modelo foram utilizadas as ferramentas disponíveis no software TransCAD.

Tabela 6.1 – Resultado da calibração do modelo básico (viagens até 1,0 km)

Variável	Modo automóvel		Modo a pé	
	Coefficiente	Estatística t	Coefficiente	Estatística t
Const	-2,73	-6,49	-	-
Dauto	0,51	2,16	-	-
C (comprimento)	-	-	-3,86	-6,80
Estatísticas do modelo	Número de casos = 306 χ^2 (probabilidade) = 61,74 (0,000) $\rho^2 = 0,13$			

O modelo básico, mostrado na Tabela 6.1, que inclui apenas as variáveis Dauto (disponibilidade de automóvel) e C (comprimento da viagem) produziu resultado consistente com a teoria e com a expectativa. Verifica-se que a disponibilidade de automóvel está positivamente associada à utilidade do modo automóvel. Um aumento no valor dessa variável aumenta a probabilidade de escolha do automóvel. Por outro lado o comprimento da viagem está negativamente associado à utilidade do modo a pé. Viagens mais longas diminuem a probabilidade de opção pela caminhada.

A Tabela 6.2 mostra o resultado do modelo expandido (incluindo as variáveis relacionadas à forma urbana). Quando estas variáveis são incluídas no modelo, os impactos das variáveis Dauto e C praticamente não se alteram e ambas mantêm o sinal esperado e a significância (teste-t). O efeito da mistura de usos do solo (variável entrop) é significativo e positivo, indicando que um aumento na mistura de usos na zona de origem da viagem está associado com um aumento na probabilidade do indivíduo optar pelo modo a pé. Do mesmo modo, o efeito da permeabilidade (variável permeab) é significativo e positivo. A probabilidade de opção pelo modo a pé é maior para viagens com origem em setores mais permeáveis.

Tabela 6.2 – Resultado da calibração do modelo expandido (viagens até 1,0km)

Variável	Modo automóvel		Modo a pé	
	Coefficiente	Estatística t	Coefficiente	Estatística t
Const	6,40	3,08	-	-
Dauto	0,58	2,27	-	-
C (comprimento)	-	-	-3,89	-6,32
docup	-	-	1,21	1,45
entrop	-	-	2,95	3,31
permeab	-	-	10,11	4,18
Estatísticas do modelo	Número de casos = 306 χ^2 (probabilidade) = 86,22 (0,000) $\rho^2 = 0,17$			
Teste de melhoria do modelo: $-2[L(\text{modelo básico})-L(\text{modelo expandido})] = 24,474, \quad gl = 3, \quad \text{prob.} = 0.000$				

6.6 Resultados Obtidos – Viagens até 2,0 km

Da mesma maneira, foram calibrados modelos básico e expandido para viagens até 2,0 km. A Tabela 6.3 mostra o resultado da calibração do modelo básico.

Tabela 6.3 – Resultado da calibração do modelo básico (viagens até 2,0 km)

Variável	Modo automóvel		Modo a pé	
	Coefficiente	Estatística t	Coefficiente	Estatística t
Const	-1,99	-6,83	-	-
Dauto	0,42	2,11	-	-
C (comprimento)	-	-	-2,62	-10,14
Estatísticas do modelo	Número de casos = 533 χ^2 (probabilidade) = 196 (0,000) $\rho^2 = 0,25$			

O modelo, mostrado na Tabela 6.3, possui as mesmas características do modelo básico obtido para as viagens até 1,0 km. Nas variáveis Dauto e C os resultados produzidos são consistentes com a teoria e com a expectativa. Verifica-se que a disponibilidade de automóvel está positivamente associada à utilidade do modo automóvel.

Um aumento no valor dessa variável aumenta a probabilidade de escolha do automóvel. Por outro lado o comprimento da viagem está negativamente associado à utilidade do modo a pé. Viagens mais longas diminuem a probabilidade de opção pela caminhada.

A Tabela 6.4 mostra os resultados do modelo expandido (incluindo as variáveis da forma urbana). Estes resultados também são coerentes, sendo que os valores das variáveis Dauto e C praticamente não se alteram e ambas mantêm o sinal esperado e a significância (teste-t). Quando as variáveis do meio físico urbano são incluídas, verifica-se que o efeito da mistura de usos do solo (variável entrop) é significativo e positivo, indicando que um aumento na mistura de usos na zona de origem da viagem está associado com um aumento na probabilidade do indivíduo optar pelo modo a pé. Do mesmo modo, o efeito da permeabilidade (variável permeab) é significativo e positivo. A probabilidade de opção pelo modo a pé é maior para viagens com origem em setores mais permeáveis.

Tabela 6.4 – Resultado da calibração do modelo expandido (viagens até 2,0 km)

Variável	Modo automóvel		Modo a pé	
	Coefficiente	Estatística t	Coefficiente	Estatística t
Const	6,76	3,80	-	-
Dauto	0,48	2,22	-	-
C (comprimento)	-	-	-2,73	-10,14
docup	-	-	0,92	1,41
entrop	-	-	2,98	4,20
permeab	-	-	9,78	4,80
Estatísticas do modelo	Número de casos = 533 χ^2 (probabilidade) = 227 (0,000) $\rho^2 = 0,29$			
Teste de melhoria do modelo:				
$-2[L(\text{modelo básico})-L(\text{modelo expandido})] = 31,05, \quad \text{gl} = 3, \quad \text{prob.} = 0.000$				

Os resultados obtidos nos modelos (básico e expandido) para viagens com até 1,0 km de comprimento e até 2,0 km de comprimento são consistentes com o esperado e com a teoria. Um aspecto a ser notado é que a única variável da forma urbana que se mostrou não significativa nos modelos calibrados é a densidade de ocupação. Este resultado é surpreendente, porque se esperava que a probabilidade de opção pelo modo a pé fosse bastante influenciada pela densidade de ocupação da zona de origem da viagem (que

representa mais oportunidades e destinos de viagens). No entanto, este resultado é consistente com o encontrado por ZEGRAS (2004) para Santiago do Chile. Também no modelo chileno, a densidade (populacional) não se mostrou significativa na opção pelo modo a pé.

A comparação dos resultados obtidos dos modelos básicos e expandidos permite avaliar o efeito da inclusão das variáveis do meio físico urbano na expressão da utilidade do modo a pé. De maneira geral, os modelos expandidos são estatisticamente melhores que os modelos básicos. A estatística ρ^2 , que avalia o ajuste do modelo, é maior para o modelo expandido, nos dois casos. Também a estatística χ^2 , que avalia o poder de previsão do modelo, é maior para o modelo expandido.

Os ajustes dos modelos (medidos pelas estatísticas ρ^2) são apenas razoáveis. No entanto, é preciso considerar que muitos modelos desse tipo apresentam também baixos níveis de ajuste (CERVERO, 2002; ZEGRAS, 2004; ZHANG E KUKADIA, 2005). Para que o ajuste fosse considerado bom o valor de ρ^2 deveria ser superior a 0,4 (ORTÚZAR E WILLUMSEN, 1994).

Estes ajustes apenas razoáveis podem ser derivados do fato de que foram omitidas do modelo algumas variáveis que influenciam as viagens a pé, como a segurança, a seguridade e a qualidade do ambiente para pedestres (FERREIRA E SANCHES, 2001). Também podem ser devidos a problemas com os dados, particularmente as variáveis de forma urbana utilizadas, que foram representadas de forma muito agregada (em nível de setor censitário). Os setores censitários incluídos na análise têm área média de cerca de 14 hectares, chegando até 52 hectares. Assim sendo, as variáveis de forma urbana representam as características médias desses setores e não as características efetivas em nível de vizinhança.

6.7 Sensibilidade dos Modelos Calibrados

Para se avaliar a sensibilidade dos resultados dos modelos com relação aos valores das variáveis da forma urbana, foram estimadas as probabilidades de opção pelo modo a pé, alterando-se o valor dessas variáveis, dentro das faixas de valores encontrados para os setores censitários da cidade de São Carlos. Foram realizadas estas análises com base nos dois modelos expandidos, para viagens com até 1,0 km e 2,0 km de comprimento.

6.7.1 Sensibilidade dos Resultados dos Modelos com Relação à Densidade de Ocupação

A Figura 6.2, mostra a variação da probabilidade de escolha do modo a pé para viagens com até 1,0 km e com até 2,0 km, em função da densidade de ocupação. Para a estimativa da utilidade dos modos, todas as variáveis foram consideradas em seus valores médios, exceto a densidade, que variou entre 0 e 1

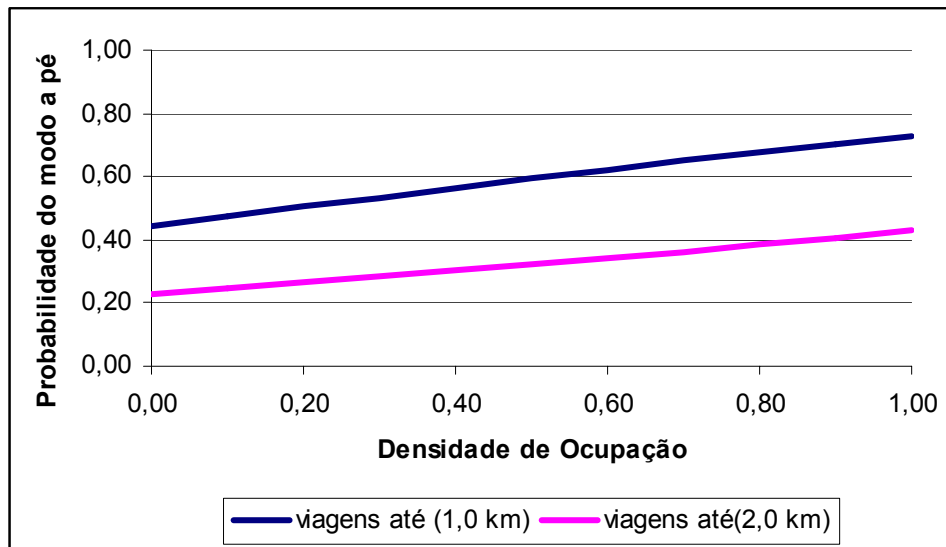


Figura 6.2 – Probabilidade opção pelo modo a pé nas viagens de 1,0 km e 2,0 km em função da densidade de ocupação

Conforme indicado pelo modelo calibrado e pela Figura 6.2, o efeito de alterações na densidade de ocupação sobre a opção pelo modo a pé é pequeno. Verifica-se que existe um aumento de cerca de 31 % para as viagens até 1,0 km e um aumento de cerca de 20 % nas viagens até 2,0 km de probabilidade de opção pelo modo a pé no intervalo de variação entre 0 e 1. É necessária uma variação muito grande (não realística) da densidade para que se observe uma variação significativa da utilização do modo a pé.

Observa-se também na Figura 6.2 que a variação da probabilidade de escolha do modo a pé em função da variável densidade de ocupação é similar para as viagens com até 1,0 km e com até 2,0 km, pois as curvas são paralelas, apenas com um pequeno desvio nos valores mais altos de densidade.

6.7.2 Sensibilidade dos Resultados dos Modelos com Relação ao Índice de Entropia

Observa-se, na Figura 6.3, a variação da probabilidade de escolha do modo a pé nas viagens de 1,0 km e 2,0 km, em função do índice de entropia. Para a estimativa da utilidade dos modos, todas as variáveis foram consideradas em seus valores médios, exceto a densidade, que variou entre 0 e 1

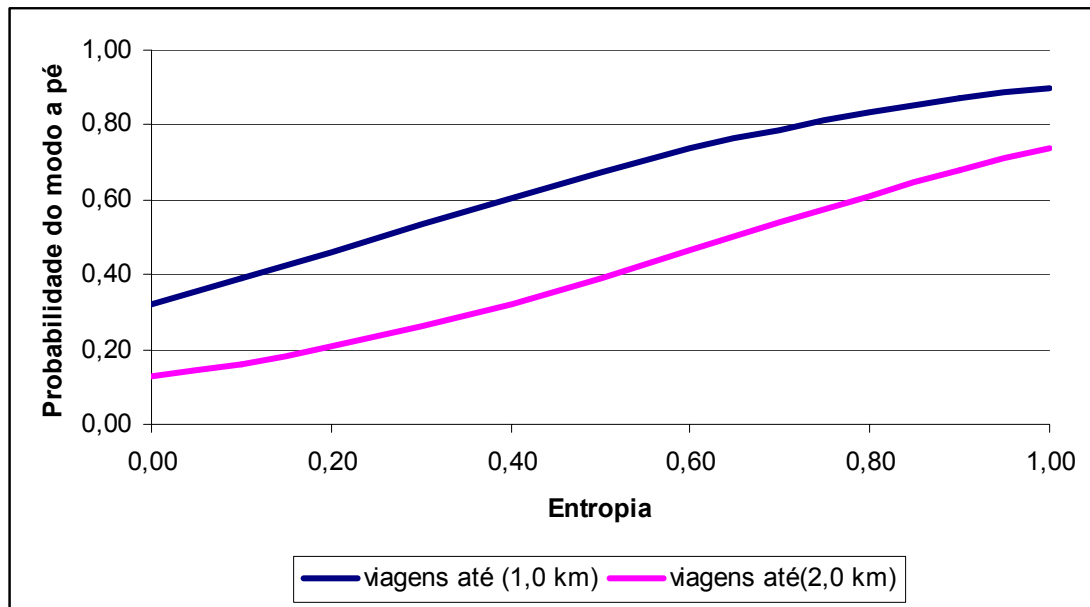


Figura 6.3 – Probabilidade de opção pelo modo a pé nas viagens de 1,0 km e 2,0 km, em função do índice de entropia

Observa-se, na Figura 6.3, que a mistura de usos do solo nas zonas de origem das viagens (entropia) tem influência positiva na opção pelo modo a pé. Verifica-se que existe um aumento cerca de 59 % de probabilidade de escolha do modo a pé para as viagens até 1,0 km e um aumento de 61% para as viagens até 2,0 km, no intervalo de variação entre 0 e 1. Pequenas alterações na variável entropia produzem variações relativamente significativas na opção pelas caminhadas.

É possível comprovar através da Figura 6.3 que a variação da probabilidade de escolha do modo a pé em função do índice de entropia é semelhante para as viagens com até 1,0 km e com até 2,0 km, pois as curvas são paralelas.

6.7.3 Sensibilidade dos Resultados dos Modelos com Relação ao Índice de Permeabilidade

A Figura 6.4 mostra a probabilidade de escolha do modo a pé nas viagens de 1,0 km e 2,0 km, em função da permeabilidade. Para a estimativa da utilidade dos modos, todas as variáveis foram consideradas em seus valores médios, exceto a permeabilidade, que variou entre 0 e 1.

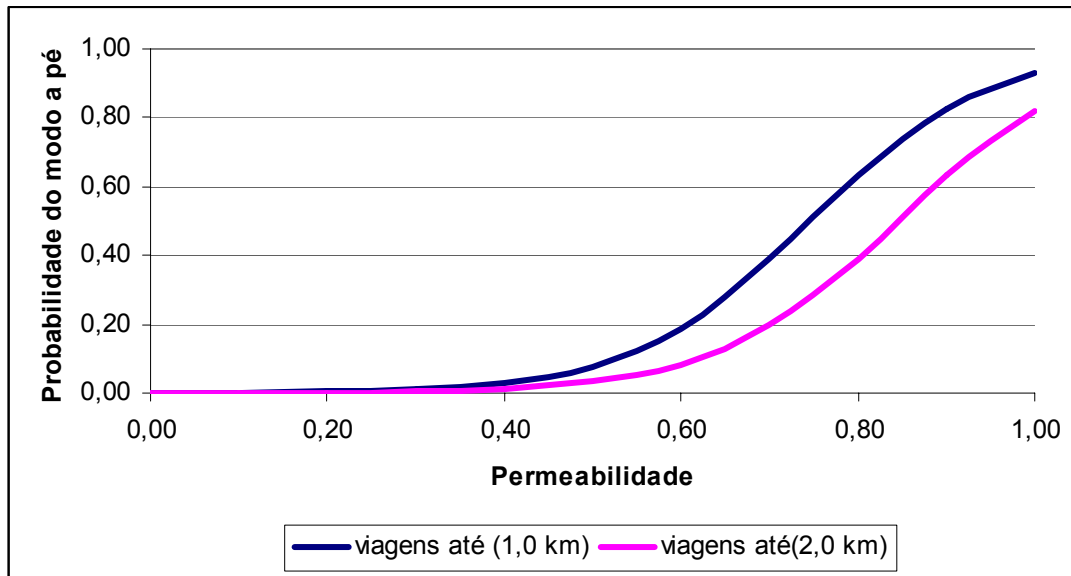


Figura 6.4 – Probabilidade de opção pelo modo a pé nas viagens de 1,0 km e 2,0 km, em função do índice de permeabilidade

Conforme indicado pelo modelo calibrado e mostrado na Figura 6.4, verifica-se que as variações mais significativas na probabilidade de opção pelo modo a pé são causadas por alterações na permeabilidade da zona de origem das viagens. Observa-se que existe um aumento na ordem de 93 % de probabilidade de opção pelo modo a pé para as viagens até 1,0 km e um aumento de 83 % para as viagens até 2,0 km no intervalo de variação entre 0 e 1. As zonas que têm o sistema viário com configuração em forma de grelha (permeabilidade próxima de 1) são aquelas mais propensas a incentivar as caminhadas.

A Figura 6.4 mostra a variação da probabilidade de escolha do modo a pé em função do índice de permeabilidade e constata-se que há uma semelhança entre os formatos das curvas. Os valores são praticamente iguais até a faixa de 0,4. As curvas são relativamente paralelas a partir da faixa de 0,70 entre as viagens com até 1,0 km e com até 2,0 km.

Analisando-se os resultados obtidos da sensibilidade dos dois modelos expandidos para as viagens de 1,0 km e de 2,0 km pode-se concluir que a forma urbana

influencia o comportamento dos indivíduos na opção por um modo de transporte, em especial pelo modo a pé.

Vale ressaltar que apesar dos resultados serem similares, a influência das características da forma urbana sobre o comportamento do indivíduo ao optar pelo modo a pé, é relativamente maior nas viagens mais curtas com até 1,0 km. Estes resultados apontam que a influência destas características na opção pelo modo de transporte é sensível ao aumento do comprimento de viagem.

O modelo calibrado pode ser utilizado para se realizar inúmeras outras análises a respeito da interação entre as variáveis que compõem a função utilidade. É possível simular o comportamento dos indivíduos e estimar a probabilidade de utilização do modo a pé em diversos cenários. No próximo capítulo são apresentadas as principais conclusões e sugestões para trabalhos futuros a respeito desta pesquisa.

7. CONCLUSÕES

O objetivo principal desta pesquisa foi verificar se existe relação entre as características da forma urbana e a opção pelo modo a pé para viagens curtas, utilizando-se, para o estudo de caso, uma cidade brasileira de porte médio.

Para se verificar o relacionamento entre as diversas características da forma urbana e o comportamento de viagem dos indivíduos, foram utilizado modelos de escolha discreta do tipo Logit.

Para que essa relação entre forma urbana e realização de viagens a pé pudesse ser verificada foram identificadas as características da forma urbana que mais poderiam estimular as caminhadas. Foram selecionadas para inclusão no modelo de escolha modal, variáveis relacionadas aos 3 Ds (diversidade de uso do solo, densidade e desenho das vias), ou seja, as variáveis: densidade de ocupação, índice de entropia, e índice de permeabilidade.

A fim de avaliar a influência marginal das variáveis do ambiente construído sobre a opção modal, dois modelos foram calibrados. O primeiro modelo (básico) inclui apenas uma variável socioeconômica (disponibilidade de automóvel) e o comprimento da viagem a ser realizada. O segundo modelo (expandido) inclui, além das variáveis do modelo básico, informações sobre as características da forma urbana nos setores de origem das viagens.

Os modelos foram calibrados para viagens com até 1,0 km de extensão e com até 2,0 km de extensão. A comparação dos resultados obtidos com os modelos básico e expandido, em ambos os casos, permitiu avaliar o efeito da inclusão das variáveis de forma urbana na expressão da utilidade do modo a pé. De maneira geral, o modelo expandido se mostrou estatisticamente melhor que o modelo básico. A estatística ρ^2 , que avalia o ajuste do modelo, é maior para o modelo expandido. Também a estatística χ^2 , que avalia o poder de previsão do modelo, é maior para o modelo expandido.

Para avaliar a sensibilidade dos resultados do modelo com relação aos valores das variáveis de forma urbana foram estimadas as probabilidades de opção pelo modo a pé, alterando-se o valor dessas variáveis dentro das faixas de valores encontrados para os setores censitários da cidade de São Carlos.

Analisando-se os resultados obtidos da sensibilidade dos dois modelos expandidos para as viagens de 1,0 km e de 2,0 km pode-se inferir que as variáveis da forma urbana influenciam o comportamento do usuário na escolha por um modo de transporte, em especial pelo modo a pé.

Setores com características que priorizam os pedestres podem encorajar as viagens realizadas a pé, mostrando que o ambiente construído pode interferir na opção individual por um modo de transporte.

Os resultados indicam também que a influência das características da forma urbana são sensíveis ao aumento do comprimento de viagem. Nas viagens mais curtas de até 1,0 km o efeito destas variáveis teve um melhor desempenho sobre o comportamento do viajante. Se realizada uma análise em intervalos de comprimento de viagem maiores que 2,0 km, possivelmente a influência destas variáveis no processo de decisão pelo modo de transporte a pé serão ainda menores.

No entanto, embora o modelo desenvolvido tenha apresentado resultados satisfatórios, é importante salientar que a amostra de viagens utilizada não é representativa da população da cidade de São Carlos, pois houve uma grande concentração de viagens com origem na área central da cidade e uma população basicamente composta por estudantes. Por este motivo o modelo não representa o comportamento geral da população de uma cidade de porte médio.

Esta limitação, no entanto, não chega a invalidar os resultados obtidos porque o objetivo principal da pesquisa não era a definição de um modelo para estimativa da demanda de viagens em uma cidade de porte médio. O foco do trabalho era apenas a avaliação da importância dos diversos fatores que interferem na opção de um indivíduo por um modo de transporte para suas viagens diárias.

De qualquer modo, algumas sugestões podem ser feitas no sentido de se obter um modelo mais representativo da opção individual pelo modo a pé, nas condições específicas de uma cidade de porte médio:

- a) Obter os valores das características da forma urbana em setores menores que os censitários, ou em nível de vizinhança. Este procedimento pode conduzir a resultados mais condizentes com a realidade da população urbana;
- b) Utilizar outras variáveis representativas da forma urbana que possam influenciar ainda mais a opção individual pelo modo de transporte a pé. Uma das variáveis que poderia

compor o modelo é a declividade das vias, pois geralmente locais com uma topografia acidentada dificultam e limitam a opção pelo modo a pé.

- c) Realizar a calibração do modelo para cada motivo de viagem, o que pode, eventualmente, levar a resultados mais representativos do que o obtido nesta pesquisa;

Espera-se que os resultados obtidos com esta pesquisa possam servir de base para outros estudos sobre a demanda de viagens não motorizadas em cidades de porte médio. Espera-se também que este conhecimento possa ser utilizado para subsidiar Leis de Zoneamento do Solo e Políticas de Transporte Urbano visando incentivar a realização de viagens a pé.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, F.O. Qualidade dos Espaços Urbanos Destinados aos Pedestres. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana**, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2003.

ALLAN, A.; Walking as a local transport modal choice in Adelaide. **World Transport Policy & Practice**, Volume 7, Nº 2, p. 44-51, 2001.

AMANCIO, M. A. Avaliação do Potencial das Áreas Urbanas para uso de Pedestres usando SIG, **Relatório técnico apresentado ao programa CT-TRANSPO**, 2004.

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

_____. Aplicação de um Modelo Baseado em Atividades para Análise da relação Uso do Solo e Transportes no Contexto Brasileiro. **Tese de Doutorado em Transportes**, Departamento de Transportes, EESC-USP, 2005.

Associação Nacional dos Transportes Públicos. XII Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. Disponível em <http://www.antp.org.br>, acessado em 23.03.2004.

BANERJEE, T.; BAER, W. C. Beyond the neighborhood unit: residential environments and public policy. New York, Plenum Press, 1984.

BARBUGLI, M. T. S., Forma Urbana e Transporte Sustentável: Relacionamento entre as características físicas da forma urbana e as viagens realizadas a pé em cidades brasileiras de porte médio. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana**, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2003.

BOARNET, M. G.; CRANE, R. The Influence of land use on travel behavior: specification and estimation strategies. **Transportation Research**, Part A 35, p. 823-845, 2001.

_____; NESAMANI, K. S. Comparing the Influence of land use on nonwork trip generation and vehicle distance traveled: an analysis using travel diary data, **Transportation Research Board**, 83rd Annual Meeting, 2004.

CALIPER CORPORATION TransCAD – Transportation GIS Software User’s Guide, Verson 3.0 for Windows, 1996.

CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. Short-Term Travel Model improvements. **US Department of Transportation Report, DOT-T-95-05**, 1995.

CERVERO R, KOCKELMAN. K. Travel demand and the 3 Ds: density, diversity, and design. **Transportation Research Part D3**, p. 199 –219. 1997.

_____. Urban Designs issues related to Transportation Modes, Designs and services for Neo Tradicional Developments. **Urban Design Telecommunication and Travel Forecasting Conference**, 1997.

_____. Mixed Land Uses and Commuting: Evidence from the American Housing Survey? **Transportation Research A 30(5)**: p. 361-377, 1996.

_____. America's Suburban Centers: The Land Use-Transportation Link. Boston, Unwin-Hyman. **Transportation Research Board**, 1989.

_____. R. Built environment and mode choice: toward a normative framework **Transportation Research D**. vol. 7, pag. 265-284, 2002.

CRANE, R. The Influence of Urban Form on Travel: An Interpretative Review. **Journal of Planning Literature 15(1)**, p. 3-23, 2000.

_____. CREPEAU, R. Does neighborhood design influence travel?: A behavioral analysis of travel diary and GIS data. **Transportation Research Part D -Transport and Environment 3 (4)**, p. 225-238, 1998.

DAAMEN and HOOGENDOOM, Experimental Research of Pedestrian Walking Behavior. **TRB Annual Meeting CD-ROM**, 2003.

DILL, J.; Measuring Network Connectivity for Bicycling and Walking, **Transportation Research Record**, 2004.

DIXON, L. B. Bicycle and Pedestrian Level-of-Service Performance Measures and Standards for Congestion Management Systems. **Transportation Research Record**, nº 1538, p. 1-9, 1996.

FERREIRA, M. A.; SANCHES, S. P. Índice de Qualidade das Calçadas – IQC. **Revista dos Transportes Públicos**, Vol. 91, Ano 23, São Paulo, p. 47-60, 2001.

FHWA (Federal Highway Administration – U.S. Department of Transportation) Data collection and modeling requirements for assessing transportation impacts of micro-scale design. **Publication FHWA-DTFH 61-95-c-00168**, 2000.

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**, p. 44-52, 1994.

FREILICH, R. H. To sprawl or not sprawl: a national perspective for Kansas City. **URL**, 2000.

FRUIN, J. J. Designing for Pedestrians: A Level-of-Service Concept. New York Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners. **Highway Research Record**, nº 355, 1971.

HANDY, S. Understanding the link between urban form and travel behavior. **Journal of Planning Education and Research 15**, p. 183-198. 1996a.

_____. Urban form and pedestrian choices: study of Austin neighborhoods. **Transportation Research Record**, vol. 1552, p. 135-144, 1996b.

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

_____.; CLIFTON, K. J. Qualitative Methods in Travel Behavior Research. **Transportation Research Board**, 2002.

_____.; How the Built Environment Affects Physical Activity. Views from Urban Planning. **American Journal of Preventive Medicine**. p. 64-73, 2002.

_____., et al. Planning for Street Connectivity - Getting from Here to There **American Planning Association**, Chicago, 2003.

HENK, R.; HUBBARD, S. Developing an index of transit service availability, **Transportation Research Record**, Vol 1521, p. 12-19, 1996.

HESS, P. M., MOUDON, A. V. et al. Measuring land use patterns for transportation research. **Transportation Research Board**, Washington D.C. 2000.

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

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

INGRAM, G. Patterns of metropolitan development: what have we learned? **Urban Studies**, vol. 35, n° 7, pag. 1019-1035, 1998.

JONES, E. Liveable NeighbourhoodsWorld, **Transport Policy & Practice**, Volume 7, Number 2, p. 38-43, 2001

KITAMURA, R., et al. A Micro-Analysis of Land Use and Travel in Five Neighborhoods in the San Francisco Bay Area. **Transportation** 24, p, 125-158, 1997.

KHISTY, C. J. Evaluation of Pedestrian Facilities: Beyond the Level-of-Service Concept. **Transportation Research Record**, n° 1438, p. 45-50, 1995.

KOCKELMAN, K. M. Travel Behavior as a Function of Accessibility, Land Use Mixing, and Land Use Balance - City and Regional Planning. Berkeley, University of California, Berkeley, 1996.

KOCKELMAN, K. M. Travel Behavior as a Function of Accessibility, Land Use Mixing, and Land Use Balance – Evidence from San Francisco Bay Area. **Transportation Research Record**, n° 1607 p. 116-1250, 1997.

KRIZEK, K. J. Operationalizing Neighborhood Accessibility for Land Use-Travel Behavior Research and Regional Modeling. **Journal of Planning Education and Research**, 2001.

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

MACKETT, R. L. Why do people use their cars for short trips? *Transportation* 30, pag. 329-349, 2003.

MCNALLY, M. G.; KULKARNI, A. Assessment of Influence of Land Use-Transportation System on Travel Behavior. **Transportation Research Record**. Vol. 1607, p. 105-115, 1997.
MESSENGER, T.; EWING, R. Transit-Oriented Development in the Sunbelt: Get Real (and Empirical). **Presented at the 75th Annual Meeting of the Transportation Research Board**, Washington, D.C. 1996.

MILLER, J.; IBRAHIM, A. Urban form and vehicular travel – some empirical findings, **Transportation Research Record**, Vol. 1617, p. 18-27, 1998.

MOUDON, A. et al. Effects of Site Design on Pedestrian Travel in Mixed Use, Medium-Density Environments. **Transportation Research Record**, Washington, D.C, 1997.

ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEM, L. Modeling Transport. **John Wiley and Sons**, London, 1994.

RAJAMANI, J. Assessing the impact of urban form measures in nonwork trip mode choice after controlling for demographic and level-of-service effects. **Transportation Research Board**, 2003.

REPLOGLE, M. Sustainability: a vital concept for transportation planning and development. **Journal of Advanced Transportation**, Vol. 25, nº 01, 1997 p. 3-18.

RODRIGUEZ, D. A.; JOO, J. The relationship between non-motorized mode choice and the local physical environment. **Transportation Research Part D** 9 (2004) 151–173

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

SANCHES, S. P. et al. Prometo Recope – **Base de Dados SIG-T**, Relatório Final, 1999.

SARKAR, S. Evaluation of Safety for Pedestrian at Macro and Microlevels in Urban Areas. **Transportation Research Record**, nº 1502, p. 105-118, 1995.

SERMONS, M. W. e SEREDICH, M. Assessing Traveler Responsiveness to Land and Location Based Accessibility and Mobility Solutions. **Transportation Research Part D** 6. pag. 417-428, 2001.

SHRIVER, K. Influence of environmental design on pedestrian travel behavior in four Austin neighborhoods, **Transportation Research Record**, Vol. 1578, 1997 p. 66-75.

SRINIVASAN, S., Quantifying spatial characteristics of cities. **Urban Studies** 39 (11), p. 2005–2028, 2002.

STRAMBI, O. Análise e Modelagem da Evolução Temporal da Posse de Autos na Região Metropolitana de São Paulo. **XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, 2004.

SUN, A., et al. Household travel, household characteristics, and land use. **Transportation Research Record 1617**, pag. 10-17, 1998.

THAMBIAH, M. Method to Determine Overall Level-of-Service of Pedestrians on Sidewalks and Crosswalks based on Total Utility Value. **Transportation Research Board 83rd Annual Meeting**, January 11-15, 2004.

THAMIZH, V. et al. Trip Characteristics of Travelers without Vehicles. **Journal of Transportation Engineering**, January/February, pag. 76-81, 1996.

TMIP (Travel Model Improvement Program) Data Collection and Modeling Requirements for Assessing Transportation Impacts of Micro-Scale Design. **U.S. Environmental Protection Agency**. June, 2000.

1000 Friends of Oregon (1993). Making the Land Use Transportation Air Quality Connection, Vol. 4A: The Pedestrian Environment. Portland, OR, LUTRAQ, with Cambridge Systematics, Inc., Calthorpe Associates, and Parsons Brinkerhoff Quade and Douglas.

VTPI (Victoria Transport Policy Institute) Land use impacts on transport: How land use patterns affect travel behavior. **Victoria Transport Policy Institute**, 2000. Disponível em: <http://www.vtpi.org>

WESTON, Lisa M. A Methodology to Evaluate Neighborhood Urban Form A Comparison to New Urbanist Principles. **Planning Forum 8**, 2002.

WORLD BANK. Cities on the Move. A World Bank Urban Transport Strategy Review. Washington DC, 2000.

ZHANG, M. e KUKADIA, N. Metrics of urban form and the areal unit problem. **TRB 2005 Annual Meeting CD-ROM**, 2005.

ZEGRAS, P. The influence of land use on travel behavior: empirical evidence from Santiago de Chile, **TRB 2004 Annual Meeting CD-ROM**, 2004.