



Rede Ibero-Americana de Estudo em  
**Pólos Geradores de Viagens**



# CADERNOS

Polos Geradores de Viagens  
**Orientados à Qualidade de Vida e Ambiental**

Pedestres:  
Caracterização e Modelos de Previsão de Viagens

<http://redpgv.coppe.ufrj.br>



Rede Ibero-Americana de Estudo em  
**Pólos Geradores de Viagens**



**Adriana Scovino da Rocha**  
**Licínio da Silva Portugal**  
**Nathaly Escobar**  
UFRJ

**Josefina Flórez**  
USB – Venezuela

**José Serratini**  
UFU

**Versão Julho de 2010**

## **CADERNOS**

**Polos Geradores de Viagens**  
**Orientados à Qualidade de Vida e Ambiental**

**Pedestres:**  
**Caracterização e Modelos de Previsão de Viagens**

## Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto “Rede Sulamericana em Transportes: Estudo em Polos Geradores de Viagens sintonizados com a Qualidade de Vida”, Edital MCT/CNPq 05/2007 – PROSUL.

Ao CNPq e à Faperj pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do projeto “Núcleo de Pesquisa em Polos Geradores de Viagens e de seus Impactos orientados à Qualidade de Vida e ao Desenvolvimento Integrado” (Proc. n.º 170.001/2008), que foi aprovado pelo Programa de Apoio aos Núcleos de Excelência (Pronex) - ano de 2006.

Aos membros da “Rede Ibero-Americana de Estudos em Polos Geradores de Viagens” pela sua dedicação e compromisso com a produção e divulgação do conhecimento, permitindo a sua sistematização e facilitando o desenvolvimento deste Caderno.

À Marcela Rubert pelo trabalho qualificado e cuidadoso de revisão e formatação desta Publicação.

Ao Setor de Programação Visual da COPPE/UFRJ pela produção da capa e competência em buscar expressar graficamente alguns elementos principais que compõem o contexto desta pesquisa.

À todos os pesquisadores que vêm colaborando de diferentes formas e através de diferentes veículos, como pelo site <http://redpgv.coppe.ufrj.br>, sendo fundamentais para fortalecer e garantir a manutenção deste projeto coletivo.

# Apresentação

A “Rede Ibero-Americana de Estudos em Pólos Geradores de Viagens” e o seu “Núcleo de Pesquisa em Pólos Geradores de Viagens e de seus Impactos orientados à Qualidade de Vida e ao Desenvolvimento Integrado” têm como um dos seus objetivos a produção de cadernos temáticos que tratam dos modelos e das taxas de geração de viagens de determinados tipos de equipamentos e empreendimentos. Esses cadernos foram organizados em quatro grandes módulos, conforme estrutura de temas apresentada a seguir.

## **Módulo I**

### **Introdução e Contextualização dos PGVs**

1. Caracterização dos PGVs
2. Processo de Licenciamento
3. Geração de Viagens: Introdução Teórica e Recomendações Práticas

## **Módulo II**

### **Modelos e Taxas de Geração de Viagens de Automóveis**

4. Os *Shopping Centers* como Pólos Geradores de Viagens: Modelos e Taxas de Geração de Viagens
5. Estabelecimentos Institucionais
6. Estabelecimentos Residenciais
7. Os Hotéis como Pólos Geradores de Viagens
8. Terminal – Porto, Aeroporto, Rodoviária e Estação Metro-ferroviária
9. Estabelecimentos de Ensino
10. Hospitais
11. Hipermercados: Caracterização e Modelos de Geração de Viagens
12. Escritório – Torres: Caracterização e Modelos de Geração de Viagens
13. Pólos Múltiplos: Caracterização e Modelos de Geração de Viagens
14. Eventos Especiais: Megaeventos Esportivos.
15. Centros e Subcentros Urbanos: Padrões e Modelos de Viagens e Estacionamento

## **Módulo III**

### **Modelos e Taxas de Geração de Viagens para outras Modalidades e Parâmetros de Interesse**

16. Pedestres: Caracterização e Modelos de Previsão de Viagens
17. Bicicletas e Motos: Caracterização e Modelos de Previsão de Viagens
18. Modelos de Geração de Viagem para Pólos Geradores de Viagens de Carga
19. Transporte Público
20. Categorias de Viagens e Divisão Modal

## **Módulo IV**

### **Síntese e Conclusões**

21. Síntese e Conclusões

Pretende-se que essas publicações reflitam o atual estado da arte, incorporando a produção científica disponível na bibliografia consultada. O tema do presente Caderno tem como foco os pedestres e os modelos de previsão de viagens.

# Índice

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. CARACTERIZAÇÃO DAS VIAGENS A PÉ .....	2
2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PEDESTRES .....	3
2.2. PROPÓSITO DAS VIAGENS.....	16
2.3. PARÂMETROS DE CAMINHADA .....	17
2.4. VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM A ESCOLHA PELO MODO A PÉ .....	21
2.5. PARTICIPAÇÃO MODAL DAS VIAGENS A PÉ.....	24
2.6. TENDÊNCIAS ATUAIS: POLÍTICAS, PROGRAMAS E PROJETOS .....	27
2.6.1. ÁREAS EXCLUSIVAS PARA PEDESTRES .....	30
2.6.2. MODERAÇÃO DE TRÁFEGO OU TRAFFIC CALMING .....	31
2.6.3. ZONAS RESIDENCIAIS.....	32
2.6.4. PLANO DE SEGURANÇA PARA ESTUDANTES A PÉ .....	32
2.6.5. NOVAS OPÇÕES TECNOLÓGICAS .....	34
3. PREVISÃO DA DEMANDA E FONTES DE DADOS EXISTENTES .....	35
3.1. DEMANDA PARA O MODO A PÉ.....	36
3.2. FONTES DE DADOS PARA A AVALIAÇÃO DA DEMANDA PARA O MODO A PÉ.....	42
3.2.1. CONTAGENS DE VOLUME .....	43
3.2.2. PESQUISAS COM DADOS CENSITÁRIOS .....	44
3.2.3. PESQUISAS METROPOLITANAS DOMICILIARES DE VIAGENS .....	44
3.2.4. PESQUISAS DE VIAGENS INDIVIDUAIS EM NÍVEL NACIONAL.....	45
3.2.5. PESQUISAS LOCAIS .....	45
3.2.6. PESQUISAS RELATIVAS A PREFERÊNCIAS, NECESSIDADES E ATITUDES .....	46
3.2.7. IMPLEMENTOS DE INFRAESTRUTURA PARA PEDESTRES .....	46
3.2.8. PESQUISA DE ACIDENTES .....	47
3.2.9. DETECTOR DE PEDESTRES (CÂMERAS).....	50
4. MODELAGENS DE PEDESTRES E ESTRATÉGIAS DE ANÁLISE .....	51
4.1. TIPOS DE MODELOS.....	54
4.1.1. ANALÓGICOS OU DIGITAIS.....	55
4.1.2. OPERACIONAIS OU TÁTICOS.....	56

4.1.3. AGREGADOS OU INDIVIDUAIS .....	57
4.2. MODELAGENS RELACIONADAS AO MODO A PÉ .....	58
4.2.1. PROCESSO DE PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE URBANO (MODELO DE 4 ETAPAS).....	59
4.2.2. MODELOS DE SIMULAÇÃO .....	64
4.2.3. MODELOS DE BASE FÍSICA .....	68
4.2.4. MODELOS DE NÍVEL DE SERVIÇO .....	69
4.2.5. MODELOS CONFIGURACIONAIS.....	69
4.2.6. MODELOS MULTIAGENTES.....	70
4.3. TÉCNICAS DE MODELAGEM .....	70
4.3.1. MODELOS DE REGRESSÃO.....	71
4.3.2. REGRESSÃO DE POISSON.....	73
4.3.3. TEORIA DA INTERAÇÃO ESPACIAL/MODELOS DE MAXIMIZAÇÃO E ENTROPIA.....	73
4.3.4. ABORDAGEM SOBRE ACESSIBILIDADE .....	76
4.3.5. ANÁLISE DO FLUXO CORRENTE .....	76
4.3.6. MODELOS DE MARKOV .....	77
4.3.7. MODELO BASEADO EM AGENTES (MBA) .....	77
4.3.8. ANÁLISE DO GRÁFICO DE VISIBILIDADE (AGV).....	78
4.3.9. USO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS .....	79
4.3.10. MODELO QUE CONSIDERA O COMPORTAMENTO HUMANO COMO “CELLULAR AUTOMATA PEDESTRIAN MOVEMENT” .....	79
4.3.11. FRACTAIS .....	84
4.3.12. LÓGICA FUZZY .....	85
4.3.13 REDES NEURAS ARTIFICIAIS (RNAs) .....	85
4.3.14. MÉTODO DAS CARACTERÍSTICAS (MOC).....	86
4.3.15. MÉTODO DAS DIFERENÇAS FINITAS (MDF) .....	86
4.3.16. TÉCNICA DE PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES.....	87
4.3.17. SINTAXE ESPACIAL .....	88
4.3.18. MICROSIMULAÇÃO.....	88
4.4. MÉTODOS DISPONÍVEIS PARA PREVISÃO DA DEMANDA DE VIAGENS A PÉ.....	88
4.4.1. PREVISÃO DE DEMANDA ATUAL OU EFETIVA .....	90
4.4.2. PREVISÃO DA DEMANDA FUTURA.....	92
4.4.3. PREVISÃO DE DEMANDA POTENCIAL .....	97
4.4.4. ANÁLISE DA QUALIDADE DA OFERTA .....	99
4.4.5. FERRAMENTAS DE SUPORTE TÉCNICO .....	101

5. ANÁLISE DE ABORDAGENS RELACIONADAS AO TEMA .....	103
5.1. PUSHKAREV E ZUPAN (1971) .....	103
5.2. BEHNAM E PATEL (1977) .....	103
5.3. ERCOLANO <i>ET AL.</i> (1997) .....	104
5.4. MATLICK (1996) .....	104
5.5. TARGA E CLIFTON (2005).....	104
5.6. DAVIS <i>ET AL.</i> (1991) .....	105
5.7. KIM (2005).....	106
5.8. SCHNEIDER <i>ET AL.</i> (2008) .....	106
5.9. HOOGENDOORN E BOVY (2005) .....	107
5.10. PROCEDIMENTO PROPOSTO PARA ESTIMAR DEMANDA COM FOCO NA REVITALIZAÇÃO URBANA (FRENKEL, 2008).....	108
5.10.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	109
5.10.2. CARACTERIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DOS PGVS A PÉ .....	109
5.10.3. CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA DE PEDESTRES E DA INFRAESTRUTURA VIÁRIA DISPONÍVEL PARA O MODO A PÉ .....	110
5.10.4. DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO DE PROJETOS FOMENTADORES DO MODO A PÉ .....	111
5.11. MODELO DE PREDIÇÃO DE FLUXO DE PEDESTRES APLICADO A AMBIENTES URBANOS (ZAMPIERI <i>ET AL.</i> , 2007) .....	111
5.11.1. ESCOLHA DAS BASES TEÓRICAS.....	111
5.11.2. CRIAÇÃO E PROCESSAMENTO DO MAPA AXIAL DE TODA A CIDADE.....	111
5.11.3. MEDIÇÃO E CONTAGEM DAS CONSTITUIÇÕES QUE LIGAM OS PASSEIOS ÀS EDIFICAÇÕES .....	112
5.11.4. OBTENÇÃO DA BASE DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES EXISTENTES NA ÁREA .....	112
5.11.5. ESCOLHA DOS ATRIBUTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS .....	113
5.11.6. COLETA DO OUTPUT DO MODELO, O FLUXO DE PEDESTRES POR CALÇADA NA ÁREA DE ESTUDOS	113
5.12. MODELO DE GERAÇÃO DE VIAGENS DE PEDESTRES EM AMBIENTES URBANOS (PULUGURTHA <i>ET AL.</i> , 2006) .....	114
5.12.1. DADOS DE GERAÇÃO DE VIAGENS A PÉ.....	115
5.12.2. PROCEDIMENTO.....	115
5.12.3. DADOS E RESULTADOS.....	115
5.12.4. VALIDAÇÃO DO MODELO .....	116
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
REFERÊNCIAS.....	118

## Tabelas

Tabela 1: Habilidades físicas e necessidades dos pedestres de acordo com suas características.....	4
Tabela 2: Características dos pedestres por faixa etária.....	6
Tabela 3: Tendências gerais de comportamento dos pedestres .....	8
Tabela 4: Identificação de padrões de posicionamento a partir do propósito das viagens a pé .....	10
Tabela 5: Velocidade de caminhada .....	12
Tabela 6: Problemas enfrentados pelos pedestres .....	13
Tabela 7: Nível de Serviço de travessias não semaforizadas .....	14
Tabela 8: Critérios para instalação de travessias semaforizadas .....	14
Tabela 9: Critérios para determinação do nível de serviço em calçadas considerando-se o fluxo médio .....	15
Tabela 10: Dimensões e benefícios do modo a pé .....	16
Tabela 11: Distância e tempo de viagens – características segundo o motivo .....	20
Tabela 12: Distância máxima para equipamentos urbanos no planejamento de rotas de pedestres.....	21
Tabela 13: Variáveis intervenientes na escolha pelo modo a pé por dimensão.....	22
Tabela 13: Variáveis intervenientes na escolha pelo modo a pé por dimensão (cont.).....	22
Tabela 14: Condições das viagens e comportamento.....	38
Tabela 15: Comparativo entre abordagens para estimar volume de pedestres.....	40
Tabela 16: Caracterização da medida de exposição baseada em volumes dos pedestres .....	47
Tabela 17: Caracterização da medida de exposição baseada no número de viagens .....	48
Tabela 18: Resumo das principais críticas ao planejamento tradicional.....	62
Tabela 19: Problemas e consequências negativas principais do planejamento de transporte tradicional nos países em desenvolvimento .....	63
Tabela 20: Velocidades máximas adotadas por distintos tipos de pedestres durante caminhadas .....	83
Tabela 21: Métodos de avaliação da demanda atual ou efetiva de viagens a pé .....	90
Tabela 21: Métodos de avaliação da demanda atual ou efetiva de viagens a pé (cont.) ..	92
Tabela 22: Técnicas de avaliação da demanda futura de viagens a pé .....	93
Tabela 22: Técnicas de avaliação da demanda futura de viagens a pé (cont.) .....	95



Tabela 22: Técnicas de avaliação da demanda futura de viagens a pé (cont.) .....	96
Tabela 231: Técnicas de avaliação de demanda potencial de viagens a pé .....	98
Tabela 24: Técnicas de avaliação de provimento da qualidade de análise .....	99
Tabela 25: Técnicas de avaliação das ferramentas de suporte técnico.....	101
Tabela 25: Técnicas de avaliação das ferramentas de suporte técnico (cont.).....	102

## Figuras

Figura 1: Áreas acessíveis por diferentes modos de transporte.....	18
Figura 2: Diagrama de correlação entre as dimensões que incentivam a escolha pelo modo a pé.....	21
Figura 3: Percentual de Viagens a pé nos Estados Unidos e Europa – 1995.....	25
Figura 4: Viagens a pé como parte das viagens totais, cidades em países em desenvolvimento.....	25
Figura 5: Percentual de viagens a pé por porte de municípios - Brasil.....	26
Figura 6: Estrutura dos modelos .....	53
Figura 7: Todas as possíveis configurações que um pedestre (de baixo para cima) pode ter movimentando-se em um núcleo celular.....	82
Figura 8: Relação entre as categorias que sustentam a estimativa da demanda .....	89

# 1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização acelerado aliado a escassez do espaço urbano levaram, ao longo das últimas décadas, ao adensamento das atividades e ao aparecimento de empreendimentos de grande porte. Como consequência, observou-se uma maior geração e atração de viagens, aumentando a necessidade de infraestrutura viária e de transportes. Essas mudanças respondem por uma série de externalidades, que alteram as condições de circulação, reduzindo o nível de serviço e a segurança viária, aumentando os conflitos, produzindo impactos na mobilidade e acessibilidade, além da deterioração nas condições ambientais. Reflexos que estão diretamente relacionados a qualidade de vida da população e a “saúde” do planeta. Desta forma, a análise dos Pólos Geradores de Viagens - PGVs torna-se tarefa obrigatória em função de um maior número de deslocamentos gerados, com impactos em todo o seu entorno. A adoção de medidas mitigadoras e compensatórias vem de encontro a necessidade de garantir um desenvolvimento sustentável. É dentro desta premissa que o modo a pé passa a ter maior importância no planejamento urbano e de transportes.

Grande parte dos estudos vem apresentando como foco principal as viagens motorizadas, com ênfase no transporte individual e a análise relativa ao pedestre fica restrita a segurança viária (passeios e interseções). A tentativa de identificar indicadores específicos para os deslocamentos a pé ainda são recentes. Conforme o BTS (2000), não há uma base de dados de monitoramento e promoção da caminhada como ocorre com os veículos. Isso se deve a complexidade dos movimentos do pedestre, que possuem maior liberdade na escolha das rotas. O conhecimento amplo desse modo de transporte requer o desenvolvimento de modelos capazes de reproduzir, de forma confiável, o seu comportamento, principalmente através da previsão da demanda e análise da oferta. Através da disponibilização dessas ferramentas, espera-se contribuir com o processo de gestão das cidades e para o desenvolvimento de políticas mais inclusivas e ambientalmente sustentáveis.

Além da introdução, o presente Caderno é dividido em cinco partes, de forma a permitir uma maior compreensão de seus objetivos. O capítulo 2 é composto por conceitos e aspectos relevantes relativos ao modo a pé; do capítulo 3 constam as estratégias encontradas na literatura para estudo da demanda, com a identificação e análise dos

modelos representativos do modo a pé; já as metodologias de modelagem são detalhados no capítulo 4; o capítulo 5 traz exemplos de abordagens sobre o tema, ressaltando suas deficiências e limitações, bem como suas reais contribuições; as conclusões e recomendações são apresentadas no capítulo 6. Este caderno foi concebido com os propósitos descritos a seguir:

- Demonstrar a importância da previsão da demanda de pedestres;
- Identificar a carência de estudos de PGVs integrados ao modo a pé;
- Avaliar modelos relacionados a geração de viagens a pé.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DAS VIAGENS A PÉ**

Andar a pé é a forma mais simples de locomoção humana (LTNZ, 2005) e também o modo mais básico, justo, não violento, não poluente e conservador de energia (DAVIS, 1996 *apud* ARAUJO, 1999). Por ser acessível e barato, faz parte do cotidiano de grande parte da população (ZEGEER *et al.*, 2002), estando disponível para todos os seres humanos, exceto aqueles com deficiências locomotoras ou outras limitações, como idade ou problemas de saúde (VASCONCELLOS, 2000). É praticado por todos os grupos de renda (WORLD BANK, 2002) e considerado um dos meios mais importantes de transporte urbano, por proporcionar o acesso básico aos serviços essenciais e às atividades sociais para aqueles que não têm acesso a outros meios de transporte (MELO *et al.*, 2005; LITMAN, 2009). Além disso, oferece uma série de benefícios ao indivíduo, à sociedade e à qualidade de vida urbana (LITMAN, 2003, CAO *et al.*, 2005), por auxiliar no combate a várias doenças, favorecer o meio ambiente, reduzir os gastos com transportes e promover a equidade.

Por ser uma forma de transporte em si e também um modo complementar para todas as viagens motorizadas (VASCONCELLOS, 2000), quase todo deslocamento inicia e termina com o deslocamento a pé, mesmo que o objetivo seja a integração com outro modal (GDOT, 2003). O estudo de Clifton e Krizek (2004) mostra que 87% das viagens realizadas para acessar o Metrô na região de Baltimore, EUA, são realizadas por pedestres. Além de ser o modo mais utilizado para percorrer pequenas distâncias, em regiões mais pobres as longas caminhadas também são comuns (MELO *et al.*, 2005). Do total das viagens realizadas nas cidades brasileiras, pelo menos um terço é feita por essa modalidade (GONDIM, 2001).

O deslocamento a pé é considerado uma modalidade de transporte, sendo caracterizado como as viagens realizadas a pé da origem ao destino, quando a distância percorrida for superior a 500m, ou independentes da distância quando motivadas por trabalho ou estudo (METRÔ SP, 1997 *apud* CARDOSO, 2002). Para Vasconcellos (2000), todas as viagens realizadas nas áreas metropolitanas, do ponto de vista físico, podem ser consideradas como viagens a pé, tendo em vista a importância de seu percurso. O pedestre possui maior flexibilidade e liberdade em sua circulação, o que torna seu movimento mais complexo que o dos veículos, necessitando maior atenção. Além disso, são facilmente afetados por outros pedestres e pelo ambiente (FANG *et al.*, 2003). Mas, mesmo sendo fundamental para o ser humano, este modal é frequentemente ignorado no planejamento de transportes (LTNZ, 2005), fato que pode estar relacionado com a baixa tecnologia empregada, que não produz efeitos econômicos impactantes (RIETVELD, 2000). Segundo Daros (2000 *apud* MELO, 2005), é fundamental se compreender que o espaço público é primordialmente do pedestre, já que as condições de passageiro e condutor são privilégios que nós, cidadãos, concedemo-nos reciprocamente.

A Modelagem do comportamento dos pedestres é um tema importante em diferentes contextos. Os arquitetos estão interessados em compreender como os indivíduos se movem para criar o espaço ideal. Já os engenheiros de transporte enfrentam o problema da integração dos meios de transporte, com especial ênfase nas questões de segurança para os pedestres. Desta forma, é importante definir modelos matemáticos baseados em pressupostos comportamentais, testada por meio de métodos estatísticos apropriados (ANTONINI *et al.*, 2005).

## **2.1. Caracterização dos pedestres**

Elemento mais vulnerável do sistema de transportes, o pedestre é qualquer pessoa que se desloca nas vias públicas utilizando a própria força como meio de propulsão (MELO, 2005), sendo esta uma condição temporária do indivíduo (GOLD, 2003). Pessoas que utilizam cadeiras de rodas ou andam de patins e patinetes, desde que esses não sejam motorizados (AUSTROADS, 1995, CITY OF PORTLAND, 1998; DMVC, 2005); trabalham com carrinho; e utilizam *skates* ou carrinhos de bebês (CITY OF PORTLAND, 1998; DMCV, 2005) também se incluem nesta definição. O Código de Trânsito Brasileiro - CTB

considera nessa categoria o ciclista desmontado (BRASIL, 1997). O termo pedestre corresponde a uma diversidade de usuários com necessidades, comportamentos e características distintas. Para Lorrainaga e Cybis (2007), o comportamento é afetado por aspectos psicológicos, biológicos, sociológicos, antropológicos, econômicos e políticos, sendo determinado pelo conhecimento, habilidades e valores. Já as características, segundo Fontes *et al.* (2005), podem ser físicas (aquelas que agregam as dimensões físicas humanas e a análise do processo de caminhada) e psicológicas (que determinam a percepção do espaço urbano no qual o pedestre se insere). Na Tabela 1 verificam-se as habilidades físicas dos pedestres de acordo com suas características, bem como suas consequências e necessidades.

**Tabela 1: Habilidades físicas e necessidades dos pedestres de acordo com suas características**

Característica	Atua	Consequência/Necessidade
Altura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Campo visual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior altura → maior capacidade de enxergar alguns dos obstáculos e tornar-se mais conspícuo as outras pessoas</li> </ul>
Velocidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidade em escapar rapidamente de situação perigosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior velocidade → mais oportunidades de travessias</li> </ul>
Resistência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extensão dos deslocamentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor resistência → necessita de áreas de apoio</li> </ul>
Visão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percepção do meio ambiente e tolerância ao ofuscamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura da sinalização</li> <li>• Detecção do meio-fio e cruzamento</li> <li>• Riscos nos deslocamentos</li> <li>• Percepção tátil do pavimento</li> <li>• Julgamento em relação ao tráfego</li> </ul>
Atenção e cognição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo requerido de decisão</li> <li>• Habilidade de leitura e compreensão da sinalização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinalização de indicação</li> <li>• Refúgios</li> <li>• Uso de simbologias</li> </ul>

Característica	Atua	Consequência/Necessidade
Tolerância às adversidades ambientais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preferência por abrigos e áreas sombreadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localização e exposição das rotas</li> </ul>
Estabilidade e equilíbrio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial para o reequilíbrio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provisão de degraus e patamares</li> <li>• Altura de meio-fio</li> <li>• Declividade longitudinal e transversal</li> </ul>
Segurança	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disposição para utilização de toda a via</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminação</li> <li>• Vigilância</li> <li>• Separação de tráfego</li> <li>• Pavimentação e conservação do passeio</li> <li>• Densidade de pedestres</li> <li>• Velocidade veicular</li> </ul>
Destreza e coordenação motora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidade no acionamento de mecanismos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ativar botoeira para travessia</li> </ul>
Acuidade no julgamento de velocidade e distância	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oportunidades de movimentos de travessia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsão de facilidades para travessia (redução de distâncias, construção de ilhas de refúgio, implantação de elementos de segurança, redução da velocidade dos veículos)</li> </ul>
Dificuldade de localizar direção e som	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pistas auditivas em relação ao tráfego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padronização das informações visuais</li> <li>• Necessidade de reforço dessas informações</li> </ul>
Energia dissipada para realização do movimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidade do deslocamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distância de travessia</li> <li>• Tempo de deslocamento</li> <li>• Qualidade de pavimentação do passeio</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Frenkel (2008)

Crianças e idosos, por sua vulnerabilidade, sofrem restrições em sua mobilidade e estão mais expostos ao risco de acidentes. Para a faixa etária de 5 a 14 anos, o atropelamento é a terceira principal causa de morte, respondendo por 8,8% dos óbitos (SEADE, 2006). Esse grupo responde por algumas modalidades de lesões mais graves, como as que atingem a cabeça, região pélvica e abdominal. Segundo Gawryszewski *et al.* (2004), a mortalidade de idosos por acidentes com transporte também deve ser motivo de

preocupação, já que apresentam o maior coeficiente dentre as causas externas, com 27,5% do total, sendo que 48,2% dessas vítimas eram pedestres. McCoy *et al.* (1989 *apud* SOUZA *et al.*, 2003) afirmam que os idosos são mais vulneráveis a traumas, possuem capacidade reduzida de recuperação, passam maior tempo hospitalizados em decorrência de lesões mais graves e têm mortalidade significativamente maior do que os pacientes mais jovens. O quadro se agrava ainda mais, ao se considerar dois fatores relevantes. Em primeiro está o crescimento desse grupo, que segundo o censo do IBGE de 2000, representa 8,5% da população brasileira, podendo chegar a 15% em 2015 (MCIDADES, 2006) e com uma previsão mundial de dobrar até o ano de 2025 (ROSENBLOOM, 2001 *apud* ALSNIH e HENSHER, 2003, GAWRYSZEWSKI *et al.*, 2004), demandando novas e crescentes mudanças no sistema de transporte. Em segundo, verifica-se que a qualidade de vida está fortemente relacionada com o grau de mobilidade da população idosa, ampliando a relação social, autonomia e viagens em potencial, promovendo a saúde e auxiliando diretamente no fortalecimento da estrutura óssea e muscular, que, com a idade sofre maior impacto. A vulnerabilidade desses dois grupos etários pode ser verificada na Tabela 2, através das características físicas e psicológicas por faixa etária.

**Tabela 2: Características dos pedestres por faixa etária**

Faixa etária	Características
0-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requer constante supervisão do responsável</li> <li>• Início do desenvolvimento da visão periférica e noção de profundidade</li> <li>• Dificuldade em dividir a atenção entre as atividades motoras e visuais</li> </ul>
5-14	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da independência, mas ainda requer supervisão durante a caminhada</li> <li>• Pouca percepção de profundidade</li> <li>• Campo de visão limitado devido a sua estatura</li> <li>• Dificuldade em estimar tempo, distância e velocidade de aproximação de um veículo</li> <li>• Desequilíbrio</li> <li>• Menor acuidade visual</li> <li>• Não distinguem direções</li> <li>• Dificuldade de identificar origem e direção dos sons e julgar relações espaciais</li> <li>• Propensão em chocar-se com elementos no caminho ou iniciar uma corrida</li> <li>• Alto grau de distração</li> <li>• Dificuldade de compreensão e interpretação da terminologia e funcionamento dos</li> </ul>

Faixa etária	Características
	semáforos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouca experiência na dinâmica do trânsito</li> <li>• Dificuldade em avaliar riscos, impulsividade e falta de observação das regras de segurança</li> <li>• Não conseguem transformar conhecimento em ações práticas</li> </ul>
15-18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Senso de invulnerabilidade</li> <li>• Propensão em chocar-se com elementos no caminho</li> </ul>
19-40	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percepção totalmente formada do ambiente e do tráfego</li> </ul>
41-65	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuição dos reflexos</li> </ul>
+ 65	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade na realização das travessias</li> <li>• Dificuldade de escutar o veículo se aproximando</li> <li>• Dificuldades nos campos da percepção e equilíbrio</li> <li>• Diminuição da capacidade visual</li> <li>• Problemas neurológicos, declínio da função mental e uso de substâncias psicoativas</li> <li>• Lenta diminuição dos movimentos e aumento no tempo de reação, o que aumenta a probabilidade na execução de movimentos inadequados</li> <li>• Superestimação das habilidades</li> <li>• Relutância em aceitar as limitações impostas pela idade</li> <li>• Alta taxa de fatalidade</li> </ul>

Fonte: Adaptado de DENATRAN (2000), OECD, 2001, GDOT (2003), Daros (2004), Gawryszewski *et al.* (2004), Sant'anna (2006), LTNZ (2007), Sarah (2007) e RTA (2009)

Além de crianças e idosos, pessoas que apresentam algum tipo de deficiência têm necessidade de atenção especial para que seus direitos de mobilidade e cidadania sejam garantidos. Esse grupo representa, segundo o IBGE (2000), 14,5% da população brasileira, contabilizando mais de 26,5 milhões de pessoas. As condicionantes que afetam sua locomoção vão desde o simples deslocamento até a mais complexa utilização do espaço (MCIDADES, 2006). As intervenções na estrutura de circulação dos pedestres, que tendem a ter maior sustentabilidade, são as que se adaptam às suas necessidades e restrições e consideram suas diferentes características. Para isso é necessário conhecer suas tendências gerais de comportamento, conforme Tabela 3. Tendências opostas podem ocorrer em função de seguintes fatores intervenientes: familiaridade com a área (baseada no conhecimento prévio do indivíduo); riscos potenciais (percepção de perigos



existentes no ambiente); pressão social (exigência de um determinado tipo de comportamento); continuidade do espaço; e facilidade de apreensão do espaço (Magalhães *et al.*, 2004).

**Tabela 3: Tendências gerais de comportamento dos pedestres**

Tendência	Tendência Dominante		Tendência Oposta
	Características	Exemplos	Caract./ Exemplos
Menor Dispêndio de Energia (Conveniência)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar preferência a trajetos mais curtos</li> <li>• Dar preferência a ações mais fáceis, convenientes e menos cansativas</li> <li>• Procurar o menor esforço e maior benefício</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não utilizar passarelas</li> <li>• Contorno de obstáculos verticais em detrimento de uma caminhada mais longa</li> <li>• Atravessar as vias fora da faixa ou na diagonal</li> <li>• Preferência por rampas à escadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optar por caminhos mais longos</li> <li>• Pular obstáculos como muretas, bancos, etc. e optar por vias de grande declividade</li> <li>• Atravessar as vias em 90° e na faixa de segurança</li> <li>• Utilizar passarelas</li> </ul>
Trajetória Retilínea, Menor Distância	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andar em linha reta para o ponto de destino</li> <li>• Pouca tolerância a aumentos de percurso</li> <li>• Permanecer na trajetória</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não utilizar passarelas</li> <li>• Atravessar a pista na diagonal</li> <li>• Atravessar canteiros mesmo que não existam caminhos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer traçados tortuosos</li> <li>• Sair da trajetória</li> <li>• Obedecer faixa de segurança</li> <li>• Utilizar os caminhos para o pedestre</li> </ul>
Vetor de Direção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deslocar-se, de preferência, na direção da linha reta imaginária que liga a origem ao destino</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caminhar junto ao meio fio quando o foco de interesse está do outro lado a rua</li> <li>• Numa bifurcação, optar por aquela que leva na direção do destino desejado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caminhar junto às edificações mesmo que o interesse esteja do outro lado</li> <li>• Numa bifurcação, optar por aquela que leva em direção divergente do destino</li> </ul>
Movimento Contínuo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouca tolerância à espera</li> <li>• Desejar se manter em movimento no</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andar ao longo da via atravessando fora da faixa de segurança quando surge uma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atravessar apenas nos locais adequados</li> <li>• Obedecer aos semáforos</li> </ul>

Tendência	Tendência Dominante		Tendência Oposta
	Características	Exemplos	Caract./ Exemplos
	sentido do destino	oportunidade • Desobedecer aos semáforos	• Esperar por períodos maiores para cruzar a rua
Comportamento e Reflexos Condicionados	• Desenvolver ação habitual de maneira autômata • Desatenção	• Tomar uma direção oposta à que se deseja por ser frequente o uso desta direção	• Estar atento ao deslocamento
Observância de Continuidade	• Seguir elementos contínuos ou ritmados no sentido do deslocamento • Preferência por pisos contínuos e regulares	• Andar na pista de veículos e ciclovias dado à continuidade destes elementos e dos pisos • Preferência por espaços livres de obstáculos	• Andar nas calçadas e/ou outros espaços mesmo que não possuam condições ideais de continuidade
Observância de Elementos Referenciais	• Utilizar marcos na paisagem para se localizar e orientar	• Usar edifícios, placas de sinalização, árvores, etc. como referenciais de orientação	

Fonte: Adaptado de Magalhães *et al.* (2004)

Para a realização de estudos comportamentais é necessário identificar alguns padrões de posicionamento que, de acordo com Magalhães *et al.* (2004), dependem da cultura e da vivência prática, mas se repetem e assumem características distintas. Na Tabela 4 observa-se que os posicionamentos foram agrupados em cinco padrões, considerando-se objetivos, suscetibilidade a estímulos externos, comportamento característico e expectativas ambientais.

**Tabela 4: Identificação de padrões de posicionamento a partir do propósito das viagens a pé**

Circulação Ponto-a-Ponto (PRESSA)	<b>Objetivos</b>	<b>Suscetibilidade a Estímulos Externos</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andar de um ponto a outro o mais rápido possível</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouca percepção do entorno</li> <li>• Percebe apenas os elementos à sua frente</li> </ul>
	<b>Característica do comportamento</b>	<b>Expectativas Ambientais</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andar acelerado</li> <li>• Pouca cortesia com pessoas que compartilham o mesmo espaço</li> <li>• Olhar fixo à frente</li> <li>• Pode demonstrar tensão e irritação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caminho livre de obstáculos</li> <li>• Piso regular e contínuo</li> <li>• Previsibilidade do ambiente</li> </ul>
Introspeção (ISOLAMENTO)	<b>Objetivos</b>	<b>Suscetibilidade a Estímulos Externos</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refletir e dedicar atenção a si</li> <li>• Dedicar atenção privilegiada a uma pessoa ou objeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouca percepção do que acontece a sua volta</li> <li>• Desconexão com o ambiente</li> </ul>
	<b>Característica do comportamento</b>	<b>Expectativas Ambientais</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Olhar desatento</li> <li>• Andar lento ou permanece em lugar reservado da grande movimentação</li> <li>• Atitude contemplativa ou reflexiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importância do ambiente decresce de acordo com a capacidade de concentração do indivíduo</li> <li>• Lugares calmos (pouca movimentação e ruído)</li> </ul>
Convivência (INTERAÇÃO)	<b>Objetivos</b>	<b>Suscetibilidade a Estímulos Externos</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Socializar-se</li> <li>• Encontrar pessoas e vivenciar o ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberto a estímulos do ambiente, percebendo objetos e pessoas</li> <li>• Possui foco de atenção em atividades de socialização</li> </ul>
	<b>Característica do comportamento</b>	<b>Expectativas Ambientais</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Olhar amistoso</li> <li>• Detém-se para conversar</li> <li>• Caminhar calmo</li> <li>• Intimidade com o ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimentação e concentração de pessoas</li> <li>• Possibilidade de contatos e surpresas</li> </ul>
Contornoamento Físico/Recreação (EXERCÍCIO)	<b>Objetivos</b>	<b>Suscetibilidade a Estímulos Externos</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exercitar-se</li> <li>• Relaxar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberto aos estímulos do ambiente, percebendo pessoas e os objetos a sua volta</li> </ul>
	<b>Característica do comportamento</b>	<b>Expectativas Ambientais</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marcha rápida ou corrida</li> <li>• Olhar voltado para frente</li> <li>• Alterna bate-papo (quando acompanhado) com a concentração no exercício</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaço agradável, arejado, bem iluminado e arborizado</li> <li>• Boas condições de pavimentação</li> </ul>

(Re)Conhecimento (ALERTA)	<b>Objetivos</b>	<b>Suscetibilidade a Estímulos Externos</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecer ou reconhecer o ambiente - "MAPA MENTAL"</li> <li>• Perceber e evitar perigos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberto aos acontecimentos</li> <li>• Tenta não deixar que nada escape à sua atenção</li> </ul>
	<b>Característica do comportamento</b>	<b>Expectativas Ambientais</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Olhar atento sem um foco definido (ver tudo)</li> <li>• Caminhar em velocidades variadas dependendo do que acontece ao redor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilidade de apreender rapidamente o ambiente</li> <li>• Busca de referências</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Magalhães *et al.* (2004)

A distância é um fator determinante na análise dos deslocamentos, pois poderá sinalizar a ocorrência de condições incompatíveis. Não há consenso sobre a máxima distância que a maioria das pessoas considera para realização de suas atividades diárias, como compras, serviços, alimentação, entre outros, conforme detalhado no item 2.3. Além disso, ela será influenciada pela velocidade de caminhada que, segundo Castro *et al.* (2000), é o parâmetro que melhor representa o desempenho da marcha, apesar da carência de dados normativos adaptados à população brasileira. Os valores referentes a velocidade sofrem variação em função do indivíduo (gênero, faixa etária e condições físicas); da viagem (motivo, distância, período do dia e transporte de carga); do ambiente (condições do clima e temperatura); e da rota (conhecimento prévio, pavimentação, largura, declividade, densidade, obstruções, iluminação e outros (DAAMAN e HOGENDOORN, 2003; RONALD, 2007; FRENKEL, 2008). Para o TRB (2000), a velocidade de caminhada da população a pé poderá variar de 0,8 m/s à 1,8 m/s. O estudo ressalta que o percentual de crianças e idosos afeta a velocidade de caminhada. No caso do pedestre idoso verifica-se as seguintes proporções: se variar de 0 a 20% a velocidade será de 1,2 m/s; entre 20 e 30% de 1,0 m/s; e em cada 10% acrescido no percentual de idosos recomenda-se a redução de 0,1 m/s na velocidade média. Para realização do cálculo da velocidade média de caminhada, o TRB (2000) utiliza a razão entre a distância total e o tempo, incluindo-se os tempos de verde e de formação de brechas. A Tabela 5 apresenta um panorama da literatura disponível sobre o assunto.

**Tabela 5: Velocidade de caminhada**

Referências	Velocidade Média Arbitrada (m/s)			
	Crianças	Adolescentes	Mulheres	Homens
Fruin			Média = 1,29 m/s dos 20 aos 25 anos = 1,39 m/s dos 81 aos 87 anos = 1,09 m/s	Média = 1,37 m/s
DENATRAN	Média = 1,0 m/s		Média = 1,3 m/s	
Sutherland et al.	4 anos = 1,0 m/s 5 anos = 1,08 m/s 6 anos = 1,09 m/s			
Valdes	6 a 10 anos = 1,1 m/s	1,8 m/s	< 50 anos = 1,4 m/s > 50 anos = 1,3 m/s	< 55 = 1,7 m/s > 55 = 1,5 m/s
Oberg et al.			de 60 a 69 = 1,15 m/s de 70 a 79 = 1,11 m/s	de 70 a 79 = 1,18 m/s
SFDT				Saudável = 1,2 m/s Idoso = 0,9 m/s a 1,0m/s
Añez	Caminhada como exercício físico - Intensidade ideal = 1,38 m/s			
Toledo	Caminhada como exercício físico - Intensidade de no máximo = 1,94 m/s			
Scovino	até 14 anos = 1,0 m/s	de 15 a 19 anos = 1,38 m/s	de 20 a 59 anos = 1,29 m/s de 60 anos ou + = 1,37 m/s	de 20 a 59 anos = 1,11 m/s de 60 anos ou + = 1,18 m/s

Fonte: Adaptado de Fruin (1971), DENATRAN (1979), Sutherland *et al.* (1988), Valdes (1988), Oberg *et al.*, 1994 *apud* Castro *et al.* (2000), TRB (2000), Añez (2003), Scovino (2008)

Os pedestres enfrentam inúmeros problemas em seus deslocamentos devido ao crescimento acentuado da frota de automóveis, que privilegiou o tráfego veicular. Passeios, logradouros públicos e canteiros vão sendo cedidos para a ampliação do sistema viário e construção de estacionamentos, ou são simplesmente invadidos por veículos e pelo comércio informal (MCIDADES, 2004). Dentre os fatores que causam inúmeros prejuízos à qualidade de vida do cidadão destacam-se: os acidentes de trânsito que, no Brasil, alcançam uma dimensão epidêmica; e o aumento no tempo de viagem do trabalhador urbano, que segundo Barat (2001) perde em média de 3 a 4 horas da jornada diária nas várias etapas que envolvem o deslocamento. A PMSP (2004) confirma esse dado, concluindo que o tempo de deslocamento médio entre residência e trabalho nos casos de São Paulo e Rio de Janeiro é de 1 hora e 24 minutos. A Tabela 6 apresenta os

vários fatores que contribuem para aumentar restrições, efeitos negativos e riscos aos usuários.

**Tabela 6: Problemas enfrentados pelos pedestres**

Área	Problemas/Características			
Calçadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pisos inadequados e em mau estado de conservação</li> <li>• Má instalação de equipamentos urbanos</li> <li>• Ocupação por vendedores ambulantes, obra e comércio</li> <li>• Desníveis abruptos entre o passeio e as rampas de garagem</li> <li>• Grande fluxo de pedestres em calçadas mal dimensionadas</li> <li>• Ausência de facilitadores para deficientes</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descontinuidade</li> <li>• Largura insuficiente</li> <li>• Obstáculos físicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Declividade</li> <li>• Falta de iluminação</li> <li>• Sujeira</li> </ul>		
	Relacionados aos transportes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrigos e paradas de ônibus com tamanho desproporcional ou em locais impróprios</li> <li>• Transbordos desnecessários, inadequados, mal dimensionados ou complicados</li> <li>• Desconsideração do percurso a pé pelos planejadores</li> <li>• Custo das tarifas</li> </ul>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conforto</li> </ul>		
		Relacionados ao tráfego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cruzamento das vias, por veículos, em condições inadequadas</li> <li>• Velocidade diferenciada em relação aos veículos</li> <li>• Espera excessiva para realização da travessia</li> <li>• Ciclos semafóricos inadequados</li> <li>• Veículos estacionados indevidamente</li> <li>• Falta de sinalização para o pedestre</li> <li>• Descontinuidade de rotas e caminhos</li> <li>• Fluxo de veículos</li> </ul>	
			Segurança	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Queda de objetos</li> <li>• Falta de iluminação</li> </ul>
	Condições adversas			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condições do clima</li> <li>• Condições da luz</li> </ul>
			Comportamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidade excessiva dos veículos</li> <li>• Imprudência de condutores e pedestres</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Vasconcellos (2000), Miranda e Cabral (2005)

Dentre os fatores identificados, os que exigem cuidados especiais são os relacionados às interseções, por expor os usuários a maiores riscos de acidentes; e às calçadas. Além de preponderantes para promoção de caminhada, esses dois itens podem ter seu nível de serviço comprometido em função do volume. No tratamento das interseções deve-se

dedicar maior atenção aos tempos de espera e de travessia e às conversões dos veículos, considerando-se que o pedestre assume comportamento de risco, por não possuir tolerância para aguardar a formação de brechas. Araújo (1999) desenvolve estudo para análise qualitativa de interseções semaforizadas com base na metodologia de Khisty (1994), onde o usuário atribui uma pontuação de acordo com seu grau de satisfação. O Nível de Serviço (NS) é medido através de cinco Medidas de Desempenho (MDs): conforto, conveniência, segurança, continuidade e economia. Análises quantitativas de NS também são encontradas na literatura. Na Tabela 7 verifica-se a probabilidade de comportamento de risco, de acordo com o tempo médio de espera em cada NS. Já os critérios para instalação de travessia semaforizada podem ser observados na Tabela 8.

**Tabela 7: Nível de Serviço de travessias não semaforizadas**

NS	Tempo médio de espera (segundos/Pedestres)	Probabilidade de comportamento de risco
A	< 5	Baixo
B	≥ 5 – 10	
C	> 10 – 20	Moderado
D	> 20 – 30	
E	> 30 – 45	Alto
F	> 45	Muito alto

Fonte: TRB (2000)

**Tabela 8: Critérios para instalação de travessias semaforizadas**

Fontes	Operação da via	Volume	Volume
		Veicular - VV (veículos/hora)	Atravessamento (pedestres/hora)
DENATRAN (1984) VV total	Mão única	1000	250
	Mão dupla sem canteiro central ou com canteiro < 1,0m	600	250
	Mão dupla sem canteiro central > 1,0m	1000	250
Macedo & Sorrattini (2006)	Fluxo livre	290	120
VV médio para 8 hs de maior movimento	Fluxo interrompido	575	240

Fonte: Adaptado de DENATRAN (1984), Macedo e Sorrattini (2006)

As calçadas devem ser consideradas como parte do sistema viário e sua construção acompanhada de cuidados técnicos, referentes ao tipo de pavimento, inclinação e capacidade, de forma a facilitar o deslocamento (VASCONCELLOS, 2000, CAO *et al.*, 2005). Com igual importância destacam-se a implantação de rampas de acesso e iluminação adequada; a utilização de texturas e cores nos pavimentos (ZEGEER *et al.*, 2002) e a acomodação dos múltiplos usos (VTPI, 2007a). Na Tabela 9 tem-se um comparativo entre quatro métodos quantitativos desenvolvidos para obtenção do NS. Os padrões estabelecidos para concepção dos métodos de Fruin (1971) e TRB (2000) têm sua base em estudo fotográfico. A CET SP (1978) adapta à realidade brasileira a pesquisa de Pushkarev de 1975 e o DENATRAN (1979) baseia-se no método de Fruin. As diferenças mais evidentes são determinadas pelo TRB (2000), que não prevê conflito de fluxo em sentido oposto para o nível “B” e define a escolha das velocidades como sendo livre para o nível “C”.

**Tabela 9: Critérios para determinação do nível de serviço em calçadas considerando-se o fluxo médio**

NS	FRUIN (1971)		CET SP (1978)		DENATRAN (1979)		TRB (2000)	
	Taxa de fluxo (ped/m/min)	Área de ocupação (m <sup>2</sup> /ped)	Taxa de fluxo (ped/m/min)	Área de ocupação (m <sup>2</sup> /ped)	Taxa de fluxo (ped/m/min)	Área de ocupação (m <sup>2</sup> /ped)	Taxa de fluxo (ped/m/min)	Área de ocupação (m <sup>2</sup> /ped)
A	< 23	> 3,25	< 20	> 3,3	< 23	> 3,2	≤ 16	> 5,6
B	23 - 32	2,32 - 3,25	20 - 30	2,5 - 3,3	23 - 33	2,3 - 3,2	>16 - 23	> 3.7 - 5.6
C	32 - 49	1,39 - 2,32	30 - 50	1,4 - 2,5	33 - 49	1,4 - 2,3	> 23 - 33	> 2.2 - 3.7
D	49 - 66	0,93 - 1,39	50 - 70	1 - 1,4	49 - 66	0,9 - 1,4	> 33 - 49	> 1.4 - 2.2
E	66 - 82	0,46 - 0,93	70 - 80	0,5 - 1	66 - 82	0,5 - 0,9	> 49 - 75	> 0.75 - 1.4
F	82	< 0,46	≤ 80	< 0,5	> 82	< 0,5	variável	≤ 0.75

Fonte: Fruin (1971), CET SP (1978), DENATRAN (1979), TRB (2000)

A análise qualitativa desenvolvida por Ferreira e Sanches (2001) propõe que os indicadores para avaliação ambiental sejam determinados através de um Índice de



Qualidade das Calçadas (IQC), utilizando os parâmetros: segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade e atratividade visual. Já para o planejamento, itens como largura mínima, altura do meio-fio e outros, também deverão ser considerados.

## 2.2. Propósito das viagens

O conhecimento das características e propósitos dos pedestres permite a adaptação dos projetos às expectativas de seus usuários. Para Vasconcellos (2001), diversos fatores podem determinar a escolha pelo modo a pé: recursos econômicos, disponibilidade de tempo, localização, horário das atividades e estrutura de circulação das vias e dos meios de transporte. Somam-se a esses as condições climáticas; características demográficas; fatores de planejamento urbano; propósito das viagens; distância; topografia; uso do solo; condições das viagens (GDOT, 2003; LITMAN, 2006; AGRAWAL E SCHIMEK, 2007) e infraestrutura, como calçadas, rampas de acesso, ilhas de espera, e outros (ZEGEER *et al.*, 2002; CAO *et al.*, 2005; VTPI, 2007a). O ato de andar pode assumir várias dimensões, com uma série de benefícios a população, conforme descrito na Tabela 10.

**Tabela 10: Dimensões e benefícios do modo a pé**

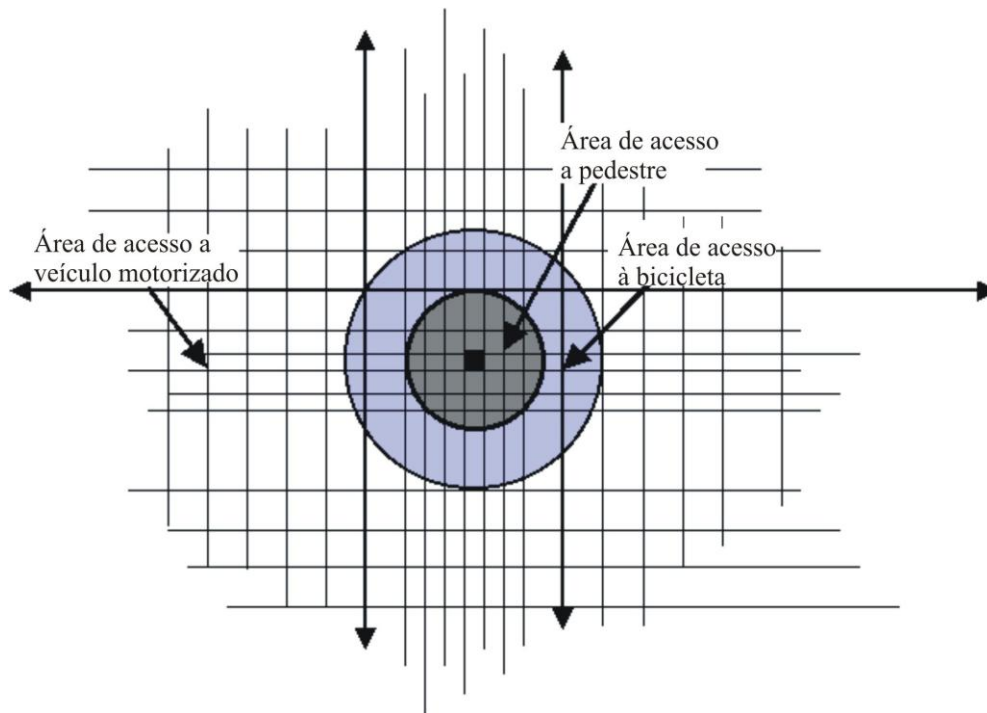
Propósito	Descrição	Benefício
Meio de transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Único modo capaz de realizar um deslocamento em sua totalidade</li> <li>• Complementar aos demais modos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acessível a quase toda a população</li> <li>• Transporte de pessoas e mercadorias</li> <li>• Acesso aos serviços essenciais</li> </ul>
Elemento de convivência	Desenvolvimento de relações de sociabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior contato entre as pessoas</li> <li>• Troca de experiências</li> <li>• Desenvolvimento de vínculos sociais e pessoais mais intensos</li> <li>• Importante fator de combate a depressão leve</li> </ul>
Comunhão com o ambiente	Estímulo aos vários sentidos, como sons, texturas, cores e odores	Desenvolvimento de relações de pertencimento e identidade
Elemento de sobrevivência	Habilidade ancestral do ser humano, diretamente relacionada à sua sobrevivência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca da subsistência</li> <li>• Acompanha o movimento dos recursos</li> </ul>
Elemento de promoção à saúde e/ou lazer	Prática regular de atividades físicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhora a auto-estima</li> <li>• Acessível a quase toda a população</li> <li>• Provoca aumento da disposição e da</li> </ul>

Propósito	Descrição	Benefício
		sensação de bem estar • Aumenta a mobilidade e flexibilidade nas articulações; mantém a postura; fortalece os ossos, reduzindo a osteoporose; aumenta a coordenação motora; e é eficaz no combate a obesidade, doenças cardíacas, diabetes, e outras
Ferramenta estética/percepção do mundo	Utilizada como elemento de transformação simbólica do espaço	• Torna-se instrumento da arte, atribuindo valor a espaços banais da cidade • Proporciona contato com uma dimensão inconsciente do espaço
Minimizar impactos ambientais	Incentiva redução do tráfego veicular	• Menor consumo de energia • Diminuição dos índices de poluição atmosférica
Reduzir gasto com transportes	Substituição de parte ou totalidade do percurso pelo modo a pé	Pode representar um fator de inclusão para a população de baixa renda

Fonte: Adaptado de Litman (2003) e Magalhães *et al.* (2004)

## 2.3. Parâmetros de caminhada

O ato de andar tem sua maior importância ao considerar as distâncias totais percorridas que, para Nicolas *et al.* (2003), estão interligadas com o contexto urbano e o tamanho das cidades, devendo ser avaliadas nas políticas de incentivo à Mobilidade Sustentável. O pedestre possui limitações físicas, que restringem sua área de acesso. Enquanto seu campo de abrangência é equivalente a uma área de 36 quadras, a do ciclista é de 256 e a do automóvel de 2.500 quadras. A Figura 1 mostra as áreas de abrangência por modo de transporte. Num espaço de tempo de 5 minutos, o pedestre pode percorrer linearmente três quadras, o ciclista oito quadras e o automóvel a 40km/h, 25 quadras (VTPI, 2007b).



**Figura 1: Áreas acessíveis por diferentes modos de transporte**

Fonte: VTPI (2007b)

O pedestre tende a estabelecer um padrão nos seus deslocamentos diários, no que se refere ao percurso e ao tempo, com poucas variações de movimento (SILVA e LARA, 2006). Na análise do modo a pé, como complemento aos demais modos, verifica-se a necessidade de cerca de 500m em cada extremo para o transporte coletivo e uma distância variável para o automóvel em relação ao local de estacionamento e o destino final (VASCONCELLOS, 2000). Ao considerar as distâncias para quem caminha como modo principal, verifica-se a falta de consenso sobre a máxima aceitável para realização de suas atividades diárias. Segundo GDOT (2003), ela irá variar de acordo com a geografia das vias, as condições climáticas, os padrões de uso do solo, a hora do dia, finalidade das viagens, entre outras. Estudos apontam a preferência por trajetos mais curtos (MAGALHÃES *et al.*, 2004; RONALD, 2007) quando os motivos não forem para fins recreativos (GDOT, 2003). Até a metade do século XIX, a forma das cidades era orientada à caminhada. Os deslocamentos máximos, em torno de 2,5 km, podiam ser feitos a pé, em cerca de 30 minutos. (NEWMAN e KENWORTHY, 1999 *apud* GONÇALVES, 2006). Amâncio e Sanches (2005) adotam, para as condições de uma cidade brasileira de porte médio, comprimento de 2,0 km como um limite aceitável. Litman (2006) utiliza essa medida para motivos de trabalho e estudo.

Lee e Moudon (2006), baseado nas variáveis frequência e duração, classificaram as viagens nas seguintes categorias:

- Modelo 1 - os que não caminham; caminham moderadamente (de um a 149 minutos por semana); e caminham suficientemente (de 150 ou mais minutos por semana).
- Modelo 2 - os que não caminham; caminham de um a 59 minutos; de 60 a 149 minutos; de 150 a 209 minutos; e de 210 ou mais minutos por semana.

O limite de 150 minutos por semana foi determinado pelo *US Department of Health and Human Services* no ano de 1996 como a quantidade recomendada para atividades saudáveis e é compatível com o paradigma atual da prescrição de atividade física para a promoção da saúde, formulado pelo *Centers for Disease Control and Prevention - CDC*, Atlanta/EUA e pelo *American College of Sports Medicine - ACSM*, ambos realizados no ano de 1995. Recomenda-se o acúmulo de 30 minutos diários de atividade, de forma contínua ou acumulada, com intensidade moderada (SEIXAS *et al.*, 2003). Agrawal e Schimek (2007) reconhecem o tempo proposto como ideal, mas recomendam, para efeito de planejamento, distâncias de aproximadamente 800 metros.

GOITIA (1996 *apud* GONÇALVES, 2006) verificou que nas cidades antigas, grande parte dos deslocamentos tinha duração de 15 minutos e estudos realizados no Reino Unido mostram que este tempo perdurou por seis séculos. Muitas viagens, especialmente inferiores a 1,6 km, são realizadas somente pelo modo a pé (NJDOT, 1999). Esta afirmação é compartilhada por Botelho (1996), que verifica, para a mesma distância, que aproximadamente 3/4 do total das viagens urbanas utilizam o transporte a pé. Já o TRRL (1991 *apud* NETO, 1996), em pesquisa realizada no Reino Unido, aponta 1/3 do total das viagens, constatando ainda, que os percursos inferiores a 1,5 km correspondem a 60%. Outros estudos revelam a opção para distâncias da ordem de 1 km, aproximadamente 13 a 15 minutos (VALDES, 1988; NETO 1996; ITRANS, 2004; LEE e MOUDON, 2006, SANT'ANNA, 2006). Essa distância também foi apontada por Vasconcellos (2005) como a extensão média dos deslocamentos a pé nas cidades brasileiras a uma velocidade média de 4 km/h. Para Litman (2006), essa distância é aceitável para motivos de compras e serviços. Sant'anna (2006) observou ainda, com base na pesquisa de Martin *et al.* (1988), que o pedestre idoso opta por caminhos que proporcionem áreas para descanso, já que

cerca de 10% da população adulta não consegue andar mais que 400 metros sem descansar. Desta forma, ao desenvolver políticas de incentivo a caminhada, os planejadores devem optar por distâncias reduzidas e condições mais favoráveis. Para Schlossberg e Brown (2003), nos locais propícios à caminhada e que contribuem fundamentalmente com a mobilidade, as distâncias variam de 400 a 800 metros. Uma pesquisa realizada no ano de 1992, em Nova Jersey, para avaliar o comportamento dos norte-americanos em seus deslocamentos a pé, relaciona distâncias e tempo médios ao motivo das viagens, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

**Tabela 11: Distância e tempo de viagens – características segundo o motivo**

Motivo	Percentual de pedestres (%)	Distância média (m)	Tempo médio (min)
Ir ou voltar do trabalho	5,04	500	8,6
Relacionado ao trabalho	6,44	1000	15,0
Compras	9,25	300	10,1
Relacionado a família/Assuntos pessoais	5,32	300	7,7
Escola/Igreja	32,21	600	10,6
Médico/Dentista	5,60	1000	19,4
Lazer	0,56	1000	19,8
Visita a Amigos/Parentes	3,46	160	7,2
Social/Recreativo	17,09	800	11,8
Outros	15,13	800	12,5

Fonte: NJDOT (1999)

A opção pelo modo a pé e a disponibilidade para assumir longas distâncias sofrerão influência de vários fatores como condições socioeconômicas, segurança, condições climáticas, horário, e principalmente do propósito, como saúde e lazer. Em estudos norte-americanos, constata-se maior disposição quando o motivo é recreativo ou esportivo (GDOT, 2003). A Tabela 12 apresenta as distâncias máximas que os pedestres estão dispostos a caminhar.

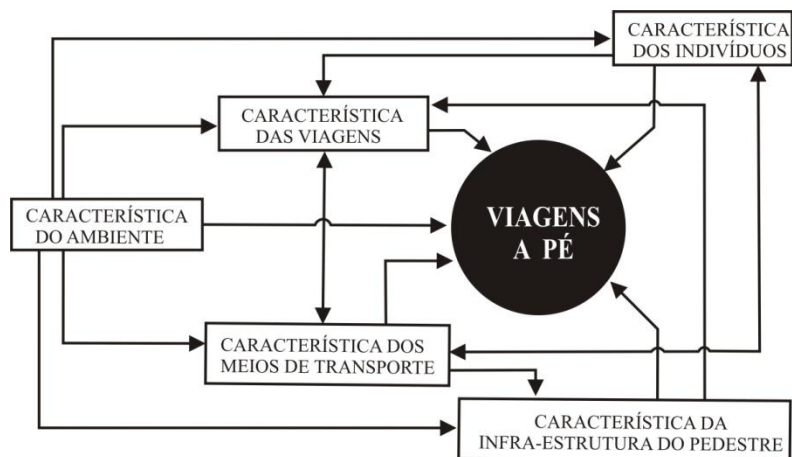
**Tabela 12: Distância máxima para equipamentos urbanos no planejamento de rotas de pedestres**

Destino	Distância Máxima (m)
Jardim e Escola primária / Compras diárias / Instalações para 3ª idade / Garagens de transporte público	600
Campo de jogos	500 a 1000
Escola secundária / Compras semanais / Estação	1000
Instalações esportivas na cidade / Local de trabalho	1000 a 1500

Fonte: PRINZ (1980 *apud* GONDIM, 2001)

## 2.4. Variáveis que influenciam a escolha pelo modo a pé

A escolha do transporte a pé é influenciada por fatores, que segundo Neto (1996) podem produzir maior ou menor impacto. Amâncio e Sanches (2005) às classificam em quatro dimensões: características relacionadas às viagens; ao indivíduo; ao ambiente construído ou meio físico urbano; e ao modo de transporte. Estudos incluem ainda a qualidade da infraestrutura do pedestre (KHISTY, 1994; ARAUJO *et al.*, 2000; TRB, 2000; FERREIRA e SANCHES, 2001). A relação entre elas é apresentada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**



**Figura 2: Diagrama de correlação entre as dimensões que incentivam a escolha pelo modo a pé**

Fonte: Scovino (2008)

As cinco dimensões deveriam ser abordadas nos estudos do modo a pé, já que interagem entre si sofrendo influência umas das outras, mas grande parte se detém a uma ou duas características, ou analisam as variáveis de forma isolada. Na Tabela 13 observam-se as variáveis que fazem parte de cada dimensão e sua influência na escolha pela caminhada.

**Tabela 13: Variáveis intervenientes na escolha pelo modo a pé por dimensão**

Variáveis	Influencia na escolha do modo a pé
Distância	Não há consenso sobre o valor máximo aceito pelas pessoas para realização de suas atividades diárias, mas menores valores são determinantes em ambientes propícios ao modo a pé. O tempo dependerá da velocidade
Tempo	
Velocidade	Dos veículos – afetam a segurança dos pedestres Dos pedestres – podem reduzir o tempo de caminhada
Motivo	A prescrição de atividade física para a promoção da saúde é um dos motivos que levam as pessoas a optar pelo modo a pé
Período do Dia	Está diretamente relacionado com a segurança e interfere nos padrões de deslocamento da população
Transporte de cargas (malas, etc)	Podem dificultar a opção pelo modo a pé devido à dimensão e peso

Viagens

**Tabela 13: Variáveis intervenientes na escolha pelo modo a pé por dimensão (cont.)**

Variáveis	Influencia na escolha do modo a pé
Gênero	Mulheres se ocupam com tarefas domésticas, como ir ao supermercado, pegar os filhos na escola, etc.
Idade	Está relacionada com as condições físicas, a disponibilidade de aquisição de veículos motorizados e a obtenção de uma renda própria
Renda	Os gastos com viagens tendem a diminuir quando a renda é mais baixa, tornando a população mais pobre dependente da caminhada
Disponibilidade de automóvel	Quando não pode dispor desse bem, o indivíduo opta pelo modo a pé, até mesmo procurando residir em áreas com fácil acesso a serviços essenciais
Grau de Instrução	O tempo de estudo influencia na conquista de um emprego formal e no valor das remunerações, podendo dificultar o acesso ao transporte motorizado
Nº de Pessoas na Família	Toda a movimentação do indivíduo ao longo do dia é influenciada pela

Indivíduo

Variáveis	Influencia na escolha do modo a pé
	necessidade das outras pessoas do domicílio
Ocupação	Crescimento do trabalho informal e autônomo, onde o trabalhador atua em seu próprio domicílio ou próximo a ele, não usufruindo do vale transporte
Lugar de Residência	A proximidade com local de trabalho ou oferta de serviços
Condições Físicas	Pessoas com mobilidade reduzida apresentam maior restrição em seus movimentos, mas a saúde é um fator de incentivo ao modo a pé
Estilo de Vida	Saúde e convívio social podem ser fundamentais para a escolha do modo
Aspectos Psicológicos	Indivíduos têm atitudes e preferências diferentes, independentes de suas características e percepções. Experiências passadas também afetam escolhas futuras
Fatores Culturais	Afetam o comportamento
Densidade	Apresenta maior concentração de atividades comerciais e residenciais, facilitando os deslocamentos por modos não motorizados
Diversidade de uso do solo	Refere-se à proximidade das diversas atividades, reduzindo as distâncias entre a origem e o destino
Desenho das vias	Influencia na continuidade e conectividade das vias, aumentando ou restringindo as opções de rotas
Condições Ambientais	A poluição ambiental e sonora e as condições do clima podem interferir na escolha do modo
Acessibilidade	Compreende fatores como proximidade entre a residência e destinos desejados
Frequência	
Conforto	
Confiabilidade	
Atendimento e Relacionamento	A ineficiência do serviço de transporte está relacionada com a escolha de outros modos
Comunicação e Informação	
Características dos veículos	
Conveniência	
Custo	Tarifas incompatíveis podem afastar a população mais pobre dos meios motorizados
Segurança	A ameaça a integridade física do indivíduo pode afastá-lo, tanto dos meios motorizados quanto dos não motorizados
Oferta	A inexistência ou ineficiência do serviço de transporte pode influir de forma decisiva na escolha de outros modos
Conforto	A qualidade das variáveis relacionadas a infraestrutura responde por um



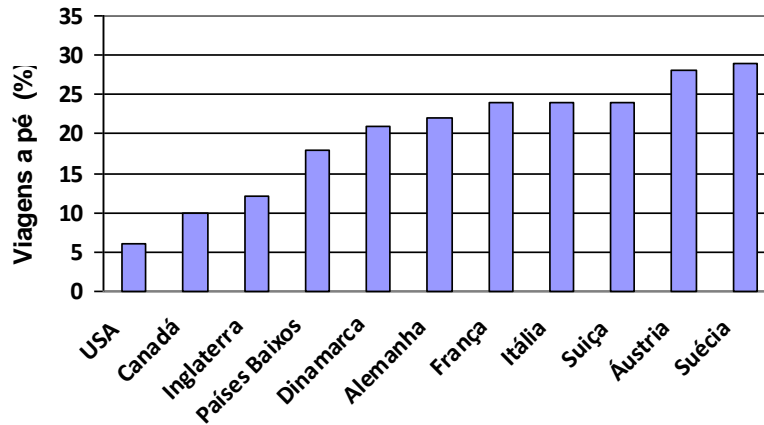
Variáveis	Influencia na escolha do modo a pé
Conveniência	aumento nos deslocamentos a pé ao reduzir riscos de acidentes,
Segurança Pública e Viária	aumentar a satisfação e o interesse do usuário, afetar a percepção de distância, unificar o sistema de forma eficiente, entre outros
Economia	
Atratividade	
Coerência do Sistema	
Continuidade do Sistema	
Manutenção	
Largura Efetiva	

Fonte: Flórez (2007a), Scovino (2008)

Para Forte e Bodmer (2004), a análise das variáveis permite verificar se uma área é ou não atrativa para o pedestre, mas ressaltam que especialistas e clientes divergem quanto ao grau de importância e pesos atribuídos a elas.

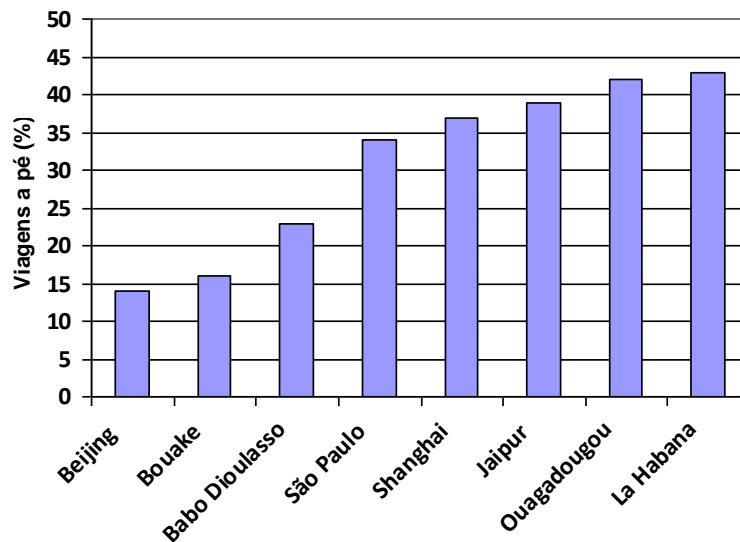
## 2.5. Participação modal das viagens a pé

Os benefícios gerados pela promoção da caminhada vêm estimulando projetos que incentivam a mobilidade e a acessibilidade do pedestre. Cidades com renda alta apresentam grande proporção de viagens a pé, como Londres, 33% (VASCONCELLOS, 2000), Barcelona 34%, Madri 37% (ALDUÁN, 2002), Zurique 28%, Amsterdã 26% e Frankfurt 30% (COLIBI e COLIPED, 2007). Já as mais pobres têm na caminhada a forma predominante de transporte. Independente da renda ou incentivo fica patente, conforme Figuras 3 e 4, que o modo a pé precisa alcançar maior espaço no planejamento das cidades. A Figura 3 apresenta um panorama das viagens a pé nos Estados Unidos e Europa e a 4 tem percentuais para cidades em desenvolvimento.. Na Alemanha, um estudo de 2002 mostrou que a alteração no valor apresentado não passou de 1% (BUEHLER, 2008).



**Figura 3: Percentual de Viagens a pé nos Estados Unidos e Europa – 1995**

Fonte: Pucher (2003); Ishaque (2006)

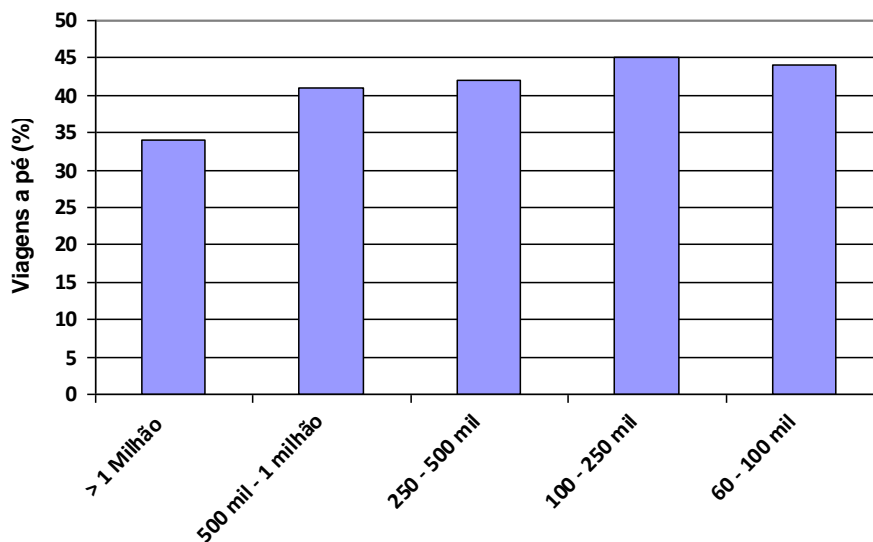


**Figura 4: Viagens a pé como parte das viagens totais, cidades em países em desenvolvimento**

Fonte: adaptado de Vasconcellos (2000) e Junqueira (2003)

Com um valor bastante significativo (36,7% em 2002), a cidade de São Paulo apresenta uma mobilidade a pé 15% maior do que a mobilidade por transporte coletivo. Seja pela escolha consciente ou pela falta de renda, o aumento foi de 21,3%, representando nove vezes o percentual de crescimento dos que circulam pelo modo coletivo (CARDOSO, 2005). O índice de viagens a pé para o Brasil é ainda maior, segundo a ANTP (2009) somam 37,9%. A cidade do Rio de Janeiro aparece com 29,36% (PDTU, 2005), Porto Alegre com 28% (LARRANAGA e CYBIS, 2007) e Recife com 32,7% (AZEVEDO, 2008).

Em grande parte das cidades, viagens exclusivamente a pé chegam a ultrapassar 30% do total, conforme demonstrado na Figura 5. Distância entre o local de moradia e o núcleo de atividades determina, muitas vezes, viagens extremamente longas, que podem representar situações de exclusão. Nas cidades latinoamericanas uma alta proporção de viagens a pé, sobretudo grupos de baixa renda, está mais associada com as restrições de acesso a modos motorizados sofridas pela população do que com políticas que incentivam esse modo de transporte (PORTUGAL e FLÓREZ, 2006). Segundo o World Bank (2002), a população mais pobre realiza menos viagens, sendo a maioria a pé, além de terem os motivos restritos a trabalho, escola e compras.



**Figura 5: Percentual de viagens a pé por porte de municípios - Brasil**

Fonte: Adaptado de ANTP (2009)

Zegeer *et al.* (2002) reforça a tendência da população em procurar atividades que estejam disponíveis através da caminhada de, no máximo, 15 minutos. Combater a exclusão social significa lutar contra situações de privação e carências (GOMIDE, 2003), promovendo o desenvolvimento sustentável, a justiça e a equidade social. Como medida favorecedora destaca-se o maior equilíbrio nas políticas de ocupação do solo e oferta de acessibilidade nas áreas urbanas.

## 2.6. Tendências atuais: Políticas, Programas e Projetos

As políticas de transporte na América Latina têm favorecido o uso do transporte individual, apesar dos modos coletivos e dos não motorizados apresentarem um alto percentual de viagens (VASCONCELLOS, 1995). O uso indiscriminado do automóvel se deve a distintos fatores como a falta de um sistema público eficiente, pouca conscientização, carência de medidas que promovam melhorias no sistema por parte das autoridades, falta de planejamento urbano, entre outros (FIGUEIREDO e MAIA, 2006). Também é conveniente levar em conta que algumas pessoas, especialmente homens, atribuem aos automóveis sentimentos e valores positivos, como poder, liberdade, status, entre outros, além de vantagens comparativas com outros meio de transporte (viagem ponto a ponto, conforto, liberdade para escolher rotas e tempos de viagem) (FLÓREZ, 2007b).

No caso do Brasil, a ausência de um sistema público de qualidade estimula a opção pelo transporte individual, aumentando os níveis de congestionamento, poluição, acidentes e tempo gasto nos deslocamentos. Os prejuízos são comprovados na saúde, na queda da produtividade do trabalhador urbano e na degradação do meio ambiente e qualidade de vida (SCOVINO, 2008). A ineficiência da política de planejamento e controle de uso e ocupação do solo também faz com que a dinâmica da cidade responda às forças do mercado, as quais investem mais nas áreas de maior acessibilidade, causando grandes impactos na circulação. Soma-se aos fatos o modo a pé responder hoje por um terço dos deslocamentos nas grandes cidades, principalmente por motivo de trabalho. Descrito por Colunga (2007) como uma alternativa saudável e econômica para melhorar as condições de mobilidade, acessibilidade e qualidade de vida, o aumento do transporte a pé deveria representar um ponto positivo, mas devido a falta ou a precariedade de sua infraestrutura, uma parcela dessas viagens podem estar ocorrendo em condições inadequadas, indicando situações de exclusão social ou ainda contribuir para a imobilidade da população. A ANTP (2009), em seu sistema de informações da mobilidade urbana – relatório geral 2008, revela a seguinte estimativa para divisão modal dos deslocamentos no Brasil:

- Meios não motorizados (40,8%): caminhada 37,9%, bicicleta 2,9%.
- Meios motorizados (59,2%): Transporte público 29,4%, automóvel 27,0%, motocicleta 2,8%.

Devido a importância que os deslocamentos não motorizados vem assumindo nas estratégias de gestão atuais, constata-se o aparecimento crescente de indicadores em diversas cidades do mundo, chamando a atenção de entidades públicas e privadas na formulação de políticas públicas e ações estratégicas que promovam um ambiente confortável e seguro para ciclistas e pedestres. Já no caso do Brasil, o estudo dos modos não motorizados vem sendo negligenciado no planejamento urbano e de transportes ao longo das últimas décadas, mas devido a implantação de políticas de mobilidade sustentável e ainda que de forma tímida, o tema passa a ser considerado no âmbito de discussão sobre as condições atuais de mobilidade urbana.

A mobilidade urbana sustentável pode ser definida como o “resultado de um conjunto de políticas de transportes e circulação, que visam proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos de transportes coletivos e não motorizados de maneira efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável” (SEMOB, 2005 *apud* COSTA e SILVA, 2006). Para Thorson (2002) é a forma de deslocamento que prioriza o indivíduo, respeitando-o em suas necessidades e com redução significativa no consumo de energia, na emissão de poluentes, nos níveis de ruído e no uso do automóvel. As chamadas políticas sustentáveis de mobilidade proporcionam à cidade maior dinamismo de suas funções urbanas, promovendo uma maior e melhor circulação de pessoas, bens e mercadorias, traduzindo-se na valorização do espaço público e como desenvolvimento econômico, social e ambiental (MCIDADES, 2005). Esse novo conceito vem promovendo uma avaliação no modelo de desenvolvimento adotado pelas cidades.

A partir dos anos 80, as atenções centram-se na periferia e na busca por uma cidade mais equilibrada, de forma a resgatar a "vida urbana" e melhorar a relação do homem com a cidade. Surge uma nova proposta que altera as relações espaciais através de mudanças importantes, onde a base para o planejamento vem das dimensões humanas. Este conceito engloba uma nova concepção do sistemas de zoneamento e transportes, com total integração entre eles. As diretrizes fazem parte de uma proposta alternativa de crescimento presente em políticas como o *Neotraditional Neighborhood Design* (NTND); o *Transit-oriented Development*; o Novo Urbanismo; o *Pedestrian Pocket* e o *Smart Growth*. Enfoques que consideram que o atual esquema de urbanização degrada a vida na periferia, onde não há um equilíbrio adequado entre o uso do solo e as viagens por

transporte individual. Argumenta-se que com ações integradas entre o uso do solo e o sistema de transporte será possível diminuir o uso do automóvel e as distâncias das viagens com veículos motorizados. As propostas do NTND tratam de resgatar o padrão urbano das áreas centrais das cidades dos Estados Unidos antes da Segunda Guerra Mundial, que corresponde a um padrão altamente interconectado, basicamente reticular e de usos mistos (RYAN e McNALLY, 1995). Este tipo de projeto permite maior contato entre vizinhos, relações face a face e maior identidade da população com seu entorno (FLÓREZ, 1998).

As principais propostas (RYAN e McNALLY, 1995; FRIEDMAN *et al.*, 1994; UITP, 2001a; FLÓREZ, 2005), são:

- Uso misto do solo - maior proximidade entre os usos residenciais e não residenciais, facilitando o acesso de pedestres.
- Desenvolvimento urbano denso - Os dados indicam que em zonas urbanas de maior densidade há uma maior proporção de viagens por transporte público, a pé e de bicicleta, enquanto em zonas de baixa densidade predomina o uso do transporte privado (UITP, de 2001, Steiner, 1994). Particularmente, propõe-se que nas proximidades das estações de transportes públicos predomine altas densidades, já que o número de usuários do transporte público aumenta significativamente quando o tempo de acesso a pé até à parada de ônibus é reduzida.
- Rede viária altamente interconectada - pretende-se que as atividades estejam relacionadas através de uma rede de caminhos com alta interconectividade, resgatando a estrutura reticular e favorecendo a acessibilidade das vias alternativas entre o centro e bairros residenciais adjacentes.
- Sistema não motorizado - incorpora o pedestre e o ciclista ao desenho das vias com a mesma importância dispensada ao automóvel. A experiência mostra, que a transformação de ruas em áreas de pedestres com acesso restrito aos transportes públicos e regulação dos períodos de entrega de mercadorias, aumenta o volume de negócios das empresas e encoraja a caminhada, além de criar áreas atrativas para a vida urbana.

Atualmente, muitas áreas metropolitanas implementam estratégias de controle e uso do solo em políticas de transporte, além de incentivar o modo a pé, integrando-o ao sistema

de transporte multimodal. As medidas visam a recuperação e preservação do patrimônio cultural; a diminuição dos impactos ambientais, reduzindo congestionamentos e crescimento urbano; a partilha do espaço viário e a criação e o tratamento dos espaços públicos, proporcionando ambientes de convivência. Tudo isso com a implantação de políticas de mobilidade com foco na sustentabilidade. Entendendo por desenvolvimento sustentável, aquele que procura encontrar o equilíbrio entre os interesses existentes (ambiental, econômico e social), de modo a minimizar os impactos, para assim preservar os recursos necessários a manutenção da vida das futuras gerações. Neste contexto, as tendências atuais de aumento no número de deslocamentos não motorizado são estimuladas, buscando reduzir os problemas produzidos pelo tráfego motorizado, promovendo a equidade, justiça social, direitos humanos, qualidade de vida e qualidade ambiental (SCOVINO, 2008). Mas, diante das facilidades propagadas pelo automóvel, promover o deslocamento não motorizado exige infraestrutura adequada, que satisfaça as necessidades dos usuários, eficaz, dotada de ciclovias que incentivem o uso de bicicletas, melhorias no sistema viário incluindo as áreas destinadas aos pedestres, de modo a gerar conforto e segurança. Algumas das estratégias adotadas por alguns governos locais e regionais para fomentar a caminhada são mostradas a seguir:

### **2.6.1. Áreas exclusivas para pedestres**

As áreas exclusivas para pedestres são criadas para a circulação privilegiada de pedestres e, muitas vezes, são feitas através do fechamento, parcial ou total, de ruas. Desse modo se proporcionam condições ótimas para a circulação. São propícias em áreas com grande fluxo de pedestres, que geralmente estão associadas a zonas comerciais de uso de solo misto, onde o fluxo veicular é elevado gerando conflitos com os modos não motorizados. A implantação desses espaços melhora a estética local e a qualidade do ar, reduz os níveis de ruído e os congestionamentos de pedestres, incentiva o convívio social e facilita o acesso aos estabelecimentos comerciais (LTNZ, 2005).

Segundo Frenkel (2008), em um primeiro momento a proposta pode sofrer resistência dos comerciantes, mas o aumento das vendas e da clientela demonstra sua eficácia. Salienta também a necessidade das áreas oferecerem vários tipos de atividades, apresentando imagem econômica e atrativa, além da extensão das atividades para o espaço externo, funcionando durante o dia e a noite. Um caso exitoso e conhecido internacionalmente é a

transformação da Rua XV de Novembro, mais conhecida como Rua das Flores, em Curitiba, numa rua de pedestres. Esta foi a primeira grande via pública do Brasil transformada em espaço exclusivo para pedestres.

## **2.6.2. Moderação de tráfego ou Traffic Calming**

As chamadas medidas de moderação de tráfego consistem em intervenções físicas na estrutura viária com ênfase na sinalização. Criadas para o controle do volume e da velocidade de veículos têm por objetivos principais a melhoria da qualidade ambiental, com menor consumo de energia e a redução dos riscos de acidentes (CUPOLILLO, 2006 *apud* FRENKEL, 2008; LITMAN, 2009; VTPI, 2009). Normalmente são aplicadas em ruas locais, mas podem ser adaptadas às vias de maior hierarquia em situações que representem risco para os pedestres (NJDOT, 1999; VTPI, 2009). As intervenções deverão se adequar às condições da área onde serão aplicadas, independente das características da via, tendo em conta a devida sinalização para os motoristas. Segundo o VTPI (2009), podem variar de pequenas alterações em uma única via à reestruturação abrangente de uma rede rodoviária, além de ser cada vez mais utilizada por planejadores urbanos e profissionais de transporte.

Kraus (1997) classifica em cinco categorias as medidas de moderação de tráfego:

1. Alterações verticais - para reduzir a velocidade dos veículos se utiliza de vários tipos de materiais. Como medidas têm-se: lombadas de seção arredondadas; lombadas de seção retas – platôs; almofadas; áreas elevadas; sonorizadores.
2. Alterações horizontais - para reduzir a velocidade dos veículos e ganhar espaço, tanto para o pedestre quanto para o paisagismo, se utiliza de alterações no meio-fio e calçadas. Como medidas têm-se: prolongamentos de calçadas; construção de baias de estacionamento; quebra de linearidade das vias, com a construção de chicanas.
3. Alterações nas vias - para proporcionar maior conforto e segurança, realiza-se o tratamento com o estreitamento da caixa de rolamento. Como medidas têm-se: prolongamento das calçadas; demarcação das áreas de estacionamento; construção de ilhas e canteiros; construção de ciclovias ou ciclofaixas; construção de faixas exclusivas para ônibus; arborização.



4. Medidas de gerenciamento de tráfego - procedimentos utilizados em conjunto objetivando alcançar o comportamento desejado dos usuários das vias. Como medidas têm-se: fechamento de vias; rotatórias e mini-rotatórias; alteração de pavimento; tratamento das entradas para veículos; portais; criação de espaços compartilhados; sinalização vertical, horizontal e eletrônica; iluminação; mobiliário urbano.
5. Limite de velocidade - deve ser monitorado através da implantação de medidas de moderação de tráfego.

Segundo o TfL (2004), por reduzir a velocidade e o tráfego de passagem, as medidas interferem positivamente no modo a pé, tornando-o mais atrativos, melhorando as condições do ambiente e a segurança do usuário. Entretanto, alguns problemas podem surgir em função da dificuldade de acesso de veículos de serviço e emergência.

### **2.6.3. Zonas Residenciais**

Áreas destinadas ao uso residencial concebidas na moderação de tráfego, contemplando grandes espaços públicos para moradores e pedestres, reduzindo as áreas veiculares ao máximo. Por essa razão este tipo de tratamento não suporta fluxos maiores que 100 veículo/hora (FRENKEL, 2008). Calçadas e faixas de rolamento não são separados por barreiras físicas, o que obriga os veículos a trafegarem com velocidades menores que 16 km/h. Em razão das limitantes apresentadas, a implantação das medidas requer aprovação por parte da comunidade (LTNZ, 2005).

### **2.6.4. Plano de segurança para estudantes a pé**

Estratégias que procuram incentivar a utilização de modos de transporte não motorizados para o trajeto casa-escola, garantindo condições seguras. Segundo o GDOT (2003), a responsabilidade pela segurança dos estudantes pedestres vai além do desenvolvimento de rotas de caminhada segura. A preparação de planos de percurso a pé é apenas uma parte do processo, que requer a aplicação de medidas educacionais e de Engenharia de Tráfego. Além disso, para o sucesso na implantação do programa de melhorias, as medidas propostas devem ser discutidas amplamente por alunos, pais, professores, direção da escola, órgãos públicos, empreendedores privados e comunidade local, com total esforço de cooperação.

Segundo o GDOT (2003), o Plano tem o objetivo de preparar rotas a pé para estudantes, fornecer mapas com a indicação das rotas mais seguras, identificar as deficiências de segurança e programar ações corretivas. Os elementos necessários para criação de uma área escolar favorável a caminhada são:

- Ruas do entorno equipadas com calçadas, ciclovias ou ciclofaixas. Segundo Frenkel (2008) as calçadas devem ser construídas atendendo aos requisitos da mobilidade universal;
- Trilhas e caminhos oferecem ligações diretas entre o terreno da escola e o entorno dos bairros;
- Pontos de parada de transporte público localizados o mais próximo possível da entrada da escola e com capacidade para atender a demanda;
- Áreas de embarque e desembarque dos ônibus escolares separadas das áreas destinadas aos automóveis e do tráfego veicular, para minimizar confusões e conflitos, além de receber iluminação adequada;
- Zonas de pedestres claramente delimitadas e diferenciadas dos outros modos de transportes, por faixas coloridas, pavimentos texturizados, sinalizações, entre outros;
- Estacionamento restrito, principalmente próximo a rotas de crianças, incentivando viagens a pé à escola;
- Pedestres direcionados para pontos de travessia e vias de acesso por sinalização, barreiras físicas, entre outros;
- Zonas de velocidade reduzida implantadas em áreas escolares onde existam riscos potenciais;
- Dispositivos de *traffic calming* instalados na vizinhança para diminuir a velocidade veicular;
- Travessias patrulhadas, implantadas em áreas com necessidade de proteção adicional, como em cruzamentos com alto volume de pedestres e de tráfego;
- Caminhos e travessias sem obstruções, permitindo que os pedestres vejam e sejam vistos em toda a área;
- Tratamento paisagístico adequado para a área, fornecendo sombra, abrigo do tempo e dos ventos, sem comprometer o campo visual entre pedestres e motoristas;

- Travessias estrategicamente localizadas, bem delineadas e iluminadas, que incluam faixas de pedestres em cruzamentos controlados ou no meio de quadra. Segundo Frenkel (2008), o local de instalação e a escolha do tipo apropriado de controle devem ser cuidadosamente estudados.

Para o GDOT (2003), os métodos utilizados no programa de segurança das áreas escolares ou ao longo das rotas a pé necessitam ser cuidadosamente estudados pelos profissionais de engenharia de tráfego e as soluções analisadas caso a caso antes de sua implantação. Os elementos a serem considerados no estudo são: volume de tráfego e velocidades existente e potencial; inventário dos dispositivos de controle de tráfego existentes; adequação de brechas no fluxo de tráfego; volume, idade e principais características das crianças; adequação da distância de visibilidade; estatística de acidentes; e localização da escola e sua relação com o uso do solo do entorno. Além disso, sinaliza que o uso excessivo ou desnecessário de elementos de controle de tráfego poderá levar a um grande desrespeito.

### **2.6.5. Novas opções tecnológicas**

Novas tecnologias também vêm sendo usadas com o objetivo de aumentar a segurança, favorecendo o transporte a pé. A tecnologia conhecida como *Puffin Pedestrian Crossing (Pedestrian User Friendly Intelligent)* foi testada pela primeira vez no Reino Unido (OECD, 2001). Utiliza-se de sistema de detecção infravermelho, tanto na zona de passagem, quanto na área de espera, permitindo monitorar o pedestre durante todo o período da travessia. Segundo o DfT (2001) a tecnologia tem como objetivo reduzir o tempo de espera e ampliar os tempos de verde, adequando-o as necessidades de pessoas com baixa velocidade de caminhada. Para a OECD (2001), uma avaliação recente comprova os benefícios do sistema. Houve redução de conflitos entre os usuários e, apesar do aumento no tempo de passagem dos pedestres, os atrasos médios para os motoristas foram reduzidos em função de um número menor de ciclos de verde. A confiabilidade desse dispositivo varia em função das condições do ambiente.

Uma tecnologia que está em fase final de desenvolvimento, com previsão para chegar ao mercado ainda em 2010 é o Alerta de Colisão com Freio Automático para Pedestres. Esse dispositivo ajuda o motorista a evitar eventuais colisões ou reduzir ao máximo o

impacto com os pedestres. O sistema, composto de um radar e uma câmera, detecta a presença do obstáculo, identificando-o e calculando sua distância para o veículo. Caso o motorista não responda ao aviso sonoro e luminoso de advertência, a potência de frenagem total é acionada automaticamente. A baixa velocidade de impacto reduz significativamente o risco de lesões graves (VOLVO, 2010).

Segundo a OECD (2001), outros tipos de dispositivos inteligentes de passagem vêm sendo desenvolvidos em países membros da OECD. Um deles é o programa europeu DRIVE, que utilizou microondas na detecção de pedestres. Esse sistema de detecção ótica do movimento permite medir o volume de pedestres e fornece informações sobre sua trajetória. Também pode reduzir a ansiedade durante o tempo de espera, pois conta com sinais de contagem regressiva. O programa apresenta desvantagens que podem dificultar sua aplicação, como a grande necessidade de conhecimento e ferramentas de computação, exigindo maior investigação e desenvolvimento.

O sistema de orientação de rotas é mais uma tecnologia que poderá auxiliar o pedestre. Os dispositivos manuais portáteis de roteamento e armazenamento de informações, como os Palm-Tops, podem indicar as melhores rotas; áreas de descanso; localização de pontos de parada de coletivos; condições de pavimento; alertar sobre obstáculos; e notificar emergências, como quedas, acidentes, entre outros. Mas, segundo a OECD (2001), o sistema também necessita de maior desenvolvimento apesar dos rápidos avanços observados.

### **3. PREVISÃO DA DEMANDA E FONTES DE DADOS EXISTENTES**

Planejar ambientes para o pedestre requer a compreensão de conceitos fundamentais como demanda e oferta (DTCS, 2006), pois o equilíbrio entre esses dois fatores irá indicar se um local é ou não atrativo para a caminhada. Observa-se, com isso, o surgimento de modelos matemáticos representativos do comportamento ou do movimento, tanto individuais quanto coletivos e que dependem da quantidade e qualidade dos dados para sua eficácia e confiabilidade.

A previsão da demanda pelo modo a pé é um campo em desenvolvimento (GUIDEBOOK, 1999) e pode fornecer valiosas informações para o planejamento, projeto, operação e gestão das redes de transporte (PULUGURTHA *et al.*, 2006), sendo importante para garantir à determinada área uma infraestrutura adequada. Já a oferta está diretamente relacionada com a infraestrutura disponível e com as características da área estudada. Ela se refere ao conforto, a segurança e as facilidades proporcionadas, que definem a melhor opção de rotas. Sua qualidade influencia a demanda na propensão das viagens realizadas pelos pedestres. A melhor abordagem irá depender do conhecimento disponível, recursos técnicos e financeiros, bem como a finalidade específica do estudo (GUIDEBOOK, 1999). As técnicas são úteis, não só para novos empreendimentos, como para a adaptação dos espaços existentes (LTNZ, 2007). Como exemplo tem-se a TEA-21 (*Transportation Equity Act for the 21st Century* de 1998 - EUA), que expande a disposição para melhorar as instalações e a segurança dos pedestres e dá ênfase a projetos que beneficiem a redução de congestionamento e melhorias na qualidade do ar, inclusive com a disponibilização de programas de financiamento (GUIDEBOOK, 1999; BTS, 2000). Para o Guidebook (1999), os planejadores devem estar cientes, tanto das limitações como das vantagens apresentadas pelos métodos existentes. Além disso, devem complementar, quando possível, as previsões quantitativas com a opinião do usuário.

### **3.1. Demanda para o modo a pé**

As pesquisas sobre o modo a pé envolvem maior complexidade que as realizadas com veículos motorizados, já que trabalham com preferências e objetivos individuais. Para Harney (2002), a complexidade do movimento do pedestre se deve a interação com outros indivíduos e com o meio ambiente, além da liberdade de escolher entre uma infinidade de rotas, ordem das atividades que deseja realizar e tempo gasto no percurso. Mesmo em países como os EUA, não são encontrados modelos de previsão para pedestres em áreas abrangentes (GREENE-ROESEL *et al.*, 2007). Segundo Marshment (2000), os modelos de previsão de demanda atenderam bem aos seus propósitos ao longo dos últimos 40 anos e desde 1950 alcançaram grande sofisticação. Para ele, no entanto, as ferramentas atuais são incapazes de analisar as políticas de transporte das áreas urbanas. Isso acontece devido a falta de precisão em áreas críticas, como na previsão de demanda latente e induzida, impactos intermodais e relação entre transporte e uso do solo.

A demanda pode ser descrita como a geração de viagens (atraídas ou produzidas) ocorrida em uma zona de tráfego, devido às características do uso do solo (PORTUGAL e GOLDNER, 2003, KNEIB, 2004; PULUGURTHA *et al.*, 2006, 2006; SCHNEIDER *et al.*, 2008) ou de um Pólo Gerador de Tráfego específico (PORTUGAL e GOLDNER, 2003). Além disso, abrangem informações advindas do processo decisório individual como origem, destino, modo, dentre outros (BARNARD e BRINDLE *apud* KNEIB, 2004). Expressa na escolha pelo modo e refletindo um desejo ou necessidade, a demanda também sofre influência de outros fatores como: natureza e porte do empreendimento; infraestrutura das áreas de influência; características socioeconômicas (PORTUGAL e GOLDNER, 2003), transportes (SCHNEIDER *et al.*, 2008) e viagens; informações ambientais (GUIDEBOOK, 1999); intensidade das atividades; presença de outros pedestres; espaços e parques; e condições do trânsito (DTCS, 2006). Segundo Portugal e Goldner (2003), a demanda sofre com impactos que podem ser medidos através das dimensões espaciais, temporais e setoriais. A primeira está relacionada às áreas de influência ou adjacentes ao empreendimento. A segunda se refere ao período medido (tempo, dia e hora), que possa representar a demanda típica. A terceira e última é composta por dimensões ambientais, através das características de uso do solo; individuais, por meio das características socioeconômicas; e das viagens, que envolvem o sistema viário e de transportes.

A previsão da demanda objetiva verificar as alterações no número ou nas características das viagens como resultado das propostas para tornar o modo a pé mais atraente e pode afetar os níveis globais e o comportamento (GUIDEBOOK, 1999), conforme se verifica na Tabela 14.

**Tabela 14: Condições das viagens e comportamento**

Condições das viagens	Ambiente das viagens	Comportamento
Potencialidade	Alta qualidade	Fomenta a opção pelo modo a pé.
Localização	Alta qualidade	Podem alterar a escolha do destino.
Escolha do modo	Alta qualidade	Estimula o modo a pé e diminui a propensão aos outros modos.
Escolha da rota	Alterações na qualidade	Podem estimular mudanças na utilização de diferentes vias.
Programação	Qualidade pode variar conforme período do dia (hora de pico de tráfego, regulamentação de estacionamento, etc.)	Afeta a programação das viagens.
Uso do solo	Mudanças	Estimulam mudanças no uso do solo por um período de vários anos (locais tornam-se mais ou menos desejáveis para determinados tipos de usos) tornando-se atrativos para o pedestre.
Distribuição e efeitos	Mudanças	Podem produzir efeitos e benefícios diferentes, dependendo dos seguimentos da população.

Fonte: Guidebook (1999)

Uma grande quantidade de dados e variáveis precisam ser reunidos e analisados. A finalidade é selecionar aqueles que melhor explicam a geração de viagens (PORTUGAL e GOLDNER, 2003). Alguns indicadores foram agrupados pelo DTCS (2006) em quatro categorias:

1. Dados demográficos - identificam grupos com maior propensão as viagens a pé;
2. Proximidade - mede da origem ao destino, considerando distâncias de até 1,6 km;
3. Ambiente de pedestres - correlaciona os indicadores à escolha pela caminhada;
4. Áreas especiais - apresentam maior importância para o pedestre.

A literatura classifica a demanda a pé em três grupos: demanda atual ou efetiva; demanda futura; e demanda latente ou potencial. Cada uma delas é composta por métodos de predição que estão descritos no capítulo 4, juntamente com os conceitos e aspectos relevantes. Segundo o LTNZ (2007), questões fundamentais na avaliação da demanda de pedestres são mais susceptíveis de serem encontradas dentro e/ou no entorno de áreas residenciais, comerciais, de integração modal, turísticas, centros de lazer, estabelecimentos de ensino ou que ofereçam grande oferta de emprego. No entanto,

reforça o fato de que as áreas de desejo mudam com o tempo, sendo necessário incorporar a demanda latente, apesar das atividades de pedestre existentes serem um ponto de partida útil. Marshment (2000) também sinaliza a necessidade do desenvolvimento de novos métodos, principalmente para previsão da demanda latente, por serem capazes de simular adequadamente o efeito das políticas de transporte durante períodos prolongados. O procedimento padrão de modelagem de viagens geralmente se baseia em um número limitado de variáveis, tais como características dos domicílios, tempo, custo e modos. Esses fatores, no entanto, explicam apenas em parte a decisão de utilizar o modo a pé. A construção de modelos é uma tentativa de entender os fatores que motivam a escolha pelo modo e as rotas utilizadas, ou até prever essa escolha (CLIFTON e KRIZEK, 2004; LARRAÑAGA e CYBIS, 2007). Teóricos e empíricos, esses modelos têm como meta prever a realidade e são verificados através da descrição de mudanças comportamentais geradas por modificações nos fatores de influência (GUIDEBOOK, 1999).

Para Diógenes (2008), os volumes de pedestres necessários, tanto para modelagens de demanda como para a oferta, podem ser estimados através de métodos diretos (contagem manuais ou automáticas), ou indiretos (que se relacionam as características da área e a atividade dos pedestres). A estimativa desses volumes em grandes áreas é identificada por Greene-Roesel *et al.* (2007) conforme Tabela 15. O modo direto é obtido por observação direta, por meio de amostragens em segmentos de rotas; as pesquisas são capazes de detalhar as características e as preferências das viagens e dos pedestres; e os métodos de modelagem são ferramentas poderosas para estimar a demanda a pé, mas necessitam ser calibrados e testados. Nenhum deles apresenta padronização e sua seleção dependerá dos objetivos, dados disponíveis, recursos e amplitude do estudo.



**Tabela 15: Comparativo entre abordagens para estimar volume de pedestres**

Método	Vantagens	Desvantagens
Métodos de amostragem diretos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baseada em observações reais</li> <li>• Amostra considera todos os tipos de pedestres</li> <li>• Volumes de pedestres são relacionados a áreas específicas</li> <li>• Quando concebidos de forma adequada, os dados podem ser aplicados a qualquer área geográfica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade de formular a amostra devido a falta de pesquisas sobre a rede de pedestres</li> <li>• Necessários muitos pesquisadores</li> <li>• Não inclui informações de atitudes, distância, dados demográficos, tempo de percurso e origem e destino</li> <li>• Coleta manual pode se tornar uma tarefa difícil em função da falta de segurança, acessibilidade, entre outras</li> </ul>
Métodos de pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Úteis nos estudos de comportamento</li> <li>• Obtenção de dados demográficos, domiciliares, de viagens, distâncias e tempo de percurso</li> <li>• Pesquisas existentes podem ser adaptáveis e expandidas</li> <li>• Detalha características e preferências</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subestimam as viagens a pé</li> <li>• Direcionadas somente aos adultos</li> <li>• São caras devido ao tamanho da amostra e a sua abrangência</li> <li>• Dificuldade em determinar a relação entre infraestrutura e atividades de pedestres</li> </ul>
Métodos de modelagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornecem considerável quantidade de informação</li> <li>• Utilizam dados disponíveis</li> <li>• Dinâmicos e flexíveis</li> <li>• Baixo custo</li> <li>• Em geral, economizam tempo e recursos sem comprometer a qualidade dos resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferentes modelos podem ser necessários para diferentes áreas geográficas</li> <li>• As saídas de dados podem ser limitadas para o dimensionamento da demanda de pedestres</li> <li>• Necessitam ser testados e calibrados</li> </ul>

Fonte: Greene-Roesel *et al.* (2007)

Marshment (2000) acredita que o grande obstáculo a ser transposto em futuras modelagens é o de desenvolver uma analogia entre o uso do solo (forma urbana) e o transporte (escolha do modo), de modo que a relação possa ser expressa matematicamente. Para o Guidebook (1999), ITE (2005) e Schneider *et al.* (2008), as razões para aplicação dos modelos existentes incluem:

- Auxiliar no desenvolvimento de modelos de tráfego mais eficientes;
- Definir prioridades para a engenharia, educação e fiscalização;
- Estimar os benefícios de um projeto proposto, tais como o número de usuários atendidos, as reduções nas emissões dos automóveis e consumo de energia, ou economia de tempo e custo para os usuários;

- Estimar impacto, facilidades e conforto para os usuários;
- Quantificar a redução de veículos e viagens de automóvel;
- Priorizar projetos que atraiam novos pedestres ou que proporcionem maiores benefícios para os que já utilizam o sistema;
- Planejar zonas exclusivas de pedestres e identificar e corrigir deficiências nas zonas existentes, tendo por base as características facilitadoras de caminhada e os padrões de viagem desejados.
- Planejar a segurança dos pedestres, por meio de informações sobre exposição a acidentes.

Apesar das razões apresentadas reforçarem a necessidade da aplicação dos métodos de previsão ou da continua procura por mecanismos disponíveis para melhorá-los, alguns céuticos apontam questões a serem consideradas em relação as suas limitações. Mesmo acreditando na importância de promover melhorias nas instalações, políticas e atitudes sociais que beneficiem o pedestre, eles argumentam que os modos não motorizados são influenciados por fatores amplamente atitudinais e que, portanto, não podem ser facilmente descritos ou quantificados em modelos. Mas, embora limitados, os métodos existentes podem ajudar na alocação dos recursos. Mesmo reconhecendo que a avaliação qualitativa (baseada na experiência e julgamento) continuará a desempenhar um papel fundamental, os métodos quantitativos podem tornar-se cada vez mais úteis no fornecimento de informações para o planejamento e tomada de decisão.

Os dados considerados no planejamento urbano, segundo o BTS (2000), devem ser capazes de identificar problemas, prever a demanda e priorizar as áreas de intervenção. Seu estudo classifica as fontes de dados primários em: características das viagens e dos usuários; preferências dos usuários; características da infraestrutura; dados sobre acidentes e segurança. Incluem também dados secundários (que se baseiam em análise de dados primários) como, por exemplo, a investigação de resultados de estudos e de manuais de boas práticas. Reforça, no entanto, que as deficiências e limitações nas fontes existentes dificultam os esforços para desenvolver políticas e projetos de fortalecimento do modo a pé. Com base nessa análise, as prioridades para as necessidades de dados foram identificadas através dos seguintes critérios: importância dos dados para a aplicação pretendida; qualidade dos dados existentes e; utilidade dos dados em diversas aplicações. A estratégia utilizada para beneficiar o pedestre deve estar

inserida em um plano geral de desenvolvimento local, com informações específicas da área estudada e as dificuldades que afetem os pedestres, mantendo equilíbrio entre mobilidade, segurança, desenvolvimento local e ambiental (LTNZ, 2005).

### **3.2. Fontes de dados para a avaliação da demanda para o modo a pé**

Segundo Clifton e Krizek (2004), atualmente existe um interesse crescente nas questões relacionadas aos transportes não motorizados, onde até os economistas têm buscado descobrir os benefícios monetários gerados pela sua utilização. Entretanto, salientam que apesar da atenção demonstrada por grupos variados, o modo a pé ainda é o menos estudado e entendido. Para eles o número reduzido de pesquisas nessa área demonstra o desinteresse que dominava o setor até o momento, principalmente para coletar, armazenar e disponibilizar dados sobre o ambiente e o comportamento dos pedestres. Porém, reforçam que o reconhecimento das deficiências sobre as fontes de dados secundárias vem ampliando os esforços para melhorar a qualidade e a quantidade de informações. A ampla categoria de dados deverá ser capaz de compreender as necessidades e desejos dos pedestres e a relação entre uso do solo, forma urbana e as taxas de geração de viagens a pé (CLIFTON e KRIZEK, 2004), além de responder a questionamentos de quem, como, quando, onde e por que as viagens acontecem (BTS, 2000).

Não há indicadores padronizados para avaliar o ambiente de pedestres (LTNZ, 2007), mas para estimar os níveis de viagens a pé os pesquisadores podem se utilizar de várias estratégias, como a combinação de abordagens existentes ou propostas; superposição de modelos de comportamento agregados ou não; utilização de ferramentas tecnológicas avançadas; utilização de dados existentes (censos, pesquisas domiciliares, entre outros), que podem ser facilmente levantados e analisados; e a coleta de dados mais complexos (GUIDEBOOK, 1999). A seleção da estratégia precisa ter um conjunto claro dos objetivos que se pretende alcançar, bem como da disponibilidade de dados, formas de amostragem, pré-análise e outras (CLIFTON e KRIZEK, 2004; PULUGURTHA *et al.*, 2006; LTNZ, 2007). Mais alguns pontos devem ser incluídos: como a rentabilidade; se é reproduzível facilmente e se os dados são precisos; ter um método de monitoramento eficaz, escolhido nas primeiras fases do processo; e a criação de tendências para

determinar se as facilidades oferecidas são adequadas. O tempo de duração é um fator que exige uma análise mais detalhada. Períodos longos apresentam custos elevados, mas geralmente oferecem informações mais precisas e úteis (LTNZ, 2007).

O processo de observação poderá fornecer detalhes sobre o comportamento do usuário ou as condições do ambiente e identificar as zonas de desejo. Segundo Larrañaga e Cybis (2007), pesquisas de demanda permitem identificar fatores básicos, relacionando os movimentos atuais dos pedestres para todas as viagens realizadas em um dia típico, dentro de uma área determinada. Podem fornecer dados sobre os hábitos de viagem atuais, que relacionados aos dados econômicos e de uso do solo, formam uma base para projeções futuras dos padrões de viagens. A pesquisa de origem destino com base domiciliar é outra ferramenta importante, que fornece dados sobre o volume das viagens, bem como o padrão de deslocamento da população. Outras pesquisas complementam informações sobre o ambiente construído, infraestrutura, entre outras.

A obtenção de dados consistentes caracteriza-se no grande obstáculo para a compreensão do modo a pé. Esses dados serão mais úteis se forem coletados em um formato unificado e disponibilizados prontamente (JONES e BUCKLAND, 2008), podendo ser extraídos de várias fontes de pesquisa. A seguir encontram-se detalhadas as fontes existentes, incluindo-se as principais características e limitações. As fontes primárias são classificadas pelos dados de uso, viagem, característica dos usuários, custo, características demográficas e sócio-econômicas, preferências, necessidades e atitudes, atributos dos pedestres, facilidades, dados sobre acidentes e segurança, investimentos, instalações e outras. Fontes secundárias, apesar de não serem detalhadas, também foram identificadas, incluindo resultados de pesquisas, manual de boas práticas, entre outras.

### **3.2.1. Contagens de volume**

Segundo o BTS (2000) há dados sobre o volume, indicando quantas pessoas ou veículos se utilizam do sistema e podem ser diferenciadas em função das características do usuário, hora do dia ou dia da semana. Se a amostra for suficiente poderá fornecer também a estimativa da facilidade de uso do sistema global, tempo, áreas geográficas, tipo de instalação ou usuário. As contagens, segundo o LTNZ (2007), podem ser manuais

ou automáticas e utilizar recursos (imagens de vídeo ou sensores infravermelhos) e/ou software específicos que, apesar do alto custo, fornecem dados confiáveis e de qualidade. Nas contagens manuais é possível verificar atrasos, fluxos, conflitos, formação de pelotões e preferências por rotas e equipamentos urbanos. São aplicadas, conforme o BTS (2000), na calibração dos modelos de demanda, identificação e priorização de melhorias, avaliações de nível de serviço, desenvolvimento de medidas de exposição para a análise de acidentes e tendência de utilização do modo. As informações são coletadas esporadicamente, para estudos específicos e os dados variam em qualidade. Caso seja utilizada para estimar grandes áreas geográficas, um conjunto representativo de locais deve ser incorporado a amostra.

### **3.2.2. Pesquisas com dados censitários**

São amplamente utilizadas no planejamento de transportes, mas segundo Jones e Buckland (2008) muitas vezes subestimam o número real de viagens a pé. Isto se deve a duas razões básicas: por serem mais curtas, não são contabilizadas; e devido a metodologia de coleta de dados, que exige a escolha de apenas uma modalidade de transporte (modo principal). Ao basear-se em amostras populacionais pode apresentar erros graves. Para o BTS (2000) as principais vantagens em utilizar dados do censo incluem a disponibilidade pública, a facilidade de uso e a confiabilidade, devido ao grande tamanho de amostra. Além disso, estão disponíveis dados uniformes para todo o país em um apurado nível de detalhe geográfico. Esta fonte de pesquisa encontra-se detalhada no item 4.1.2. (previsão da demanda atual/efetiva).

### **3.2.3. Pesquisas metropolitanas domiciliares de viagens**

São realizadas em grandes áreas metropolitanas. Conhecida como NHTS (*National Household Travel Survey*) fornecem dados de frequência de viagens, escolha do modo de transportes, origem e destino, dados sócioeconômicos e sobre o uso do solo (KIM, 2005). Reúnem ainda dados demográficos e geográficos, que em conjunto com os demais são utilizados para avaliar a extensão e os padrões de viagens futuras, as necessidades e os efeitos de investimento nos transportes e para melhor compreender as implicações na infraestrutura de transporte do país (JONES e BUCKLAND, 2008). Podem ser usadas também para desenvolver estatísticas descritivas sobre a viagem e as características do usuário (BTS, 2000).

Através da seleção de amostras aleatórias de domicílios são coletados dados de viagens ao longo de um ou dois dias, onde todos os tipos de deslocamentos são capturados. Características dos usuários e da família também são consideradas (BTS, 2000). No entanto, o tamanho da amostra para o modo a pé pode ser muito reduzido para produzir informações estatísticas relevantes, sendo útil somente em nível metropolitano (JONES e BUCKLAND, 2008). O BTS (2000) apresenta como limitações, a não inclusão de viagens por lazer e saúde; a possibilidade de apresentar erros graves, por basear-se em uma amostra populacional; a falta de importância das viagens curtas ou de acesso a outros modais, que muitas vezes não são consideradas; e a limitação ou não inclusão das informações do padrão de viagens realizadas por crianças.

### **3.2.4. Pesquisas de viagens individuais em nível nacional**

A NPTS (*Nationwide Personal Travel Survey*) é uma pesquisa domiciliar, administrada em nível nacional, utilizada para analisar a natureza e a quantidade de viagens individuais e a relação entre as características socioeconômicas e os padrões de viagens observados. A seleção de amostras é feita de forma aleatória e os dados são armazenados em nível agregado. Em áreas específicas são incluídas amostras adicionais, onde o NPTS é usado como um suplemento ou substituto para o NHTS. Embora a pesquisa seja representativa e a amostra seja grande o suficiente para fornecer informações significativas, sofre com as mesmas limitações que as pesquisas metropolitanas de domicílios. A pesquisa não possui nível de detalhamento satisfatório para identificação de características geográficas das viagens não motorizadas, mas o aumento da amostra acarretaria em custos elevados. Para áreas com níveis elevados de pedestres, podem ser justificadas melhorias no questionário e investimentos no treinamento dos entrevistadores (BTS, 2000).

### **3.2.5. Pesquisas locais**

Realizadas por pesquisadores de universidades, órgãos metropolitanos e municipais, dentre outros, para avaliar características pessoais e de viagem. Seu conteúdo, alcance e qualidade irão variar consideravelmente de acordo com a finalidade específica, orçamento e nível de conhecimento dos responsáveis. Não existe um esforço contínuo para identificar e difundir seus resultados, mas mesmo quando podem ser disponibilizados em uma ampla base, é importante reconhecer a situação específica e as limitações existentes

antes de sua aplicação em outras áreas (BTS, 2000). Frenkel (2008) sinaliza como potenciais melhorias para a prática da previsão de demanda, o desenvolvimento de novas tecnologias que utilizam imagens de vídeo e sensores de infravermelho; metodologias de pesquisa com o foco específico no pedestre; modificação dos questionários; utilização de tecnologias de sistemas de posicionamento global (GPS) e de transportes inteligentes (ITS). Fonte detalhada no item 4.1.2. (previsão da demanda atual/efetiva).

### **3.2.6. Pesquisas relativas a preferências, necessidades e atitudes**

Desenvolvidas a partir de dados sobre preferências, necessidades, atitudes e opinião do usuário sobre melhorias na infraestrutura (segurança, conveniência e sensações). Os dados são coletados por meio de questionários com pedestres atuais ou potenciais (BTS, 2000), visando estabelecer seu padrão de desejo (FRENKEL, 2008). Modelos quantitativos de comportamento também podem ser utilizados, sendo baseados na "preferência declarada", em que as pessoas são convidadas a escolher entre várias alternativas, ou a "preferência revelada", fundamentada nas observações do comportamento real, medido por pesquisas de viagens e contagens. O sucesso desses esforços tem sido limitado, tanto pela falta de dados, quanto por restrições identificadas nas metodologias. Até o momento nenhum esforço global tem sido realizado para comparar os dados de preferências existentes nos vários modelos ou para avaliar a sua validade no uso generalizado da previsão de demanda. As pesquisas de preferência podem, em sua maioria, ser transferidas para outras áreas, mas exigem calibração por possuírem características distintas (BTS, 2000).

### **3.2.7. Implementos de infraestrutura para pedestres**

Segundo Frenkel (2008), os dados de infraestrutura devem ser geograficamente referenciados. Para tal podem ser utilizados, tanto recursos simples como mapas, quanto *softwares* sofisticados de sistemas de informações geográficas (SIG). Este último é uma ferramenta importante para o planejamento, por permitir a identificação de deficiências e a priorização dos investimentos. Muito utilizados nos estudos de acidente e de previsão de demanda. Esta fonte está detalhada no item 4.1.2. (previsão da demanda atual/efetiva).

### 3.2.8. Pesquisa de acidentes

O termo "exposição", originário do campo da epidemiologia, é definido como a taxa de contato com um evento ou agente potencialmente nocivo, que no caso dos pedestres representa o tráfego de veículos. Verifica-se que a exposição se distingue tecnicamente do risco, pois, enquanto o primeiro é definido pela relação entre o número anual de colisões e o volume anual estimado de pedestres em um cruzamento, o segundo é considerado isoladamente (RAFORD e RAGLAND, 2003; e 2006). A elevada exposição a situações de baixo risco podem não resultar em acidentes, já a baixa exposição a situações de alto risco aumentam as probabilidades de acontecimentos danosos. Recomenda-se, portanto, considerar ambos os fatores na análise e interpretação de dados de risco para pedestres (RAFORD e RAGLAND, 2003). Segundo Diógenes (2008) a importância de se utilizar medidas de exposição ao risco na avaliação dos acidentes viários é ressaltada em diversos estudos, mas a definição dessas medidas esta vinculada a diferentes análises do risco e, às vezes, podem gerar conclusões distorcidas. Como exemplos de medidas utilizadas para representar a exposição ao risco têm-se: o volume de pedestres; o produto entre o volume veicular e de pedestres em interseções ou segmentos da via; a raiz quadrada do produto entre esses volumes; o número de vias atravessadas; o tempo total, a distância e o número das viagens; dados populacionais; e modelos microscópicos. Na Tabela 16 verificam-se as medidas de exposição ao risco, que são identificadas através do volume de pedestres.

**Tabela 16: Caracterização da medida de exposição baseada em volumes dos pedestres**

Uso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estimar o risco de atropelamento em uma dada localização (interseções, travessias em meio de quadra com ou sem faixas de travessias);</li><li>• Avaliar a mudança no risco de atropelamento após a implementação de uma medida de segurança.</li></ul>
Obtenção dos dados	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contagem manual ou automática do volume de pedestres;</li><li>• Estimativa do volume de pedestres por meio de modelos de previsão de viagens.</li></ul>
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"><li>• As contagens são relativamente simples se comparada com a coleta de dados para estimar a distância ou tempo da viagem;</li><li>• Pode ser utilizado para avaliar o risco de travessias em interseções ou meio do bloco;</li><li>• Estão associadas ao contato do pedestre com o tráfego.</li></ul>
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"><li>• Não diferencia o pedestre por velocidade da caminhada, idade ou outros fatores que podem influenciar o risco individual;</li><li>• A estimativa do volume diário e anual em uma localidade exige extensa coleta de dados.</li></ul>
Medidas comuns	<ul style="list-style-type: none"><li>• Volume médio de pedestres por dia;</li><li>• Número de pedestre por período de tempo (hora ou minutos).</li></ul>

Fonte: Diógenes (2008)



Outra forma utilizada para medir a exposição ao risco se dá através do número de viagens realizadas a pé, independentes da distância, tempo ou motivo. Os dados coletados em pesquisas amostrais com a população são úteis para avaliar a exposição dos pedestres em áreas abrangentes (bairro, cidade, estado ou país). A dificuldade está em relacionar o número de viagens com as estatísticas de atropelamentos de locais específicos (pontos de travessia). Mesmo não sendo o método mais adequado para avaliar o risco de uma determinada interseção ou segmentos da via, o número de viagens pode ser utilizado na análise do comportamento, da atividade do pedestre, e das mudanças da segurança de uma cidade ao longo do tempo. Na Tabela 17 observam-se as características das medidas de exposição fundamentadas no número de viagens.

**Tabela 17: Caracterização da medida de exposição baseada no número de viagens**

Uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar o comportamento do pedestre em áreas abrangentes, e as mudanças do comportamento ao longo do tempo;</li> <li>• Comparar o risco de atropelamento entre diferentes jurisdições;</li> <li>• Avaliar as características das viagens (propósito e rota).</li> </ul>
Obtenção dos dados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por meio de pesquisas com usuários do sistema de transporte.</li> </ul>
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apropriado para avaliar o risco agregado do sistema de transportes;</li> <li>• Relacionar as viagens a pé com o propósito da viagem;</li> </ul>
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os questionários devem ser aplicados em um grande número de pessoas, visando obter uma amostra significativa da população;</li> <li>• Não fornece informações detalhadas para avaliar o risco em locais específicos;</li> </ul> <p>As viagens dos pedestres geralmente são subestimadas nas pesquisas, principalmente as viagens não pendulares e as viagens curtas.</p>
Medidas comuns	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número médio de viagens a pé realizadas por dia, semana ou ano;</li> <li>• Proporção de viagens de um determinado propósito.</li> </ul>

Fonte: Diógenes (2008)

Raford e Ragland (2003) adotam a sintaxe espacial em estudos relacionados à exposição de risco dos pedestres. Essa ferramenta foi desenvolvida na década de 1980 pelo *University College de Londres*, sendo utilizado em uma variedade de estudos de transporte com programação de alto nível. Informações relevantes sobre o tema podem ser encontradas no item 4.3.17.

Os recursos e ferramentas utilizados para o desenvolvimento de projetos de segurança ainda são muito limitados. A precisão dos dados de exposição do pedestre é apontada como uma das menos compreendidas e mais importantes áreas de pesquisa (RAFORD e RAGLAND, 2003; 2006). Segundo Raford e Ragland (2003), o diagnóstico de exposição ao risco não corresponde à realidade, já que, apesar das cidades possuírem relatórios detalhados da quantidade e localização dos acidentes, esses dados não são relacionados com as taxas de viagens a pé (volume → expresso em unidade de pedestres por hora). Apesar disso, as cidades têm relativamente poucas estimativas precisas dos volumes, o que se reflete nas informações sobre risco real (RAFORD e RAGLAND, 2003; 2006).

Os dados coletados na pesquisa são referentes ao local do incidente, número e atributos das pessoas e veículos envolvidos; danos, lesões ou fatalidades; características do local; e fatores contribuintes. Informações sobre volumes de tráfego e velocidades também são úteis e relevantes, bem como os dados relacionados à segurança pessoal, que podem contribuir para afastar o pedestre de uma determinada área (BTS, 2000).

Segundo Diógenes (2008), alguns estudos utilizam como variável de exposição ao risco a combinação entre volume de pedestres e volume veicular, ao partir do pressuposto que não há risco de acidentes quando não há veículos envolvidos ou que o aumento das ocorrências está relacionado há um acréscimo no fluxo veicular e/ou de pedestres, independente do comportamento adotado. Diógenes (2008) sinaliza também, que períodos longos de contagem podem subestimar ou superestimar a exposição quando, em um intervalo de tempo, o fluxo de pedestres for superior ou inferior ao de veículos. Outras pesquisas incorporam como dado de exposição ao risco o tempo de caminhada e o número de travessias e relacionam o desenho urbano (tamanho de quadras, continuidade dos passeios e estacionamentos) e as viagens de pedestres em locais de uso misto de solo com densidade média (SRINIVAS *et al.*, 2006 *apud* FRENKEL, 2008). Os números absolutos não são muito significativos quando analisados isoladamente, podendo inclusive levar a um diagnóstico impreciso, mas fornecem o risco relativo quando são relacionados à taxa de volume de pedestres. Desta forma, áreas com elevados índices de acidentes e tráfego intenso de pedestres podem ser mais seguras que áreas com baixos índices de acidentes e volumes reduzidos (BTS, 2000; RAFORD e RAGLAND, 2003; 2006). Essa incoerência nos dados resulta, muitas vezes, na priorização de políticas com base na "roda sibilante" em vez de princípio na análise de

dados objetivos, onde os cruzamentos com maiores taxas de colisão são alvos de atenção especial, em vez dos que verdadeiramente expressam maior risco (RAFORD e RAGLAND, 2006). Diógenes (2008) sinaliza que a disponibilidade de dados e recursos tem influência direta na escolha da medida de exposição, impedindo, muitas vezes, a utilização do método mais adequado.

O BTS (2000) recomenda: a definição prévia das características que devem constar do registro de notificação de acidentes envolvendo pedestres; a utilização de um sistema de informação que inclua todos os dados coletados; a disponibilização dos dados de acidentes por meio da *internet*; e a análise das implicações do uso de algumas tecnologias como SIG e GPS para identificar e documentar a localização exata dos acidentes. Ressalta ainda que as quedas deveriam ser incluídas nos estudos de segurança, já que podem resultar em ferimentos e danos. Raford e Ragland (2003) chamam atenção para o fato do volume de pedestres ser distribuído de forma não linear, acarretando em um fornecimento adicional de dados interpretativos, mas com limitações analíticas. Para Diógenes (2008), a medida utilizada deve ser compatível com os equipamentos de medição e com a população existente na área geográfica selecionada. Outras informações sobre essas pesquisas podem ser encontradas no item 4.1.2. (previsão da demanda atual/efetiva).

### **3.2.9. Detector de pedestres (câmeras)**

Para Viola *et al.* (2005), o campo de análise de movimento humano é bastante amplo e o interesse nos métodos empregados para realizá-los vem aumentando, devido à sua aplicação nos projetos de fiscalização e segurança pública. O grande desafio está em reconhecer, categorizar, ou analisar o padrão de longa duração do movimento. Para isso, alguns métodos utilizam como ferramenta os detectores de pedestres. Xu *et al.* (2005), desenvolvem um método combinando detecção e rastreamento de pedestres, baseado na visão noturna, utilizando uma única câmera de vídeo instalada em veículo, visando beneficiar os pontos fortes das diferentes técnicas e superar suas limitações. Constatou-se que a visão do pedestre não é tão clara como a imagem feita durante o dia e que o pedestre pode aparecer de forma diferente, devido aos vários obstáculos, superposições e distância. Apesar desse fato, os resultados demonstraram a viabilidade da abordagem.

VIOLA *et al.* (2005) desenvolvem um sistema de detecção algoritmo, que integra informações sobre o movimento e a intensidade das informações da imagem por meio de sequências de vídeo, para construir um modelo robusto de avaliação de caminhada. Os Algoritmos de Detecção de Estilo são rápidos, efetuam uma pesquisa exaustiva sobre a imagem inteira em todas as escalas, e são programados através de grandes conjuntos de dados para alcançar altas taxas de detecção e baixo percentual de erros. Essa é a primeira abordagem que combina ambos os fatores em um único modelo e foi motivado para ser aplicável a outros objetivos. O sistema detecta pedestres mesmo com baixa qualidade de imagem, sob uma variedade de pontos de vista. O detector é treinado para tirar partido, tanto do movimento quanto dos aspectos das informações para verificar uma pessoa caminhando. Como contribuições deste sistema destacam-se: o desenvolvimento de uma representação do movimento da imagem, que é extremamente eficiente; e a implementação de um sistema de detecção de pedestres, que opera em imagens de baixa resolução e em condições difíceis (como chuva e neve).

#### **4. MODELAGENS DE PEDESTRES E ESTRATÉGIAS DE ANÁLISE**

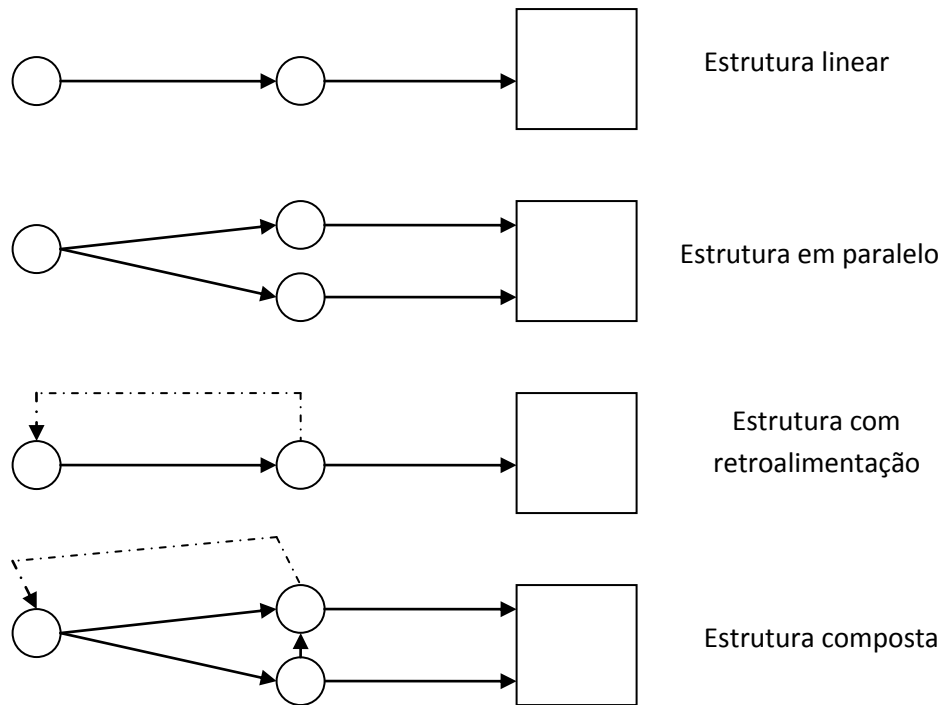
Por definição, os modelos são representações simplificadas da realidade, ou seja, de um ou mais processos que se acredita que ocorram no mundo real (CASTLE *et al.*, 2006). Eles são elaborados como uma tentativa de representar e entender um determinado fenômeno (ZAMPIERI *et al.*, 2007) e estruturados de tal forma que permitiam compreender o funcionamento total ou parcial dos acontecimentos (MATOS, 2000). Podem ser construídos através de um programa de computador que geralmente usa uma representação digital simplificada de um ou mais aspectos da vida real, transformando-os para criar uma nova representação (CASTLE *et al.*, 2006). A representação, tanto física quanto conceitual, não é uma reprodução fiel do cotidiano, mas somente uma variedade de suposições e teorias (ZAMPIERI *et al.*, 2007), que ocorre de forma simplificada, através da observação (MATOS, 2000; ZAMPIERI *et al.*, 2007; FRANKEL, 2008). O conceito de modelo refere-se a um conjunto de hipóteses, que foram estabelecidas *a priori* com base numa teoria existente ou a partir de novas proposições teóricas (MATOS, 2000). O melhor modelo é aquele que explica ou prevê os fenômenos de forma mais simples. A calibração envolve testes de adequação que vão atestar sua confiabilidade, primeiro em relação as observações e segundo para a plausibilidade das suposições e estrutura. A validação acontece através dos ajustes realizados para prever a realidade e a

verificação avalia a coerência em termos de admissão de suas premissas (BATTY e CROOKS, 2007).

Modelos podem ser estáticos, se a entrada e saída corresponde ao mesmo ponto no tempo, ou dinâmico, se a saída representa no tempo um ponto posterior à entrada (LONGLEY *et al.*, 2005 *apud* CASTLE *et al.*, 2006). Os modelos estáticos produzem indicadores que fornecem alguns prognósticos de impacto, sensibilidade, ou vulnerabilidade. Os modelos dinâmicos vão mais longe, tentando quantificar os impactos futuros e são usados para avaliar diferentes senários de gestão e desenvolvimento. O aspecto experimental talvez seja o motivo que justifique a modelagem (CASTLE *et al.*, 2006).

A modelagem de transportes também se baseia em duas suposições simples e que são muito difundidas até hoje: a primeira se relaciona a precisão e está baseada no pressuposto de que os modelos computacionais são capazes de prever, com precisão, os impactos gerados pelas mudanças propostas. Desta forma, fornecem argumentos para a implantação de medidas para melhorar o fluxo e a conectividade do sistema de transporte como um todo. A segunda está fundamentada no desenvolvimento de ferramentas de previsão, com vistas a explicar as variações relacionadas a população. O desenvolvimento de bons modelos está relacionado a previsões robustas, o que faz com que a escala não seja a ideal para o movimento de pedestres. As novas abordagens, baseadas na modelagem individual, apresentam uma nova visão da probabilidade em relação aos modelos tradicionais. Elas acreditam que a previsibilidade total é um mito, tendo em vista a complexidade e incerteza que fazem parte dos sistemas humanos. Outro ponto importante diz respeito a simplificação, que passa a ser vista como um elemento facilitador na construção e no entendimento do modelo, facilitando a correspondência entre os elementos e o meio (BATTY, 2001).

Segundo Zampieri (2006), os modelos podem ser estruturados em quatro formas distintas, conforme Figura 6.



**Figura 6: Estrutura dos modelos**

Fonte: Echenique (1976 apud ZAMPIERI, 2006)

Não há um modelo único que tenha fácil aplicação, seja preciso e possa ser amplamente utilizado (ZAMPIERI *et al.*, 2007). Criar simulações para o comportamento de quem caminha é tarefa difícil, pois conforme visto anteriormente, os pedestres contam com uma grande liberdade de circulação e um número infinito de alternativas relacionadas à localização, ao tempo e a ordem das atividades a serem realizadas (HOOGENDOORN E BOVY, 2004; BARKER, 2006). Cada indivíduo possui características únicas que o distinguem de todos os outros (ZAMPIERI, 2006), apresentando comportamentos diferentes em função de seu conhecimento do ambiente e de características pessoais. Além disso, seu processo de decisão ocorre, muitas vezes, de forma imprevisível e inconsciente, dificultando a explicação e a mensuração de seus atos (RONALD, 2007). Desta forma, torna-se um desafio compreender o que os leva a escolherem uma determinada rota em detrimento da outra (ZAMPIERI *et al.*, 2007). Grande parte do comportamento do pedestre é menos previsível do que o tráfego veicular, que sem os limites de “faixas” movimentam-se livre e vagamente. Além disso, são afetados por outros pedestres e também pelo ambiente (YANG *et al.*, 2003). De várias formas, seus movimentos são mais complexos e caóticos do que os fluxos veiculares. Corredores

destinados as viagens a pé podem ter diversas aberturas e movimentos de apoio em várias direções, as passagens não são tão reguladas como as estradas e a maioria do fluxo não é canalizado. O pedestre é livre para variar a velocidade, é capaz de ocupar qualquer parte da calçada e não é incomum para os pares ou grupos caminharem lado a lado, em aglomerados. Além disso, calçadas bidirecionais são a norma e não a exceção.

Os fatores relatados justificam uma maior dedicação no desenvolvimento de novas técnicas e modelos para compreensão do modo a pé. As previsões são necessárias para a tomada de decisões sobre a concepção das instalações, a criação de planos de gestão, entre outros (RONALD e KIRLEY, 2006). “O benefício de qualquer modelo é permitir a possibilidade de visualização dos conceitos e atributos existentes através da representação da realidade” (ZAMPIERI, 2006).

## 4.1. Tipos de modelos

Os modelos que vem sendo propostos se dividem naqueles que se preocupam com a geometria do movimento e nos que envolvem a cognição espacial. A primeira teoria está presente na maioria das tentativas de construção de modelos de simulação de movimento e na ampliação das relações entre posicionamento e movimento. A segunda, mesmo com o domínio da geografia e da psicologia comportamental espacial, não tem sido suficiente para incentivar o desenvolvimento de modelos que incorporem essas questões. Uma das mais pragmáticas, mas também completas, é a que procura relacionar fatores diferentes para volumes de circulação, englobando questões geométricas e de posicionamento (BATTY, 2001).

Segundo Batty e Torrens (2001), A construção de modelos envolve três princípios básicos:

1. Deverá envolver a definição do sistema em seu ambiente mais amplo;
2. O sistema deverá manifestar um certo equilíbrio;
3. Os elementos do sistema deverão ser uniformes e homogêneos para explicar a ordem e regularidade.

Na prática nenhuma dessas premissas são aplicadas. A falta de equilíbrio é detectada em grande parte dos modelos e, muitas vezes, toda a sua riqueza provém da

heterogeneidade. Os autores também apontam a existência de duas regras centrais para o processo de desenvolvimento de bons modelos, que são a parcimônia e a independência na validação. Dentro dessa premissa, o bom modelo é aquele que consegue explicar os fenômenos, mesmo com um número menor de construções intelectuais e podem ser testados, de tal forma, que a validação irá ocorrer em um contexto que é independente daquele para o qual foi inicialmente desenvolvido. Os dois critérios raramente são cumpridos em modelagens tradicionais, sendo este ponto que os diferencia dos modelos complexos (emergentes).

Batty e Torrens (2001) afirmam ainda que é preciso ter clareza sobre os pressupostos explícitos e implícitos e sobre o papel da previsão e da exploração. Para eles, tanto os modelos tradicionais como os complexos devem considerar no seu processo de validação a calibração e a exploração de sua estrutura.

Segundo, Zampieri (2006), de acordo com sua finalidade os modelos podem ser classificados em:

- Descritivo - com a função de explicar um fenômeno, compreendendo a estrutura do sistema.
- Explorativo - através da investigação, buscam encontrar outras possibilidades prováveis e testar se a teoria explica a realidade utilizada como comparação. Possuem capacidade de alterar seus parâmetros para testar outras possibilidades.
- Preditivo - deverá prover uma imagem futura do sistema, assumindo que há mudanças na realidade ao longo do tempo. É possível prever os acontecimentos.
- Operacional – inclusão de fatores exógenos, capazes de modificar o modelo como um todo.

A literatura apresenta várias tipificações para a modelagem de pedestres, que se encontram descritas a seguir.

#### **4.1.1. Analógicos ou digitais**

O modelo analógico é definido como um modelo em escala, ou seja, uma representação de um sistema do mundo real em que cada aspecto é retratado em miniatura. O sucesso de um modelo analógico depende do grau em que o sistema pode ser dimensionado. Já o



modelo digital ou computacional realiza todas as operações através das ferramentas de computação. Os dados são reunidos e codificados usando uma variedade de esquemas que reduzem os aspectos relevantes do mundo real, para uma seqüência de valores binários. O nível de detalhe geográfico é obtido através da resolução espacial, ou do menor elemento representado no banco de dados. Dentro de um modelo dinâmico, a resolução temporal é tão importante como a resolução espacial, uma vez que define o comprimento de cada acréscimo de tempo. O uso de uma resolução espacial e temporal apropriada para os fenômenos de interesse é essencial para qualquer modelo, pois influencia a relação entre o processo do mundo real e a representação desenvolvida no computador. A diferença que irá ocorrer poderá causar no usuário uma sensação de incerteza sobre o processo do mundo real por causa do nível de abstração do modelo (CASTLE *et al.*, 2006).

#### **4.1.2. Operacionais ou táticos**

A modelagem das viagens também pode ocorrer através de ferramentas operacionais, construídas através de simulação microscópica (ASANO *et al.*, 2010). Apresentam vantagens em sua utilização, pois estudam o comportamento e as decisões individuais (HARNEY, 2002), com uma representação detalhada do indivíduo (TEKNOMO, 2006). Além disso, ganham importância devido a avanços de técnicas computacionais (BARKER, 2006; TEKNOMO, 2006). Sob a forma de modelos multiagentes ainda oferecem uma nova abordagem para simular a interação do movimento da população, que não poderia ser realizada pelo método tradicional. (TEKNOMO, 2006). Uma metodologia emergente que vem sendo direcionada para compor esse tipo de simulação é o *Cellular Automata*. Também são comuns o uso de modelos de influência comportamental. As ferramentas táticas são desenvolvidas com simulação macroscópica (ASANO *et al.*, 2010) e incidem sobre o sistema como um todo (HARNEY, 2002), considerando multidões. Estão presentes, segundo Teknomo (2006), na maioria dos estudos tradicionais relacionados a infraestrutura do pedestre. Para Asano *et al.* (2010), esses modelos matemáticos são formulados com a densidade, velocidade e outros. A simulação macroscópica tem sido difícil de desenvolver em função das limitações críticas dos programas de computador e da falta de habilidade dos *softwares* em reproduzir de forma precisa o comportamento individual, apesar dos avanços da programação orientada (BARKER, 2006). As técnicas macroscópicas utilizam a regressão, a sintaxe espacial e os modelos de simulação

(HARNEY, 2002). Algumas abordagens se utilizam dessas duas técnicas como forma de produzir modelos mais complexos e eficientes, buscando superar grande parte das limitações.

Observa-se, segundo Zampieri *et al.* (2007) que os modelos com potencial para obterem resultados mais precisos, possuem metodologia mais complexa, de difícil aplicação. Já os de fácil implementação e processamento não apresentam alta correlação no fluxo de pedestres. As dificuldades identificadas são:

- Faltam instrumentos que possam reproduzir as alterações de fluxo decorrentes de mudanças no ambiente urbano e possam ser validadas através de dados reais;
- A grande variedade de modelos e o uso de teorias e abordagens diversas dificultam uma comparação eficiente entre eles;
- A adaptação da teoria ao modelo matemático produz grandes limitações e demora na calibração;
- Muitos modelos baseiam-se em teorias não aplicáveis ao planejamento urbano.

Desta forma, Zampieri (2006) ressalta a necessidade de desenvolver propostas, de fácil aplicação, que demonstrem a influência do ambiente urbano no fluxo de pedestres.

### **4.1.3. Agregados ou individuais**

A modelagem de qualquer sistema deve ocorrer com base em um conjunto de regras sobre o comportamento dos elementos que o compõe. A análise da multidão pode se basear no comportamento de cada indivíduo, o que poderá não ser prático ou útil, dependendo do tamanho da multidão ou finalidade do modelo. Como alternativa é proposto que os elementos individuais sejam agregados, dando origem a grupos maiores (CASTLE *et al.*, 2006). Os níveis agregados se utilizam da relação existente entre as características de uma área (população, emprego ou renda média) e as viagens realizadas (número médio por domicílio), além das instalações (pavimento, largura e tipo de calçada) e do entorno (densidade populacional, número de estudantes), visando prever o número de pessoas que utilizam a instalação. Com dados disponíveis, os níveis agregados têm menor custo de implantação e são mais fáceis de aplicar, por contar com dados disponíveis e métodos computacionais. Além disso, podem ser úteis para esboçar propostas. Os níveis individuais desenvolvem uma relação entre as características do

indivíduo (idade, sexo, atitudes, crenças) e as opções de viagens disponíveis (tempo, custo, conforto de modos concorrentes) e, por apresentarem maior complexidade e necessidade de coleta de dados específicos, são mais onerosos e de difícil aplicação. Esta última categoria é, segundo o Guidebook (1999), mais adequada e eficaz na previsão das mudanças do comportamento, pois considera as decisões de cada indivíduo em vez de fazer generalizações com base em dados abrangentes e representativos da população como um todo. Independentemente de saber se os modelos são desenvolvidos em nível agregado ou não, é importante lembrar que a tomada de decisão, em última análise, ocorre em nível individual e que os resultados obtidos no procedimento de previsão devem chegar o mais próximo possível da realidade (GUIDEBOOK, 1999).

## **4.2. Modelagens relacionadas ao modo a pé**

Os modelos podem auxiliar no planejamento urbano e regional e devem considerar as necessidades do pedestre e suas relações sociais. Ao longo dos últimos anos, muitos modelos têm sido desenvolvidos com o objetivo de estimar e analisar as viagens a pé. Isto se deve a necessidade de compreender como as pessoas se movimentam no espaço urbano. Os modelos podem atender a uma série de aplicações, sendo uma importante ferramenta para: medir o acesso, eficiência e segurança; destinação de recursos; implantação de infraestrutura; otimização das propostas e planejamento das cidades. Segundo Harney (2002), o efeito das mudanças do ambiente e da rede de transportes pode ser determinado através da previsão de fluxos. A primeira modelagem relacionada ao pedestre foi desenvolvida no estudo de Fruin em 1971, seguida primeiro pelo HCM no ano de 1985 e após por Khisty em 1994. Os dois últimos sugerem métodos qualitativos para a análise dos passeios (ZAMPIERI, 2006). Os modelos podem conter, tanto equações matemáticas simples, quanto métodos complexos (RONALD, 2007), mas os níveis de incerteza refletem a aleatoriedade da experiência, já que a escolha das rotas e atividades, muitas vezes ocorre de forma inconsciente (HOOGENDOORN E BOVY, 2004).

O uso de modelos tradicionais em planejamento de transporte urbano, segundo Kim (2005), permite verificar o percentual de viagens selecionadas para cada modo de transporte e já perdura por três décadas. O método recebe críticas que vão desde questões técnicas a concepções ideológicas, mas continua sendo amplamente utilizado

devido ao seu potencial para integrar os modos não motorizados ao trânsito (GUIDEBOOK, 1999), sendo esta a maior importância atribuída a ele. Já os modelos que simulam o fluxo de pedestres são utilizados, dentre outros motivos, para investigar a relação entre as pessoas e o meio onde vivem (ZAMPIERI, 2006). Para modelar esses fluxos é necessário compreender a escolha das rotas e o comportamento adotado durante as viagens (HOOGENDOORN E BOVY, 2004; ANTONINI *et al.*, 2006; ZAMPIERI *et al.*, 2007; FRENKEL, 2008). Uma das etapas do processo consiste na identificação das variáveis de influência, identificadas por Frenkel (2008) como:

- Modo de chegada ou saída do nó – transporte público, táxi, automóvel ou modo a pé;
- Variáveis pessoais – tempo disponível, habilidade, fadiga, deficiência, conforto, preparo físico;
- Proposição da viagem – trabalho, negócios, compras, lazer, educação, encontros, exercícios, entre outros;
- Rotas – de pavimento, sinalização, proteção às intempéries e sombreamento, interesses, ambiência, entre outros;
- Carregamento do uso do solo - escritórios, residências, indústrias, lojas, escolas, cinemas, órgãos públicos, entre outros.

A seguir encontram-se uma revisão dos modelos atuais, agregadas em função de suas características. O processo se inicia com o modelo “tradicional” denominado quatro etapas, que permite verificar o percentual de viagens selecionadas em cada modo de transporte.

#### **4.2.1. Processo de planejamento do transporte urbano (Modelo de 4 etapas)**

A estimativa e análise da demanda por transporte urbano tem se utilizado de procedimentos técnicos que integram o *Urban Transportation Planning Process* – UTPP, seguindo quatro etapas sequenciais. O sistema foi implementado inicialmente em 1950 para aplicação em um amplo programa de construção rodoviária desenvolvido nos Estados Unidos e como apoio a políticas de uso do automóvel (GUIDEBOOK, 1999; VASCONCELLOS, 2000). O processo passou por uma série de mudanças e atualmente é aplicado a áreas urbanas em todo o mundo, inclusive nos países em desenvolvimento,

apoiando decisões de investimentos em transportes que afetam a vida de grande parte da população (VASCONCELLOS, 2000).

O UTPP utiliza princípios técnicos e econômicos (KNEIB, 2004) e integra vários aspectos do comportamento (informações espaciais, entre outros), visando prever as modificações nos padrões de viagens influenciadas pelo uso do solo e pelo sistema de transportes (GUIDEBOOK, 1999). Sua base é a representação discreta do espaço contínuo, com a divisão da área urbana em zonas de análise de tráfego (*traffic analysis zones*), que podem corresponder a setores censitários, bem como a definição de uma rede de transporte ligando essas zonas (GUIDEBOOK, 1999; PAIVA, 2009). A rede é descrita pelo tempo e custo da viagem para cada modalidade, entre cada par de zonas. As propostas futuras devem projetar valores de variáveis relevantes para o processo, incluindo-se a rede de transportes, os índices de motorização, a previsão da população, a renda e as características do emprego por zona.

### **Etapas do modelo**

Verificam-se a seguir os quatro passos do processo utilizado para a previsão de viagem:

1. Geração de viagens → Previsão das viagens totais geradas, com origem e destino em cada zona (GUIDEBOOK, 1999). “A Geração de Viagens é estimada de modo agregado (função das características das zonas), ou desagregado (função das características dos domicílios), através de relações funcionais (usualmente obtidas por regressão linear) ou uso de taxas médias de viagens por indivíduo ou domicílio de cada grupo (no procedimento chamado de análise de categorias). São determinadas relações distintas para produção e atração de viagens, eventualmente desagregadas por motivo de viagem” (PAIVA, 2009).
2. Distribuição de viagens → Realizada após a geração de viagens é a etapa em que se investiga a atração entre as zonas estudadas (VASCONCELLOS, 2000). A distribuição ocorre entre pares de zonas, geralmente baseados em um modelo gravitacional que distribui viagens em proporção inversa à distância entre zonas (GUIDEBOOK, 1999). Para Paiva (2009), esses modelos também se fundamentam na suposição de que as viagens entre zonas são diretamente proporcionais à geração de viagem das zonas (respectivamente produção e atração) e inversamente proporcionais a uma função de separação espacial entre elas (impedância, relacionada com o custo generalizado da viagem). Nesta etapa

é possível identificar os movimentos e estabelecer a frequência das viagens realizadas entre as zonas (MELLO, 1975 *apud* KNEIB, 2004).

3. Divisão modal → Ocorre após a distribuição de viagens e estuda a relação entre a escolha do modo e as características socioeconômicas das pessoas (VASCONCELLOS, 2000). Consiste na divisão proporcional do total de viagens entre os diferentes modos de transporte disponíveis nas zonas de origem e destino (GUIDEBOOK, 1999; KNEIB, 2004; PAIVA, 2009), com base em características relativas (geralmente tempo e custo) dos modos (GUIDEBOOK, 1999). Nesta etapa, normalmente são utilizados modelos de escolha discreta, com estrutura simples ou hierárquica. Em alguns casos, a ordem das etapas de distribuição de viagens e divisão modal é invertida (PAIVA, 2009).
4. Alocação de tráfego → Última etapa na modelagem clássica, investiga os caminhos escolhidos pelas pessoas para a realização do deslocamento através de um modo de transporte (KNEIB, 2004). As viagens são atribuídas a ligações específicas na rede de transporte, geralmente com base no caminho mais curto (menor tempo) entre duas zonas (GUIDEBOOK, 1999). O método de alocação mais simples é o tudo ou nada, mas também existem métodos com rotas múltiplas. Esta etapa pode ser feita em uma rede multimodal, permitindo suprimir a terceira etapa do processo, ao admitir que os princípios de escolha entre modos são similares aos de escolha entre rotas (PAIVA, 2009).

O UTPP é feito para a situação presente e para situações futuras hipotéticas, onde as variáveis mais relevantes (renda, índice de motorização, escolaridade, população, empregos) são projetadas (VASCONCELLOS, 2000). Quando há congestionamentos nesse tipo de modelagem, as etapas anteriores à alocação de viagens ficam dependentes do sistema viário e a alocação é feita por equilíbrio (restrição da capacidade), através do método de aproximação linear e procedimentos heurísticos (PAIVA, 2009). O processo de planejamento, em suas diferentes etapas, pode agregar ou desagregar modelos de comportamento, que são modificados muitas vezes para incorporar fatores adicionais. Em casos de congestionamento, por exemplo, influenciam a geração de viagem, a escolha do modo ou as variações de viagens por hora do dia (GUIDEBOOK, 1999).

## Enfoque crítico do UTPP

Os processos que tentam reproduzir a realidade sofrem com imprecisões e erros. Este é o caso do planejamento tradicional, que recebe crítica de alguns autores, conforme Tabela 18.

**Tabela 18: Resumo das principais críticas ao planejamento tradicional**

Fonte	Críticas
Hutchinson (1979)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exigência de especificação completa de atividades de uso do solo (cenário) para o ano em estudo;</li> <li>• Necessidade de integração com modelos de uso do solo.</li> </ul>
Marshment (2000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos incapazes de analisar políticas urbanas;</li> <li>• Não estimam demandas latente e induzida nem impactos intermodais;</li> <li>• Não estimam mudanças que o transporte causa no uso do solo e vice-versa;</li> <li>• Necessidade de integração dos modelos de transportes com os modelos de uso do solo.</li> </ul>
Vasconcellos (2000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Crítica Técnica:</b> A abrangência do processo é limitada; há problemas de previsão do comportamento de variáveis; os princípios metodológicos dos modelos podem ser falhos; a natureza sequencial das quatro etapas é muito rígida, podendo não representar o comportamento dos usuários; não faz abordagem compreensiva; falta enfoque interdisciplinar e explicação comportamental unificadora da demanda; os pressupostos não são oriundos do transporte; apresenta erro nos dados utilizados e alguns pressupostos são discutíveis; negligencia os impactos sociais e ambientais; dificuldade de estimar o tráfego estimado e gerado; <i>Geração de viagens</i> - não permite que o transporte existente afete a demanda; os modelos tendem a enfatizar a relação entre renda e mobilidade; <i>Distribuição de viagens</i> - não considera processos complexos de decisão do usuário; o modelo é afetado pela segregação residencial e existência de mercado informal; <i>Escolha modal</i> - não considera inconsistências e variações aleatórias no comportamento dos usuários ao decidir suas preferências; <i>Atribuição das viagens</i> - baseia-se apenas no tempo de percurso;</li> <li>• <b>Crítica Política:</b> Pouca possibilidade de participação da comunidade; relação entre técnicos e políticos no processo decisório.</li> <li>• <b>Crítica Estratégica:</b> Reprodução das condições atuais no futuro; falta de estratégias para o financiamento da infraestrutura de transportes e o acompanhamento de sua implementação;</li> <li>• <b>Crítica Ideológica:</b> Modelos elaborados em um ambiente específico, com valores, percepções e tecnologias próprias, mas transferidos para outros países com limitações conceituais; favorecem o automóvel; aparecem como “neutros” e direcionados para o “interesse de todos”.</li> <li>• O processo é desenvolvido em uma arena fechada e fornece suporte técnico necessário para justificar decisões políticas já tomadas.</li> </ul>

Fonte	Críticas
Kneib (2004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O modelo trabalha apenas com <i>cenários estáticos</i> de uso do solo;</li> <li>• O modelo não considera as alterações que o sistema de transporte causa nos padrões de uso e ocupação do solo e vice-versa.</li> <li>• Verifica-se também que as alterações, a longo prazo, podem gerar um número adicional de viagens bastante significativo, prejudicando a modelagem na etapa de geração de viagens.</li> </ul>

Fonte: Vasconcellos (2000); Kneib (2004)

Vasconcellos (2000) salienta que o processo de planejamento nos países em desenvolvimento é altamente especulativo, apresentando problemas relevantes que não devem ser ignorados. Desta forma recebem outros tipos de críticas, conforme Tabela 19.

**Tabela 19: Problemas e consequências negativas principais do planejamento de transporte tradicional nos países em desenvolvimento**

Área	Fator	Consequência
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de dados confiáveis</li> <li>• Instabilidade social e econômica</li> <li>• Padrões complexos de transporte</li> <li>• Maioria das pessoas sem escolha</li> <li>• Várias imperfeições de mercado</li> <li>• Não trata transporte não motorizado</li> <li>• Não trata transporte por ônibus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erros graves de previsão</li> <li>• Resultados absurdos nas previsões</li> <li>• Análise deficiente da demanda</li> <li>• Uso limitado da análise de escolha modal</li> <li>• Irrealismo dos pressupostos</li> <li>• Modos essenciais negligenciados</li> </ul>
Estratégica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de técnicos treinados</li> <li>• Ambiente político instável</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelagem em “caixa preta”</li> <li>• Impossibilidade de trabalho continuado</li> <li>• Propostas irrealistas</li> </ul>
Política	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fechamento do sistema político</li> <li>• Diferenças sociais e econômicas</li> <li>• Influência privilegiada da classe média</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decisões distorcidas</li> <li>• Espaço para <i>lobby</i> tecnológico</li> <li>• Negligência do transporte público e do transporte não motorizado</li> <li>• Apoio indevido ao transporte individual</li> </ul>
Ideológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ideologia da mobilidade como progresso</li> <li>• Ideologia dos modelos como “neutros”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Negligência do TNM e do transporte público / Apoio ao automóvel</li> <li>• Apoio ao automóvel / Negligência das externalidades</li> </ul>
Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande diferença nos salários</li> <li>• Valor desconhecido das externalidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação distorcida</li> <li>• Avaliação irrealista</li> </ul>

Fonte: Vasconcellos (2000)



## 4.2.2. Modelos de simulação

São baseados na escolha de rotas mínimas e capazes de apresentar informações detalhadas sobre os movimentos dos pedestres. Também atendem a vários campos de estudo e uma maior variedade de situações (HARNEY, 2002). Possuem alta acuidade quando utilizados em situações de confinamento ou emergência, mas necessitam de softwares especializados e grande quantidade de dados (GREENE-ROESEL *et al.*, 2007). Apesar de esses dois fatores limitarem a escolha por esse tipo de modelo, são eles que respondem pelo aumento da precisão. Em vez de basear-se em suposições rigorosas e teorias complexas, incorpora uma série de regras de simulação de movimento, o que amplia o potencial para superar as limitações de outras técnicas de modelagem como as de Markov, regressão e interações espaciais (HARNEY, 2002). O estudo de Borgers e Timmermans (1986) é um bom exemplo da aplicação dessa técnica de modelagem. Dentre os modelos de simulação existentes Zampieri (2006) destaca:

Pertence a uma área de investigação da econometria aplicada que tenta simular o comportamento dos indivíduos ao longo do tempo (WIKIPÉDIA, 2010d). Além de ser usado em previsões de curto prazo para desenvolver novos sistemas e otimizar sua eficácia, pode fornecer uma visão real das propostas a serem implementadas, demonstrando possíveis impactos que possam ocorrer (DRFOX, 2010). Os modelos de microsimulação podem ser estáticos, quando um comportamento constante é assumido, ou dinâmicos, quando o comportamento se modifica ao longo do tempo (WIKIPÉDIA, 2010d).

É a única ferramenta de modelagem disponível com a capacidade de examinar certos problemas complexos de tráfego, proporcionando uma melhor e mais pura representação do comportamento e do desempenho real da rede. Torna-se essencial no processo de estudo, por reproduzir o comportamento a nível individual (DRFOX, 2010), avaliando os deslocamentos em relação a utilização do espaço, nível de serviço, densidade e outros (WIKIPÉDIA, 2010d). Possui um formato compreensível, tanto para leigos quanto para profissionais, auxiliando em uma maior aceitação de estratégias complexas (DRFOX, 2010). Essa técnica de modelagem tem combinado componentes de tráfego e pedestres

para criar um sistema mais completo, utilizando-se também de recursos de 3D para ampliar a visualização dos impactos do esquema proposto (WIKIPÉDIA, 2010d).

### **Modelos de espera/fila (*queueing models*)**

Utilizam cadeia de Markov em sua base lógica, descrevendo como o pedestre se move de um nó da rede para o outro. Tempos de espera aleatórios são atribuídos a cada um dos nós, dependendo da demanda e da interface entre os espaços. Esses modelos vêm sendo utilizados principalmente para descrever o comportamento de pedestres em caso de evacuação de edifícios, mas também para espaços públicos e *shopping centers*. (HOOGENDOORN E BOVY, 2004; ZAMPIERI, 2006). O principal pressuposto teórico é que os pedestres fazem uma escolha subjetiva racional entre as alternativas. Nas abordagens são utilizados métodos de Escolha Discreta, com dados de base domiciliar diária, e Sintaxe Espacial. Além disso, é calibrado usando dados de fluxo de pedestres. Como exemplo tem-se o estudo de Hoogendoorn e Bovy (2004) e Løvås (1994).

### **Modelos de matriz de transição (*transition matrix model*)**

Semelhante ao modelo anterior tem a rede de acessibilidade do pedestre representada por ligações e nós. Parte-se da afirmação de que o pedestre sempre optará pela menor distância. (ZAMPIERI, 2006). Os estudos de Helbing *et al.* (2001) e Kurose e Hagishima (1995) são exemplos desse modelo.

### **Modelos estocásticos (*stochastic model*)**

Reproduzem, através de fórmulas matemáticas, os padrões microespaciais dos grupos de pedestres. De tão complicada, a equação é tida como impossível de se resolver analiticamente e mesmo com o auxílio de um computador é considerada de difícil resolução. A compreensão só é facilitada quando há analogia entre o fluxo de pedestres e fenômenos físicos (ZAMPIERI, 2006). Na teoria da escolha discreta estocástica, a aleatoriedade reflete tanto o fato de que as pessoas nem sempre fazem as mesmas escolhas mesmo sob as mesmas circunstâncias, quanto falta no pesquisador um conhecimento mais preciso sobre os processos individuais de decisão (HOOGENDOORN E BOVY, 2004). O modelo estocástico que representou um grande avanço para os estudos que utilizam modelos de espera é o de Ashford (1976), que abrange espaços destinados ao pedestre interligados entre si, que simulam a variabilidade na escolha de rotas (ZAMPIERI, 2006). Para Papadimitriou *et al.* (2009), essa abordagem tem um

resultado significativo quando trata da circulação de pedestres em áreas de compras ou propícias ao fluxo de multidões.

### **Modelo de escolha de rotas (*route choice model*)**

Prever a rota escolhida, no contexto de simulação, é uma tarefa complicada, já que o pedestre pode mudar rapidamente em função do ambiente ou de uma série de outros fatores (ANTONINI *et al.*, 2006). Hoogendoorn e Bovy (2002) assumem, em seu estudo, o princípio de que o indivíduo escolhe seu destino com base nas atividades que quer realizar. É dessa forma que a seleção do destino se torna um problema da atividade de planejamento e programação, bem como a escolha da área de atuação. Assume para o pedestre a escolha da melhor rota de deslocamento. O processo é feito através de técnicas de escolha discreta. O pressuposto teórico principal é de que os pedestres fazem uma escolha racional, ou seja, ao descrever o comportamento do pedestre este modelo demonstra a opção por rotas que se apresentam livres de obstáculos ou com menor grau de dificuldade. Em alguns modelos o número de opções considerado é finito, comprometendo sua eficácia, já que na vida real o pedestre possui inúmeras (e de fato, não contáveis) alternativas de rotas (HOOGENDOORN E BOVY, 2005).

Os modelos descritos encontram-se parcialmente relacionados entre si e são utilizados para descrever o comportamento de pedestres em situações como saídas de incêndio, evacuação em caso de emergência, dentre outros. Nenhum deles considera os efeitos da auto organização de grupos de pedestres (ZAMPIERI *et al.*, 2007).

No modelo de Hoogendoorn e Bovy (2005), bem como o de Abdelghany e Mahmassani (2003), o pedestre escolhe sua rota, as atividades que serão realizadas, as áreas onde estão localizadas essas atividades e o horário de execução. Os pedestres, buscando a otimização de suas decisões, consideram as limitações de sua agenda de atividades e os riscos envolvidos em suas escolhas, tendo em vista as condições de tráfego esperado. A incerteza pode, contudo, afetar as decisões do pedestre. Supõe-se que eles prevejam os resultados esperados e é certo que esteja consciente do risco.

A escolha da trajetória é determinada por uma série de fatores, tais como:

1. Restrições temporais e espaciais, ambas atividades obrigatórias e discricionárias (partida de um trem ou um avião, a localização dos postos de venda);

2. Presença de obstruções físicas e infraestruturas especiais para pedestres (degraus, escadas rolantes, entre outros);
3. Limitações físicas, preferências do pedestre e objetivo da viagem.

A escolha da área de destino está incluída na modelagem pela determinação do tempo dependente e dispêndio na chegada do destino específico. Além disso, as sanções por não cumprimento de uma atividade planejada são introduzidas na estrutura de modelagem, podendo ser descritas como relativamente moderada (no caso de atividades não prioritárias) ou muito alta (no caso de atividades obrigatórias). O efeito da infraestrutura especial de caminhada na escolha rota será modelado por mudanças no tempo de viagem; mudanças no gasto de energia; e infra- aplicações do modelo são múltiplas, servindo para: modelar as escolhas do pedestre (modelo de micro simulação NOMAD, desenvolvido por Hoogendoorn e Bovy (2002); prever a escolha de rota em instalações, tais como estações de transbordo e shopping centers; e prever os fluxos de pedestres. Os dados são valiosos para revelar gargalos no desenho da infra-estrutura, prever a transferência de tempos médios (o tempo de caminhada para os locais de destino, tendo em conta a evolução das condições de tráfego), ou a localização ideal de um quiosque. Desta forma, o projeto de alocação da infra-estrutura, horários, etc., pode ser otimizado. As incertezas relativas à previsibilidade das condições futuras estão estrutura específica constante.

Ao assumir que os pedestres baseiam suas decisões avaliando os custos subjetivos, a especificação desses custos se torna uma questão de grande importante. Os custos de funcionamento descrevem o custo ao longo da sub trajetória. Já os custos terminais dizem respeito aos custos ou benefícios que são incorridos na espera ou na realização de uma atividade. Os fatores que interferem no custo da sub trajetória encontram-se descritos abaixo:

1. Distância ou tempo de viagem entre origem e destino;
2. Desconforto de andar muito perto dos obstáculos;
3. Gasto de energia, devido ao caminhar a certa velocidade durante um determinado período de tempo;
4. Número esperado de interações com outros pedestres (nível de serviço);
5. Simulação do ambiente, e da capacidade de atração (vitrines, abrigo em caso de más condições climáticas, infra-estrutura especial).

Os estudos empíricos mostram que esses fatores são mutuamente dependentes, enquanto a escolha de sua importância na rota varia entre diferentes grupos de pedestres, dependendo da finalidade de suas viagens, da pressão do tempo, de características físicas, etc. Além de escolher a menor rota, os pedestres também podem influenciar o seu tempo de viagem, aumentando sua velocidade de caminhada.

Ao contrário das abordagens baseadas em rede, as rotas são contínuas no tempo e no espaço. As incluídas para assumir que as previsões de rotas são realizações de processos aleatórios. A aplicação prática dos modelos requer calibração e validação. Isso pode ser feito considerando-se estudos empíricos anteriores, mostrando a relativa importância dos diferentes atributos da rota para vários propósitos de viagem e, posteriormente, a estimativa do peso relevante. Dado o fato de que a distância (do tempo de viagem) é o mais importante atributo da rota, a calibração do modelo é relativamente simples, pelo menos por grupos distintos de pedestres. Para operacionalizar a teoria, as diferentes técnicas matemáticas de controle ótimo estocástico foram aplicadas com êxito. Os diferentes conceitos foram ilustrados através de exemplos.

Segundo Antonini *et al.* (2006), a escolha de rotas é tratada por Borges e Timmermans (1986) como problema de maximização da utilidade e por Hoogendoorn e Bovy (2002) como problema no nível tático de seu modelo hierárquico.

### **4.2.3. Modelos de base física**

Elaborados através da analogia aos fenômenos físicos de alguns gases e fluídos (ANTONINI *et al.*, 2006; ZAMPIERI, 2006; FRENKEL, 2008), foi utilizado primeiramente em modelagem de fluxo de tráfego veicular (ZAMPIERI, 2006). É uma importante ferramenta na interpretação do comportamento humano quanto a sua dinâmica de movimento, mas devido a suas formulações complicadas, a metodologia tem difícil aplicação, uso limitado e muitas vezes economicamente inviável, além de não considerar as características físicas e comportamentais específicas dos pedestres. Pode ser aplicado em locais de média e alta densidade, em estudos que lidam com a relação entre velocidade e densidade (ANTONINI *et al.*, 2006; ZAMPIERI, 2006; FRENKEL, 2008). Sua aplicação permite constatar as intenções do pedestre em caminhar a uma velocidade

constante para chegar ao seu destino e as interações existentes. Para uma maior eficácia esses modelos devem sofrer correções e calibrações, considerando os aspectos únicos encontrados no fluxo de pedestres (ZAMPIERI, 2006). Os estudos de Helbing (1991; 1992a; 1992b) e Helbing *et al.* (2001) fornecem informações importantes sobre essa abordagem.

#### **4.2.4. Modelos de nível de serviço**

O estímulo ao modo a pé, além de criar a necessidade de compreender as variáveis do ambiente e sua influência no comportamento do pedestre, foi fundamental para o desenvolvimento de um modelo de base estatística capaz de identificar esses fatores por meio de correlação linear (ZAMPIERI, 2006). Os modelos de nível de serviço avaliam a qualidade das calçadas e travessias de acordo com a percepção dos pedestres e permitem a elaboração de projetos que possam suprir as necessidades de todos, inclusive aqueles com menores habilidades ou portadores de necessidades especiais. (ZAMPIERI *et al.*, 2007; FRENKEL, 2008). Como exemplo tem-se os estudos de Khisty (1994); Dixon (1996); Araujo *et al.* (2000); Ferreira e Sanches (2001); Landis *et al.* (2001).

#### **4.2.5. Modelos configuracionais**

Desenvolvido inicialmente para medir as relações entre a sociedade e os padrões espaciais de assentamentos humanos, esse modelo considera que o fluxo de pedestres não é resultado das características da cidade, mas sim das atividades sociais. Desta forma, o movimento de pedestres pode ser fundamental para entender a lógica morfológica que nasce do desenho urbano. Para atender a essa demanda criou-se, através do método da sintaxe espacial, uma base computacional capaz de explicar o comportamento humano, apoiada em estudos dos padrões encontrados na configuração urbana. A maior vantagem encontrada no uso desse método é a simplicidade em aplicá-lo, além de fornecer bases para estudos mais amplos. Verificou-se, através de diversos estudos, que quanto maior a correlação existente entre as variáveis sintáticas e o fluxo de pedestres, maior a correlação e melhor o desempenho (ZAMPIERI, 2006; ZAMPIERI *et al.*, 2007).

### **4.2.6. Modelos Multiagentes**

Técnica que aborda o sistema de inteligência artificial em rede, tendo como foco os agentes autônomos (WIKIPÉDIA, 2010f). O termo autônomo diz respeito ao fato dos agentes terem uma existência própria, com um conjunto de capacidades comportamentais que definem sua competência, um conjunto de objetivos, e a autonomia necessária para utilizar suas capacidades comportamentais a fim de alcançar seus objetivos, ou seja, um agente é uma entidade computacional real ou abstrata, com um comportamento autônomo que lhe permite decidir suas próprias ações. Estas são determinadas considerando-se as mudanças do ambiente e o desejo de alcançar os objetivos (WIKIPÉDIA, 2010f)

Essa técnica apresenta uma abordagem nova, através de uma simulação individual. Apesar de ter surgido na década de 70, apenas há pouco tempo atingiu seu potencial de aplicação (ZAMPIERI, 2006). Além de estar baseada em classes de pedestres (FRENKEL, 2008), enfatizando a influência no comportamento, ressalta a interação entre pessoas (ZAMPIERI, 2006). Sua premissa é de que um comportamento global inteligente possa ser alcançado a partir do comportamento individual, sem que para isso o agente seja individualmente inteligente (WIKIPÉDIA, 2010f). A construção desses modelos obedecerá a dois enfoques diferentes: formal ou clássico, que consiste em dotar os agentes da maior inteligência possível utilizando descrições formais do problema a ser resolvido; e enfoque construtivista ou comportamento emergente, onde o próprio sistema gera um comportamento inteligente, através de mecanismos de interação habilmente desenvolvidos (WIKIPÉDIA, 2010f).

Esses modelos também sofrem críticas, já que apresentam dificuldade na validação dos resultados obtidos através da comparação com a realidade (ZAMPIERI *et al.*, 2007; FRENKEL, 2008).

### **4.3. Técnicas de modelagem**

Novas técnicas de modelagem mais atuais foram surgindo com o passar do tempo, reunindo métodos mais consistentes e metodologias emergentes. Ferramentas computacionais mais potentes, que incorporam gráficos, aplicativos e *software* especializados, também fazem parte dos avanços tecnológicos. Segundo Helbing *et al.*

(2001), as simulações de computador são uma ferramenta valiosa para o desenvolvimento otimizado de instalações e sistema de vias de pedestres. Neste sentido, os métodos quantitativos e qualitativos servem de apoio para a priorização e análise dos projetos.

Alguns estudos traçam um panorama das técnicas de modelagem utilizadas na construção dos modelos para pedestres, comparando o desempenho e os fundamentos teóricos de cada um (BATTY, 2001; HARNEY, 2002). Como exemplo de modelos clássicos têm-se: modelos de regressão; interação espacial; modelos de Markov; dentre outro. Para os emergentes destacam-se: *Cellular Automata*; análise do gráfico de visibilidade; e modelos baseados em agentes.

### **4.3.1. Modelos de regressão**

Através da análise de dados amostrais, investiga se e como duas ou mais variáveis estão relacionadas (USP, 2010a). A técnica estatística de regressão permite explorar e inferir a relação de uma variável aleatória dependente ( $y$ ) ou variável resposta com uma ou mais variáveis independentes específicas ( $x$ ) ou variáveis explanatórias (denominada “fator de risco”), onde a relação é representada por uma equação matemática. Sua análise pode ser usada como um método descritivo da análise de dados sem serem necessárias quaisquer suposições acerca dos processos que permitiram gerar as informações (WIKIPÉDIA, 2010a). Essa técnica é uma das mais usadas na análise de dados (BARROS *et al.*, 2008).

Segundo o EFMA (2010), a regressão é usada com duas finalidades básicas: prever o valor de uma variável em função do valor de outra e estimar o quanto uma variável influencia ou modifica outra. Desta forma, na regressão pressupõe-se alguma relação de causa e efeito, de explanação do comportamento entre as variáveis, além da predição de valores futuros de uma variável, ou a estimação de valores de uma variável, com base em valores conhecidos da outra. Os dados provêm de observações de variáveis emparelhadas (USP, 2010a). O uso da regressão, segundo EFMA (2010), também permite verificar qual o percentual de variação de  $y$  explicado pela variação de  $x$  e para Barros *et al.* (2008), permite estimar os parâmetros desconhecidos do modelo.



Segundo Schneider *et. al.* (2008), vários modelos de pedestres foram desenvolvidos utilizando técnicas de modelagem de regressão. Eles incluem a conectividade, visibilidade, assimetria e outros. De acordo com o EFMA (2010), os modelos de regressão podem ser simples, quando há uma variável resposta  $y$  e uma variável explanatória  $x$ , ou múltiplos, quando há uma variável resposta  $y$  e mais de uma variável explanatória,  $x_1, x_2, x_3...$  (EFMA, 2010). Helbing *et al.* (2001) afirma que criar diretrizes de planejamento utilizando métodos de regressão não é muito apropriado, pois eles tem pouca capacidade de correlação em ambientes que possuam características diferenciadas para a modelagem de fluxo de pedestres. Segundo Harney (2002), são usados para fornecer uma descrição razoável do número de pedestres, mas possuem limitações graves.

### **Regressão estatística simples ou Regressão linear simples**

O método é usualmente empregado para estabelecer as relações lineares de fatores relacionados aos volumes de circulação (BATTY, 2001). A regressão linear simples é descrita por uma linha reta e tenta estabelecer uma equação matemática que descreva o relacionamento entre duas variáveis (USP, 2010a). Utiliza a análise dos mínimos quadrados para determinar o melhor ajuste (WIKIPÉDIA, 2010a). Embora não identifiquem a relativa importância dos fatores, os modelos são estáticos, não prevendo como os movimentos de um local afetam o outro. Além disso, não possuem qualquer teoria básica de como se comportam os pedestres, não sendo utilizados para traçar sua dinâmica (BATTY, 2001).

Segundo Sousa (2009), há dois indicadores da qualidade do ajuste: o teste de significância da regressão e o coeficiente de determinação. O coeficiente de regressão simples reflete tanto os efeitos diretos como indiretos (Wikipédia, 2010a).

### **Regressão linear múltipla**

A regressão múltipla envolve mais de um coeficiente de regressão (BARROS *et al.*, 2008), ou seja, utiliza três ou mais variáveis, sendo uma única variável dependente e duas ou mais independentes. Segundo USP (2010a), as variáveis adicionais têm a função de melhorar a capacidade de predição, reduzindo o coeficiente do intercepto.

A utilização da regressão linear múltipla tem a finalidade de reduzir o erro padrão e a tendenciosidade, aumentada quando uma variável é ignorada, juntamente com a

variância residual (USP, 2010a). Essa técnica é muito usada quando se quer estimar a geração futura de viagens e a equação é produzida a partir dos dados de tráfego, uso do solo e dados sócio-econômicos (GRESCHKE, 2010). Além disso, enfatiza e isola a relação direta (USP, 2010a).

Para Greschke (2010), a análise através dessa técnica de regressão vem produzindo estimativas confiáveis de curto prazo para taxas de geração futuras. A utilização de três variáveis implica num plano e a de k variáveis em um hiperplano (USP, 2010a).

Segundo USP (2010a), há três casos principais de aplicação da regressão múltipla:

1. Regressão “padrão”: a técnica é aplicada somente sobre valores numéricos.
2. Análise da variância: aplicação sobre variáveis mudas.
3. Análise da covariância: utiliza variáveis mudas e variáveis numéricas, sendo adequada quando a variável independente é um conjunto de categorias não-ordenadas.

### **4.3.2. Regressão de Poisson**

É uma forma de análise de regressão utilizada para modelar contagem de dados e tabelas de contingência. São modelos lineares generalizados com o logaritmo como a função de ligação (canônica) e a função de distribuição de Poisson (WIKIPÉDIA, 2010b). Uma variável aleatória indica o número de eventos, durante um intervalo de tempo. Este modelo estrutural é calculado por meio da máxima verossimilhança (ML) e técnicas de estimação. Testes assintóticos das estimativas de coeficiente de cálculo dos efeitos marginais são usados para avaliar a significância estatística e a magnitude relativa dos efeitos de medidas de uso do solo/forma urbana na frequência da caminhada (TARGA E CLIFTON, 2005; KIM, 2005).

### **4.3.3. Teoria da interação espacial/Modelos de maximização e entropia**

Formam a base para muitos aplicativos de computador utilizados para modelar o movimento de pedestres, sendo a forma mais popular atualmente, por serem aplicáveis a vários tipos de interações (HARNEY, 2002). Apesar de depender de maior agregação, essa técnica também tem sido utilizada para modelar o movimento de pedestres. Isso

ocorre, principalmente, nas abordagens de escolha discreta, quando a geração de viagem individual é simulada genericamente, assumindo-se os movimentos a pé como uma escolha racional entre diferentes conjuntos de comodidades, localização, rotas e outras (BATTY, 2001). O processo é dinâmico e há fluxo de um local para outro. Pode referir-se ao movimento de pessoas, ao tráfego de mercadorias (matérias primas) ou aos fluxos de bens intangíveis (informação) entre origem e destino (MACLACHLAN, 2010). A ligação é expressa através da rota ou sistema de via e são geralmente operacionalizados para utilizar algum tipo de processo probabilístico com base em simulação de Monte Carlo (BATTY, 2001). De acordo com Rodrigue (2010), abrange uma grande variedade de movimentos, como viagens a trabalho e turismo, uso de instalações públicas, transmissão de informações ou de capital, distribuição de mercadorias, e outros. Sua utilização nos estudos de pedestres permite avaliar a demanda (real ou potencial) dos serviços de transporte e está relacionada ao modo de estimar e explicar os fluxos espaciais.

Segundo Ullman (1956 *apud* MACLACHLAN, 2010), são necessárias três condições para ocorrer uma interação espacial, ou seja, três razões pelas quais as coisas se movem:

1. Complementaridade – refere-se a existência de uma demanda e de uma fonte para supri-la, dando origem ao movimento (uma fábrica ou escritório oferecem demanda de trabalho, enquanto um bairro residencial constitui uma fonte de trabalhadores). A direção, a distância e o tempo gasto no movimento vão depender da localização da origem e do destino.
2. Transferência – refere-se ao custo de superar a distância e o tempo, ou aos custos da viagem. Esses custos dependem da tecnologia de transportes existentes e do preço da energia e tem diminuído ao longo do tempo em função da globalização e do surgimento de mega cidades. Os fluxos diários estão sempre sujeitos a uma restrição de tempo de viagem (ex: o trabalhador gasta em média duas horas diárias no seu deslocamento para o trabalho). Os custos para superar a distância não devem ser maiores que os benefícios da interação, mesmo quando houver possibilidade de complementaridade e alternativa.
3. Oportunidade de intervir – é considerada quando há falta de interação entre duas localidades complementares. Por isso, não deve haver outro local que ofereça melhor alternativa como ponto de partida ou de destino.

Para Rodrigue (2010), é possível medir os fluxos e prever as conseqüências das mudanças. Com o conhecimento dos atributos, também é possível alocar melhor os recursos de transporte, refletindo na demanda. Cada interação espacial é composta de uma matriz de origem/destino. Nessa matriz as linhas são relacionadas com os locais (centróides) de origem, enquanto as colunas são relacionadas aos locais de destino. A soma das entradas ou saídas dá o total dos fluxos que ocorrem dentro do sistema. Em muitos casos as matrizes de origem/destino não estão disponíveis ou são incompletas, tornando necessário o desenvolvimento de novas pesquisas. O crescimento econômico e o aparecimento de novas atividades provocam mudanças significativas nas condições observadas, exigindo a adaptação dos fluxos a uma nova estrutura espacial. Como as pesquisas de origem/destino são dispendiosas em termos de esforços, tempo e custos, sendo necessário também garantir maior precisão, recorre-se a utilização de um modelo de interação espacial para complementar e até substituir observações empíricas. O pressuposto básico a respeito de muitos modelos de interação espacial é de que os fluxos são uma função dos atributos dos locais de origem e destino e da distância entre esses pontos. A partir da formulação geral, três tipos básicos de modelos de interação podem ser construídos:

1. Modelo de gravidade – apresenta as medidas de interações entre todos os pares de localizações possíveis. Verifica-se maior detalhamento.
2. Modelo potencial – mede a interação entre um determinado local e todos os outros.
3. Modelo de varejo – mede o limite das áreas de mercado entre dois locais concorrentes (RODRIGUE, 2010).

Os melhores exemplos de modelos que utilizam a teoria da interação espacial são os de Borgers e Timmermans (1986). Tanto nesta abordagem, como na regressão estatística simples, supõe-se que a localização e as questões geométricas são importantes para o processo de geração de viagem. A técnica de interação espacial de fato está fundamentada na noção de que a localização e conectividade da via são centrais para a construção de qualquer modelo que permite a previsão do movimento (BATTY, 2001).

Como limitador, Harney (2002) destaca que essa técnica não incorpora os mecanismos individuais básicos subjacentes ao movimento dos pedestres, mesmo contando com os

mais potentes gráficos e capacidade computacional. Além disso, podem representar somente o comportamento global do sistema.

#### **4.3.4. Abordagem sobre acessibilidade**

Segundo Batty (2001), a acessibilidade é definida como o potencial para interação espacial em um ponto ou nó ou a localização dentro do sistema. Ela é formada pela soma da interação potencial de um determinado local com relação aos outros. Para Hansen (1959 *apud* Batty, 2001), vários modelos de uso do solo utilizam o conceito de acessibilidade para medir o potencial de desenvolvimento, mas não é fácil verificar como se pode usá-las para prever o movimento onde já são derivadas de agregados de movimentos implícitos.

Hillier *et al.* (1993 *apud* Batty, 2001) define a acessibilidade de uma rua como "integração", e sugere que os volumes de pedestres são correlacionados com tais índices. Conforme ocorre com outros métodos descritivos, a abordagem de Sintaxe Espacial não pode ser considerada em dinâmicas do movimento, nem pode explicar os determinantes que envolvem a localização, exceto quando o posicionamento de qualquer rota reflete as variações dessa localização. Verificam-se problemas de operacionalização deste método também na seleção das ruas (utilizadas como nós na análise), mas a dificuldade fundamental é usar esses modelos para a previsão descritiva.

#### **4.3.5. Análise do fluxo corrente**

Batty (2001) declara que o maior conjunto de modelos propostos durante os últimos 30 anos estão baseados na modelagem da dinâmica de pedestres, respeitando a sua geometria local. Os que são desenvolvidos em torno de noções tradicionais na teoria de tráfego, que emanam da análise do fluxo corrente são os mais explícitos.

A análise de fluxo corrente trata o movimento de pedestres como um fluido que se move em torno dos obstáculos (BARKER, 2006), ou seja, estes modelos vêem o movimento de pedestres em analogia à forma como fluem em espaços limitados. Porém, o elo mais fraco nesse tipo de abordagem é exatamente o que determina esses fluxos (BATTY, 2001). Embora esses métodos possam demonstrar os impactos no fluxo de pedestres a partir de uma determinada perspectiva, eles são ineficientes quando relacionados ao

comportamento individual (BARKER, 2006). Geralmente presume-se que a origem e destino de um volume é conhecida, sendo necessária a previsão de como este volume irá distribuir-se em torno dos obstáculos locais. As estatísticas desses fluxos humanos podem ser associadas a todos os tipos de geometrias. O artigo de Henderson (1974) é um exemplo claro deste tipo de modelo (BATTY, 2001).

#### **4.3.6. Modelos de Markov**

Têm sido utilizados para analisar a intensidade das relações funcionais em viagens de fins múltiplos. São fundamentados na suposição de que somente o último estágio do processo é relevante para o seu comportamento futuro. A principal vantagem dessa técnica é a capacidade de verificação de alguns aspectos gerais da viagem. Assim como nos modelos de regressão e interação espacial, podem se aplicados a modelos de grande escala, mas com eficácia limitada.

Também apresentam limitações graves, pois não incluem uma estrutura de preferência ou regra de escolha, sua base teórica é relativamente fraca e de difícil aplicação quando há mudanças de variáveis e condições. Para que as dificuldades sejam superadas, várias mudanças em sua estrutura vêm sendo propostas ao longo dos anos, mas além de complicar o modelo, as melhorias ficaram muito aquém das expectativas. Dentre os exemplos dessa abordagem destacam-se os de Wheeler (1972) e Horton e Schuldiner (1967).

#### **4.3.7. Modelo baseado em agentes (MBA)**

Tipo de modelo computacional, que apresenta uma abordagem relativamente nova e promissora para o sistema de modelagem compreendendo autônomos. O modelo pode se transformar em uma ferramenta extremamente útil ao simular as operações simultâneas de entidades multiplas (agentes), em uma tentativa de recriar e prever as ações dos fenômenos complexos, bem como medir os efeitos que produzem no sistema resultante ao longo do tempo (CASTLE *et al.*, 2006). Para Harney (2002), o modelo baseado em agentes é aquele em que a unidade básica da atividade é o agente, que atua conforme seus próprios interesses. Seu desenvolvimento pode ser facilitado pelo uso de componentes de um banco de dados reutilizável e ferramentas prédefinidas, que podem

reduzir a carga de trabalho dos programadores, parte da programação de uma simulação que não tem conteúdo específico e simulação e controle de procedimentos de entrada e saída (TOBIAS e HOFMANN, 2004 *apud* CASTLE *et al.*, 2006). Além disso, aumentam a confiabilidade e eficiência em função da padronização de ferramentas de simulação, permitindo que partes complexas possam ser otimizadas (CASTLE *et al.*, 2006).

Essa ferramenta de modelagem está baseada em conceitos de inteligência artificial (PAPADIMITRIOU *et al.*, 2009) e tem o objetivo de estudar os efeitos sobre os processos que operam em múltiplas escalas e níveis organizacionais. Seus benefícios se devem a facilidade de uso, por estar pronta (na maioria das vezes), amplamente distribuída, fornece documentação pormenorizada e uma interface que simplifica a tarefa do usuário na criação do modelo. (CASTLE *et al.*, 2006). É uma técnica conveniente e potencialmente precisa para modelar a complexidade do movimento do pedestre. Além disso, utiliza dados socioeconômicos e comportamentais detalhados (HARNEY, 2002). Nesse sistema os pedestres são tratados como entidades totalmente autônomas, com capacidades cognitivas e de aprendizagem. É consenso entre autores que a simulação multiagentes é uma técnica adequada para modelagem de pedestres por ser dinâmica e envolver a simulação microscópica. Além disso, oferecem uma visão mais ampla, que torna a capacidade de aprendizagem desse sistema muito mais vantajoso do que ambientes de simulação normal. Também podem aceitar regras complexas e detalhadas (PAPADIMITRIOU *et al.*, 2009).

Segundo Castle *et al.* (2006), suas limitações se concentram na quantidade de esforço necessário para entender o código de outro programador e na falta da tão desejada e necessária funcionalidade de modelagem. Ele reforça, no entanto, que os fatores negativos podem ser compensados com outras ferramentas oferecidas pela comunidade de usuários. Exemplos dessa abordagem podem ser encontrados nos estudos de Dijkstra e Timmermans (2002), Kitazawa e Batty (2004) e Teknomo (2006).

#### **4.3.8. Análise do gráfico de visibilidade (AGV)**

Através dessa técnica de análise espacial para o espaço urbano é possível avaliar a acessibilidade dos pontos dentro de uma determinada área e os impactos das decisões nos padrões de circulação. Parte-se da premissa de que é a concepção do espaço que

determina o movimento e interação do modo a pé no ambiente construído. Desenvolvida a partir da teoria de Sintaxe Espacial, faz uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e tem boa interação com outras técnicas de previsão do movimento do pedestre, como a modelagem baseada em agentes. Sua mais importante potencialidade vem da capacidade de equilibrar as necessidades dos pedestres com as dos veículos (HARNEY, 2002). Esta técnica se baseia na construção de um gráfico, dito de “visibilidade”, no espaço aberto de um plano para estimar a qualidade perceptual do espaço e sua utilidade (WIKIPÉDIA, 2010e).

#### **4.3.9. Uso de planilhas eletrônicas**

Essa técnica se utiliza de um aplicativo de computador que simula uma planilha de contabilidade, exibindo várias células que formam uma grade composta de linhas e colunas. Cada célula contém texto alfanumérico, valores numéricos ou fórmulas. Uma fórmula define como o conteúdo dessa célula deve ser calculado, a partir do conteúdo de outra célula ou de uma combinação de células, cada vez que qualquer célula é atualizada. A técnica é freqüentemente usada para obter informações financeiras por causa de sua capacidade de recalculá-la automaticamente após a mudança de uma única célula (WIKIPÉDIA, 2010c).

#### **4.3.10. Modelo que considera o comportamento humano como “Cellular automata pedestrian movement”**

Os agentes baseados em “*cellular automatas*” (CA) representam uma classe de modelos que definem regras básicas de circulação a nível microscópico. No entanto, as regras desenvolvidas para os modelos de comportamento de pedestres são refinadas com o comportamento macroscópico em mente, mas não são exatamente baseadas no comportamento na vida real (RONALD e KIRLEY, 2006). A micro-simulação por CA é uma técnica eficiente para modelar o comportamento coletivo dos pedestres. Segundo Antonini *et al.* (2006), a modelagem é feita através de uma matriz de preferência, que contém as probabilidades de movimento relacionado com a direção e velocidade de caminhada preferidas. Caracterizados como uma *vida artificial* para modelar simulações (LEVY, 1992), CA é o nome do princípio de autômatos (entidades) que ocupam células de



acordo com as regras locais de ocupação em um determinado bairro. Essas regras locais dos CA prescrevem o comportamento de cada autômato criando uma aproximação do comportamento individual real. Já o comportamento grupal emergente é consequência da interação do conjunto de regras. Ao contrario dos modelos de simulação tradicional, o comportamento do CA baseado nas alterações dos estados das células determina os resultados emergentes.

O uso do CA se torna atrativo pelas interações das entidades basearem-se em regras de comportamento intuitivamente compreensíveis, mais do que em funções de desempenho. Os modelos de CA são facilmente implementados em computadores, e em comparação com outras equações baseadas em modelos de micro- simulações correm excessivamente rápidas. Além disso, podem funcionar como idealizações discretas de equações diferenciais parciais que descrevem o fluxo de líquido e permitem a simulação de fluxos e interações, que de outra forma seria intratável.

Nos últimos anos, diversos pesquisadores têm demonstrado a aplicabilidade dos CAs para a análise de fluxos veiculares e seguimento de veículos. Essas pesquisas incluem tráfego dentro de uma única pista (NAGEL e SCHRECKENBER, 1992); duas pistas de fluxos, mas sem passar (RICKERT et al., 1995); fluxo bi-direcional de duas pistas, permitindo o passo (SIMON e GUTOWITZ, 1998); e a rede de fluxo veicular no modelo TRANSIMS (NAGEL e RASMUSSEN, 1994); entre outros. Embora a modelagem tenha sido bem sucedida no caso de fluxos veiculares, o caso dos pedestres é muito mais complexo do que o veicular.

### **O modelo**

É descrito em um sistema bi-dimensional. A estrutura subjacente é uma rede de células (matriz)  $W \times W$ , onde  $W$  é o tamanho do sistema. Seus principais componentes são o ambiente (a rede de autômatos celulares) e os pedestres ou agentes. Essa separação entre o ambiente e os agentes proporciona a flexibilidade necessária para modelar o comportamento de pedestres individual e independente, permitindo capturar subsequentes interações complexas.

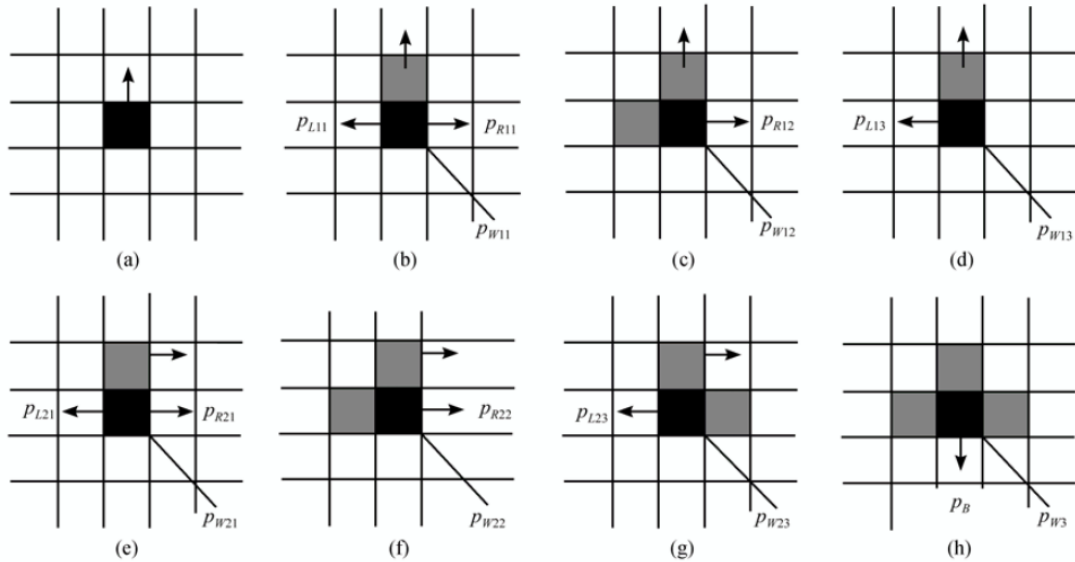
O meio ambiente pode ter propriedades locais ou celulares. As propriedades celulares formam um domínio sobre o meio ambiente (RONALD e KIRLEY, 2006). Neste modelo, a

vizinhança de Von Neumann é usada, ou seja, o estado de uma célula em seu seguinte passo no tempo é dependente do estado das células da vizinhança, incluindo as que se posicionam acima, abaixo, a direita e a esquerda, além do seu núcleo. Este será mais bem ilustrado no exemplo da Figura 1, que se encontra mais adiante.

Os agentes ocupam células da rede de CA e cada uma pode estar vazia ou ocupada somente por um pedestre. Os agentes tentam se movimentam para seu destino a partir de um sítio vizinho desocupado. Os pedestres exigem uma direção (para cima ou para baixo) e o planejador pode criar as propriedades que deseje (velocidade, familiaridade, célula atual, etc.). Essas propriedades são manipuladas quando se move o agente.

No modelo, existem dois tipos de caminhantes, incluindo os caminhantes que se deslocam de baixo para o limite superior e os caminhantes que se deslocam da esquerda para a fronteira direita. As condições periódicas de contorno são adotadas, ou seja, se um caminhante se desloca até chegar ao limite superior ele volta até o limite inferior, igualmente o caminhante pode também sair da esquerda e entrar na direita. Assim, o número total de praticantes de caminhada de cada tipo é conservado.

A atualização e sincronização para todos os pedestres durante cada passo no tempo apresentam dois problemas: a escolha de rota e os conflitos que ocorrem quando mais de um pedestre concorre por uma célula. A Figura 1 mostra todas as configurações possíveis de um caminhante que se desloca de baixo para cima. A seta na célula superior (se ocupada) indica a direção do movimento do caminhante. Enquanto que a seta do núcleo da célula indica a direção possível que o caminhante pode selecionar. Por exemplo, se a célula superior é desocupada, o caminhante pode selecionar a célula e se mover para a esquerda e/ou direita. Mas, se a célula superior está ocupada no momento de passo, a escolha do percurso é dependente do tipo de caminhante (b) à (g). Para a figura (b) o caminhante pode escolher se mover para a célula esquerda, a célula direita ou esperar com a probabilidade de  $pL_{11}$ ,  $pR_{11}$  e  $pW_{11}$  respectivamente (YANG *et al.*, 2003).



**Figura 1: Todas as possíveis configurações que um pedestre (de baixo para cima) pode ter movimentando-se em um núcleo celular**

Fonte: Yang *et al.* (2003)

O modelo de simulação foi desenvolvido em Java usando o princípio de objeto-orientado. É essencialmente uma estrutura, que permite ao pesquisador criar e manipular seu próprio ambiente e as propriedades dos agentes.

### Bases do modelo

Como foi dito anteriormente, o modelo funciona seguindo uma série de regras que permitam uma micro-simulação dos pedestres baseado nos CAs. Esse conjunto de regras deverá conter os fatores críticos do comportamento dos pedestres, de modo a simular o melhor possível a dinâmica dos caminhantes. Blue e Adler (2001) descrevem três elementos fundamentais que um modelo bi-direcional deveria levar em conta:

1. O desejo dos pedestres de se movimentar para o lado ou trocar de “faixas”, isso é o permitir e/ou evitar o aumento da velocidade frente a conflitos.
2. Os movimentos na frente, que devem ser adaptados à velocidade desejada pelos pedestres e/ou limitada para a colocação de outras pessoas nas células vizinhas. Os movimentos para diante se referem à velocidade e aceleração de cada pedestre. O desejo de velocidade na caminhada varia de acordo com os pedestres. Em condições favoráveis o pedestre irá se esforçar para acelerar até sua velocidade máxima. Já em condições desfavoráveis, o pedestre tenderá a se

adaptar à velocidade do ambiente. Blue e Adler (1999b) propõem três velocidades máximas de caminhada adotadas por pedestres, conforme Tabela 20:

**Tabela 20: Velocidades máximas adotadas por distintos tipos de pedestres durante caminhadas**

Classe de pedestres	Velocidade de caminhada (m/s)
Rápido	1,80
Standard	1,30
Lento	0,85

Fonte: Blue e Adler (1999b)

3. Por último, a mitigação de conflitos referente ao movimento, são utilizadas para evitar colisões frontais ou para permitir passar ou ignorar. Em um modelo bi-direcional os pedestres de direções opostas podem vir para o mesmo local. No momento de trabalhar com o modelo bi-direcional é muito importante levar em conta a mitigação de conflitos. Por isso Blue e Adler (1999b) introduzem o conceito de troca de lugar ou (*place Exchange*), onde as posições opostas de pedestres são trocadas para reduzir o comportamento anti-colisão. O movimento é calculado com alguma probabilidade aleatória, a qual amplia a gama de densidades que o modelo pode processar. Outros comportamentos podem ser modelados através do conceito anterior. Por exemplo, quando um pedestre quer mudar de faixa, o que é chamado (*lane-changing*), ou quando caminham em direções opostas, os pedestres contornam uns aos outros para evitar colisões (*side-stepping*).

Esses três elementos anteriores proporcionam uma base para criar um conjunto de regras mínimas para o modelo. Ronald e Kirley (2006) classificam de outro modo os movimentos, pois se focam em quatro comportamentos para comparar o desenvolvimento dos pedestres durante seus passeios:

1. *Passeio aleatório*: O comportamento é uma simples caminhada aleatória. Isso envolve a escolha aleatória de uma célula vizinha existente (ou seja, uma que não está bloqueada ou fora do ambiente).
2. *Determinista*: O comportamento seguinte usa uma regra determinística baseada em agentes. Este agente tenta avançar, mas se a célula está ocupada ou não existe (ou seja, ele está fora do ambiente ou é bloqueado) tenta ir à frente direita

ou à frente esquerda. Mas se essas células também não existem, ele tentará sua direita imediata ou sua esquerda imediata.

3. *Olhar em frente*: Esse comportamento usa o procedimento de olhar em frente (*lookahead*) para determinar se continuar na mesma faixa ou trocar para outra. Em resumo, o pedestre olha em frente o número de células, na faixa em que ele está parado em sua direita e esquerda. Se existir mais alguém na sua frente tentando se mover na mesma direção que ele, então a distância *gap* é definida como a distância atual entre ele e o outro pedestre. No entanto, se existir mais alguém se movimentando na direção oposta a ele, então a distância de separação entre ele e o outro pedestre será definida como a metade da distância atual. O pedestre, em seguida, escolhe a faixa que ofereça maior diferença e os laços entre essas distâncias são rompidos aleatoriamente.
4. *Área de andar (floor fields)*: Usa o conceito de área de andares dinâmicos e estáticos para guiar o pedestre. A área de andar dinâmica consiste no número de pedestres que passaram através da célula para ir até uma atividade específica ou de saída. Cada agente tem um parâmetro que determina onde eles vão seguir os andares estáticos (representando aqueles que estão mais familiarizados com o ambiente) ou os andares dinâmicos (representando aqueles ambientes pouco familiares onde normalmente o pedestre segue a outros caminhantes para ir a um mesmo destino). Este comportamento poderia ser adotado com certas variações. Por exemplo, em situações de cruzamento onde o agente é rodeado por outros agentes, todas as células voltam à probabilidade zero (0). Isso significa, o agente não tenta se mover, conduzindo ao impasse total.

O importante, em todo caso, será conseguir criar um conjunto de regras para o modelo baseado no comportamento deles, e de acordo com o tratamento que o pesquisador quer dar à análise. Maiores informações sobre as regras podem ser encontradas também nos artigos de Blue e Adler (1998; 1999a; 1999c; 2000 e 2001), Wolfram (1994).

### **4.3.11. Fractais**

Descrevem a complexidade dos padrões naturais através de regras de crescimento aleatório. Fundamentam-se em formas e mudanças geométricas do sistema, ao invés das

ligações entre localização, densidade e evolução urbana como em grande parte dos modelos contemporâneos (ZAMPIERI, 2006).

#### **4.3.12. Lógica Fuzzy**

Lida com as incertezas da tomada de decisão através de uma técnica desenvolvida para solucionar problemas. Com grande aplicabilidade, essa técnica se beneficia de sua capacidade em tirar conclusões de informações não conclusivas, ambíguas e inacabadas (ZAMPIERI, 2006).

#### **4.3.13 Redes neurais artificiais (RNAs)**

“São técnicas computacionais que apresentam um modelo matemático inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência” (USP 2010b). Com um funcionamento simples, foram incorporadas aos modelos na década de 90. As informações são processadas e generalizadas por neurônios a partir de exemplos (ZAMPIERI, 2006). É através dessa técnica que o conhecimento empírico (conjunto de medidas que caracterizam o fenômeno) sobre um ambiente ou fenômeno de interesse pode ser codificado (HAYKIN, 2001 *apud* ZAMPIERI, 2006). Seu maior benefício é permitir alterações em sua estrutura, se moldando as frequentes mudanças no ambiente urbano. Seus resultados se mostram superiores aos de outros métodos, como às análises de regressão (BOCANEGRA, 2002 *apud* ZAMPIERI, 2006)

As RNAs são composta por inúmeras unidades de processamento, que funcionam de forma simples. As unidades são conectadas por canais de comunicação que estão associados a determinado peso e fazem operações apenas para avaliar os dados locais, que são entradas recebidas pelas suas conexões. O comportamento inteligente de uma RNA vem das interações entre as unidades de processamento da rede. Esses modelos, em sua maioria, possuem alguma regra de treinamento, onde os pesos de suas conexões são ajustados de acordo com os padrões apresentados. Os exemplos são a maior fonte de aprendizagem. Uma rede neural é especificada, principalmente pela sua topologia, pelas características dos nós e pelas regras de treinamento. (USP 2010b).

#### **4.3.14. Método das Características (MOC)**

Criado por Chaudhry (1993 apud FERREIRA *et al.*, 2010), esta técnica transformou-se em uma ferramenta padrão para a análise de transientes em condutos fechados, com grande importância na solução de várias equações diferenciais parciais e com resultados que se tornaram clássicos em hidrodinâmica. O autor aplicou equações diferenciais para modelar a propagação de ondas sobre a superfície de um líquido. O MOC só pode ser aplicado para solucionar a equação da conservação de massa se ela for linearizada, o que faz com que a equação da continuidade saia de sua forma conservativa. Quando o método das características é aplicado na equação linearizada podem surgir problemas com a conservação de massa (FABIANI, 1995 apud FERREIRA *et al.*, 2010). Após a validação, as equações são integradas simultaneamente ao longo das características correspondentes, considerando valores conhecidos, determinados pelas condições iniciais e de contorno (FERREIRA *et al.*, 2010).

Utilizado por Ferreira *et al.* (2010) para resolver a equação da continuidade, essa técnica considera uma malha unidimensional, que se encaixa na ideia dos modelos macroscópicos para o fluxo de pedestres. Foram encontrados valores para a densidade e fluxo de pedestres em função do tempo e da posição. O modelo relaciona as variáveis de velocidade e densidade média, com valores especificados pela literatura. A equação assume também entradas de pedestres no ambiente da caminhada.

#### **4.3.15. Método das diferenças finitas (MDF)**

Utilizado na solução de problemas de mecânica dos fluidos com amplas vantagens sobre as outras metodologias. Consiste em substituir as derivadas na equação por aproximações numéricas de mesma ordem de aproximação, utilizando a série de Taylor. A opção pela estratégia ocorre quando a equação diferencial parcial não possui resultado analítico, sendo necessário resolvê-la por métodos numéricos. É preciso encontrar as respectivas expressões (aproximação por diferenças finitas) escritas em função dos pontos da malha. O resultado é dado por uma equação algébrica (equação de diferenças finitas), escrita para cada ponto da região discretizada. A solução aproximada do problema é encontrada ao se resolver as equações. Após testes, comprovou-se que o MDF é uma técnica consistente, convergente e incondicionalmente estável, onde os máximos erros relativos que podem ocorrer nos valores dos fluxos máximos estimados

são sempre menores do que 0.5%. Além disso, podem ser comparados e validados com os modelos de Fruin, Older, Virkler e outros (FERREIRA *et al.*, 2010).

Dois diferentes esquemas podem ser elaborados, dependendo do tipo de diferença finita da derivada espacial (CASTANHARO, 2003 *apud* FERREIRA *et al.*, 2010):

- *Esquema explícito* - quando a aproximação for expressa em termos de valores das variáveis no nível de tempo conhecido, as equações resultantes podem ser resolvidas diretamente, para cada nó computacional, em cada tempo. Esquema mais instável.
- *Esquema implícito* - quando a aproximação for expressa em termos de valores das variáveis na linha de tempo desconhecida, as equações algébricas do sistema inteiro são resolvidas simultaneamente. Esquemas altamente estáveis.

As condições de estabilidade, além de influírem na escolha entre essas duas técnicas, determinam uma ligação, normalmente chamada de condição de *Courant-Friedrichs-Lewy*, entre intervalos de discretização no espaço e no tempo. Este método também foi utilizado por Ferreira *et al.* (2010) para resolver a equação da continuidade, nos mesmos moldes do MOC, considerando-se as mesmas variáveis.

#### **4.3.16. Técnica de planejamento das atividades**

Descrita por Hoogendoorn e Bovy (2005), essa técnica vem sendo utilizada com frequência, tendo como base a análise da demanda de viagens. Em geral, essas abordagens geram padrões de viagens individuais e familiares. A unidade principal utilizada na análise é o cronograma de viagens e a cadeia de viagens associadas. Essa técnica de modelagem valoriza o processo de escolha realizado corretamente. São identificados três modelos principais:

- Modelos baseado na escolha – comportamento observado é visto como a manifestação das preferências individuais, assumindo-se que a escolha recai na alternativa que maximize a utilidade;
- Modelos baseados nas limitações;
- Modelos de processo computacional.



### 4.3.17. Sintaxe Espacial

Reúne ferramentas de modelagem e técnicas de simulação. A avaliação é realizada por meio da divisão da rede em vários segmentos. Deve ser aplicada através da análise da distribuição e conectividade das redes urbanas na geração de “potenciais movimentos”, relacionando-os a contagem de pedestres e aos indicadores de uso do solo (densidade populacional, emprego). A técnica é apropriada para estimativa de volumes e análise do movimento de pedestres.

Os benefícios podem ser encontrados na razoável relevância, em função do seu nível de detalhamento. Além disso, necessitam de dados limitados e sua calibração pode ocorrer através da contagem de pedestres. O banco de dados indica o número absoluto de pedestres e colisões de veículos por ano em um cruzamento, quando georreferenciado por meio do Sistema de Informações Geográficas – SIG (**Geographic Information System - GIS**). O uso dessa ferramenta traz resultados mais conclusivos, mas requer o uso de *software* especializado e mão de obra capacitada, limitando seu uso. Deve ser testado (FRENKEL, 2008).

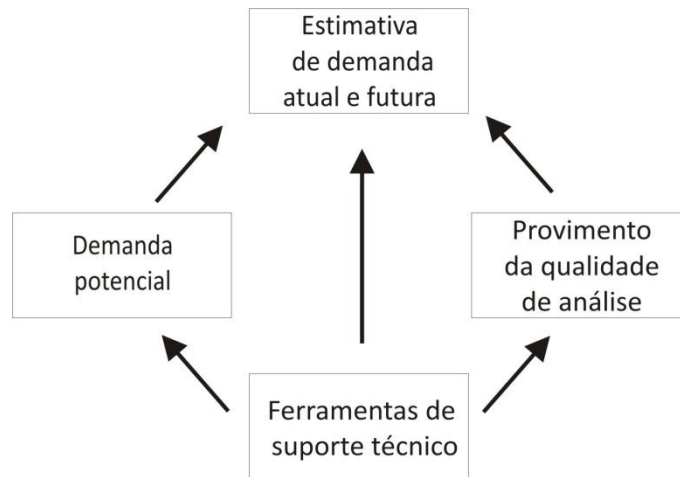
### 4.3.18. Microssimulação

Técnica utilizada para modelagem do comportamento de pedestres em espaços confinados, geralmente aplicado a interseções ou vias individuais. Modelos de tempo contínuo, são usados, na maioria das vezes, para calcular a aceleração dos pedestres. A técnica tem alta relevância e devido ao seu nível de detalhamento, permite a visualização do fluxo de pedestres. Assim como no item anterior, requer a utilização de *software* especializado e um alto grau de conhecimento. O sistema é complexo e necessita de uma grande quantidade de dados.

## 4.4. Métodos disponíveis para previsão da demanda de viagens a pé

A análise da demanda inclui uma série de variáveis interdependentes que buscam identificar a influencia do padrão de uso do solo, das características sócio-econômicas da população e da natureza, tamanho e capacidade do sistema de transportes. Os modelos de geração e distribuição devem incluir tanto a produção quanto a atração de viagens. Os

métodos para estimar a demanda são classificados pelo Guidebook (1999) em categorias que se relacionam entre si, apoiando a estimativa da demanda a pé, conforme Figura 8:



**Figura 8: Relação entre as categorias que sustentam a estimativa da demanda**

Fonte: Guidebook (1999)

A análise das categorias, descritas futuramente, incluem uma visão geral do método, vantagens, desvantagens e aplicações típicas. De acordo com o Guidebook (1999), os estudos devem considerar alguns pontos básicos para sua aplicação:

- Facilidade de uso - relacionado à capacidade de análise dos dados. Deverá considerar se o método pode ser aplicado e compreendido por um leigo ou requer do aplicador uma formação complexa.
- Necessidade de dados – mede a facilidade na obtenção das informações. Verifica se o método utiliza, principalmente, os dados existentes, que podem ser recolhidos e analisados facilmente ou requer maior abrangência, com esforços significativos para recolha de novos dados.
- Precisão - capacidade de refletir a demanda real. Quanto mais as previsões corresponderem bem às observações, maior será a precisão.
- Sensibilidade aos fatores do projeto – capacidade do método em avaliar os impactos dos múltiplos fatores e seus efeitos interativos.
- Amplitude de uso - verifica se o método tem sido amplamente utilizado na prática.
- Área de aplicação - indica se o método pode ser usado para prever a demanda em instalações específicas, regiões, cidades, setores censitários, outras áreas geográficas, ou ambos.

A análise dos métodos encontrados para estimativa da demanda serão detalhados a seguir.

#### 4.4.1. Previsão de demanda atual ou efetiva

Retrata a situação existente, com todas as viagens realizadas. Pode ser medida através da observação direta, com uma simples contagem ou sofisticados *softwares* especializados; e com pesquisas, que reúnem dados socioeconômicos da população e referente às viagens. Segundo o LTNZ (2007), a contagem de pedestres, realizada através da observação direta, é uma das principais maneiras de avaliar a situação atual. O censo nacional, com dados sobre faixa etária, motivo das viagens, posse de automóvel, entre outros é outra ótima fonte de informação. Na Tabela 21 verificam-se outras abordagens, que ao serem utilizadas em conjunto, fornecem uma compreensão mais abrangente da provável demanda existente.

**Tabela 21: Métodos de avaliação da demanda atual ou efetiva de viagens a pé**

Dados de acidentes	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizados para identificar as tendências por área geográfica (facilidade, severidade); possíveis locais de risco; custos; fatores intervenientes dos acidentes e de sua gravidade (incluindo características dos indivíduos envolvidos, veículos e ambiente); possíveis medidas de redução de incidentes; avaliação dos níveis de segurança de vários projetos e políticas operacionais, além da priorização de melhorias.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simples de usar e com tendências confiáveis</li> <li>Bons resultados nos estudos de segurança.</li> <li>Os dados estão prontamente disponíveis.</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não são muito utilizados, exceto em rotas seguras.</li> <li>Não podem identificar rotas inseguras evitadas pelos pedestres.</li> <li>Não incluem alguns tipos de incidentes envolvendo pedestres, tais como quedas.</li> <li>Baixa taxa de notificações de acidentes com pedestres fazendo com que alguns locais não sejam identificados.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pode ser necessário percorrer a área antes de decidir onde as medidas de melhoria deverão ser implantadas.</li> <li>Utilizados como ponto de partida nos estudos para melhorias das rotas.</li> </ul>
Dados do Censo	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incluem informações sobre o modo de deslocamentos por trabalho e a localização das residências e dos núcleos de trabalho.</li> <li>Os dados são disponibilizados de forma agregada.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Custos mínimos, pois utilizam dados disponíveis.</li> <li>Conjunto de dados é abrangente para a população ativa.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Outros fatores demográficos podem ser incluídos.</li> <li>• Podem ser usados para mapear importantes destinos.</li> <li>• Apesar de limitados, os dados podem ser utilizados para complementar outras técnicas.</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não fornecem dados sobre todas as viagens.</li> <li>• Refletem parte do total de deslocamentos.</li> <li>• Não são elaborados para fornecer informações sobre o modo a pé.</li> <li>• Não identificam as rotas.</li> <li>• Não são apropriados para estudos de curto prazo, pois o Censo é realizado de 10 em 10 anos.</li> <li>• Processo dispendioso devido a grande quantidade de dados.</li> <li>• Coleta se baseia em apenas um dia e se relacionam a hábitos da semana anterior, podendo ser afetada por fatores (como clima) difíceis de detectar.</li> <li>• Não incluem crianças e idosos, grupo que tem na caminhada um modo fundamental.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A maioria dos resultados pode ser adquirida através de outras técnicas.</li> <li>• Podem ser aplicados em mapeamentos em função de apresentar dados demográficos.</li> </ul>
Pesquisas locais	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podem incluir perguntas qualitativas, que envolvem satisfação, qualidade de vida e percepção das viagens.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os custos podem ser mínimos, quando os dados forem coletados para outros fins.</li> <li>• Podem produzir informações bastante úteis para o planejamento da área estudada ou de outras áreas de interesse</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos custos, quando os dados não forem coletados com outros objetivos.</li> <li>• Não identificam as rotas.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se os dados já estão disponíveis, utilize-os.</li> </ul>
Inventário da infraestrutura	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar a localização da infraestrutura atual, onde há significativo número de pedestres.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de compreender e executar.</li> <li>• Informação compõe uma base, útil para muitos outros fins.</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode ser dispendioso coletar e gerenciar as informações.</li> <li>• Adota previsão anterior, considerando-a adequada para satisfazer as necessidades, em vez de avaliar outras razões.</li> <li>• Pode refletir locais onde o número de pedestres foi significativo no passado, mas não no presente.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como a informação é mesmo necessária, torna-se um exercício útil.</li> <li>• Pode ser utilizado em diversas aplicações.</li> </ul>

**Tabela 21: Métodos de avaliação da demanda atual ou efetiva de viagens a pé  
(cont.)**

Pesquisas de viagens	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dados sobre viagens a pé podem ser obtidos em projetos de planejamento realizados pelo Ministério dos Transportes.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Custos mínimos, pois os dados estão disponíveis.</li> <li>Dados do Ministério dos Transportes são atualizados regularmente.</li> <li>O conjunto de dados pode ser abrangente.</li> <li>Só não podem ser aplicadas em locais onde não há dados disponíveis.</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>As pesquisas do Ministério dos Transportes são suficientes para uma análise nacional e regional, mas não local.</li> <li>Os dados não identificam as rotas.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilização das pesquisas do Ministério dos Transportes somente onde os dados locais não estiverem disponíveis.</li> <li>Os dados devem ser usados com cuidado para evitar erros.</li> </ul>
Planejamento de transportes	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliza o sistema de zoneamento de uso do solo para identificar áreas que são suscetíveis a gerar ou atrair viagens a pé.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usa informações disponíveis.</li> <li>Muito útil na identificação de pontos importantes de origem e destino das viagens a pé.</li> <li>Pode ser usado para estimar a probabilidade relativa de viagens a pé.</li> <li>Fornecer informações sobre o uso do solo, áreas com potencial de crescimento e planos de desenvolvimento.</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não fornece informações sobre o número de pedestres ou rotas.</li> <li>Pode ter alto custo, dependendo da informação ou do grau de precisão que se deseja.</li> <li>Pode exigir um profundo conhecimento local.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obter, junto aos órgãos competentes, informações sobre o uso do solo, áreas de crescimento, planos de desenvolvimento futuro, entre outros.</li> <li>Identificar os pontos onde há propensão significativa de viagens a pé de origem e destino, em conjunto com as facilidades e funções existentes.</li> </ul>

Fonte: BTS (2000), LTNZ (2007), Jones e Buckland (2008)

#### 4.4.2. Previsão da demanda futura

Pode ocorrer devido a mudanças e melhorias que atraiam um maior número de usuários. Sua medição fornece uma estimativa aproximada e, muitas vezes imprecisa, que devem ser testadas para sua validação. Esse método também é utilizado para obter a estimativa quantitativa de demanda (GUIDEBOOK, 1999). Segundo o LTNZ (2007), os métodos atuais de previsão de geração de viagens a pé não são eficazes, por apresentarem

limitações. Entretanto, podem ajudar a identificar esquemas que apresentem maior potencial, além de estimar melhorias que atraiam novos usuários. Abordagens mais focadas auxiliam nas decisões que envolvem a destinação de recursos, que são sempre limitados.

O Guidebook (1999) afirma que ao estimar o número de usuários de uma nova instalação poderá ser difícil encontrar uma situação que seja comparável, já para o esboço do projeto há uma facilidade para obtenção de uma estimativa aproximada do potencial de viagens, mas fatores como existência da infraestrutura de apoio e viagens que não tenham como motivo o trabalho podem ser difíceis de considerar. A modelagem de viagens necessita de modelos que incluam redes a pé, sem considerar as viagens de lazer. Quanto a estimar o número de novas viagens a pé, verifica-se no comportamento agregado uma necessidade de formar um grande banco de dados, que incluam informações sobre as instalações existentes. A estimativa nos métodos de modelagem de viagens reúne fatores do ambiente a pé ou redes e dados relativos de comportamento.

A Tabela 22 apresenta métodos específicos, que deverão ser testadas visando confirmar sua validade.

**Tabela 22: Técnicas de avaliação da demanda futura de viagens a pé**

<b>Estudos Comparativos</b>	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usados para prever a geração de viagem em uma nova rota ou avaliar os impactos dos programas que visam melhorar as instalações dos pedestres.</li> <li>• Comparam os níveis de utilização antes e depois da implantação das melhorias, além de comparar níveis de viagens através de instalações com características semelhantes. Supõem que as duas regiões apresentam progresso similar, com os mesmos fatores de influencia.</li> <li>• A sensibilidade aos fatores do projeto é relativamente baixa, exigindo a identificação de facilidades comparáveis dentro de ambientes comparáveis.</li> <li>• A precisão não tem sido formalmente testada.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simples de compreender e relativamente fácil de aplicar.</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podem não refletir todas as particularidades locais relacionadas com a pesquisa e apenas fornecem uma estimativa aproximada da demanda quando estudos de caso, verdadeiramente comparáveis, forem encontrados.</li> <li>• Dificuldade em encontrar locais onde todos os fatores sejam similares, incluindo condições ambientais e sociais.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesquisar o antes e o depois pode ser útil como parte do monitoramento, de modo que o banco de dados necessário seja construído ao longo do tempo.</li> <li>• Os dados referentes a população do entorno e uso do solo são opcionais.</li> </ul>

<b>Esboço de projeto</b>	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definido como uma série de cálculos simples.</li> <li>• Desenvolvido para estimar volumes de pedestres sob condições atuais e futuras, de acordo com diferentes períodos de tempo, níveis espaciais e métodos de estimação (regressão linear, regressão de Poisson e cálculo simples).</li> <li>• Utiliza, geralmente, contagens de pedestres e regressão para prever o número de viagens a pé em função de fatores físicos, uso do solo e/ou outros indicadores de geração de viagem.</li> <li>• Pode ser aplicado em outras áreas.</li> <li>• Varia muito nas suas abordagens específicas, e de seu nível de sofisticação.</li> <li>• A sensibilidade aos fatores de projeto é baixa, por confiar em suposições gerais.</li> <li>• A precisão irá variar de acordo com o método. Enquanto alguns podem fornecer razoáveis estimativas, outros não têm sido formalmente testados.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tende a ser relativamente simples de compreender e aplicar.</li> <li>• Depende, geralmente, de dados que já existem ou podem ser coletados com relativa facilidade (como censo e dados de uso do solo).</li> <li>• Pode ser combinado com os pressupostos comportamentais derivados de outros estudos.</li> <li>• Pode proporcionar estimativas razoáveis do número de usuários, se os métodos e os dados forem selecionados com cuidado.</li> <li>• Permite aplicação em viagens dentro de corredores específicos.</li> <li>• Pode ser usado para priorizar ações e determinar a localização dos programas de melhorias.</li> <li>• Preciso, de fácil compreensão e alta relevância quando aplicado em locais com alta densidade demográfica.</li> <li>• Pode ser facilmente atualizado conforme surgirem novas informações.</li> <li>• O método é o melhor para o desenvolvimento de estimativas aproximadas para fins de planejamento e para comparar níveis de uso potencial entre as instalações ou áreas.</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconsidera questões que afetam a caminhada (fatores ambientais, etc.) e demanda latente.</li> <li>• A validação é necessária antes da aplicação dos modelos em locais específicos.</li> <li>• Utiliza dados agregados, não levando em conta fatores individuais.</li> <li>• Tende a confiar em dados limitados ou fazer suposições sobre o comportamento, o que torna os modelos imprecisos. Além disso, pode não explicar as condições locais específicas, tais como características da instalação, destinos, entre outros.</li> <li>• A precisão irá variar de acordo com o método. Enquanto alguns apresentam resultados razoáveis, outros não foram formalmente testados.</li> <li>• Os métodos e pressupostos desenvolvidos para aplicações específicas nem sempre podem ser relevantes para aplicações em outras áreas geográficas.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foco inicial relacionando o percentual de viagens a pé para a população local e geradores de grandes viagens.</li> <li>• Maneira fácil de obter uma estimativa aproximada do potencial de uso.</li> </ul>

**Tabela 22: Técnicas de avaliação da demanda futura de viagens a pé (cont.)**

<b>Comportamento agregado</b>	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método que relaciona viagens a pé ao uso do solo, entre outras características, geralmente através da análise de regressão.</li> <li>• São desenvolvidos modelos/equações relacionando as características conhecidas da população aos números de viagens observados.</li> <li>• As equações são então aplicadas a outras áreas para previsão de viagens a pé.</li> <li>• A sensibilidade aos fatores do projeto é mínima, já que as informações detalhadas sobre as instalações geralmente não tem sido coletadas.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simples de aplicar, requerendo habilidades de análise estatística simples.</li> <li>• Pode ser facilmente adaptado conforme surgirem novas informações.</li> <li>• Desenvolve relações quantitativas entre os fatores relacionados a viagens não motorizadas e a distribuição modal.</li> <li>• Seus resultados são potencialmente úteis para o modelo de geração de viagem regional que inclui modos não motorizados.</li> <li>• Também pode ser usado para identificar os fatores que mais influenciam o modo a pé.</li> <li>• Conta com dados já coletados (censo e outras fontes disponíveis).</li> <li>• Pode ser usado para previsão de viagens em áreas mais amplas (cidades, áreas metropolitanas).</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampla variedade de fatores de influência pode significar questões negligenciadas.</li> <li>• Modelos devem ser validados antes da aplicação.</li> <li>• Pode mascarar variações significativas (renda média de um setor censitário pode, por exemplo, ser menos importante do que a distribuição de renda), afetando o comportamento.</li> <li>• Método ignora o impacto de fatores que não estão facilmente disponíveis, tais como os comportamentais.</li> <li>• Sua principal fonte de dados é o censo, que dá ênfase apenas as viagens de trabalho.</li> <li>• Utiliza dados agregados, não levando em conta fatores individuais.</li> <li>• Os dados disponíveis geralmente não incluem as variáveis ambientais, que descrevem a qualidade global da área.</li> <li>• Além de não ser adequado para avaliar os impactos dos sistemas de pequena escala, não foram bem sucedidos quando aplicados a outras áreas.</li> <li>• Em geral, os modelos tiveram baixo poder explicativo, além de não serem transferíveis.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicado para identificar fatores de influência do modo a pé.</li> <li>• É útil para uma importante e extensa área de estudo, mas pode ter custos elevados, quando comparados a outras técnicas.</li> </ul>
<b>Modelagem de</b>	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emprega o "tradicional" modelo de demanda de viagens, denominado quatro etapas, usando condições de uso do solo e características de rede de transportes para prever futuros padrões de viagem.</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>Alguns modelos foram desenvolvidos especificamente para o pedestre, além de sofrer recentes adaptações para estimar deslocamentos a pé, prever impactos e escolha de rotas.</li> <li>A sensibilidade aos fatores de projeto é potencialmente alta, sendo limitada pela disponibilidade de dados e pela troca de informações.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo existente e de fácil adaptação, podendo tornar-se uma ferramenta muito poderosa.</li> <li>Fornecer um quadro integrado para considerar viagens a pé.</li> <li>Modelos de produção podem tornar-se investimento por critérios de escolha.</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>Escala espacial de modelos existentes pode ser muito grande.</li> <li>Pode exigir coleta de ampla base de dados.</li> <li>Não considera deslocamentos que tenham como única finalidade o lazer.</li> <li>Requer a utilização de <i>software</i> especializado e um alto grau de especialização.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pode ser eficaz substituir modelos existentes, ou criar novos modelos, como parte de um investimento em longo prazo.</li> <li>A aplicação apenas para pequenas áreas ou projetos pode ser muito dispendiosa.</li> </ul>

**Tabela 22: Técnicas de avaliação da demanda futura de viagens a pé (cont.)**

Escolha discreta	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>O objetivo deste modelo é prever a proporção ou número de viagens realizado em cada modo. Prevêem a decisão individual (escolha da modalidade, de rotas, etc.), em função de qualquer número de variáveis, incluindo fatores que descrevem uma melhora na instalação ou a mudança de política. Foram formulados como modelos estocásticos, onde a probabilidade de uma resposta ser observada se dá em função de uma série de variáveis explicativas.</li> <li>Adotados, em geral, para estimar o total de viagens, se baseiam em dados individuais obtidos de pesquisas. Tem como principal pressuposto teórico, que os pedestres fazem uma escolha racional e subjetiva, com base nas características das alternativas disponíveis.</li> <li>A sensibilidade aos fatores do projeto é alta, embora apenas um número limitado de fatores possa ser considerado de uma vez.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>É a mais precisa ferramenta disponível para prever os impactos no comportamento.</li> <li>Pode ser relativamente preciso na previsão de impactos de ações específicas ou quando baseado em informações locais.</li> <li>Pode ser uma ferramenta poderosa para isolar e quantificar os efeitos de fatores específicos, tanto pessoal e ambiental, sobre o comportamento de viagem.</li> <li>Pode ser utilizado para examinar a interação de vários fatores (ex.: se a idade tem impacto no tipo de instalação de desejo).</li> <li>Considera as preferências particulares e é utilizado para obter variações percentuais</li> </ul>

		de expectativa de viagens a pé como resultado da mudança de outros fatores.
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampla variedade de fatores de influência pode significar questões negligenciadas.</li> <li>• Requer extensa coleta de dados e levantamento específico para a situação a ser analisada.</li> <li>• Exige conhecimento de análise estatística e pesquisa e técnicas especiais de modelagem.</li> <li>• Não é facilmente transferível para diferentes áreas geográficas, já que os fatores desenvolvidos em uma situação específica podem não ter importância em novas regiões.</li> <li>• Pode ser limitado, não permitindo a identificação ou controle de todos os fatores que podem influenciar o comportamento.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode ser aplicada em grande parte das pesquisas e com toda a população, para estimar o número total de pessoas que mudam seu comportamento em resposta a uma ação.</li> <li>• Fornece muitos recursos e pode ser usado também para medir a variação percentual, em resposta à mudanças em qualquer variável particular.</li> <li>• Útil para a investigação de um esquema maior, caso contrário pode ser muito dispendiosa.</li> </ul>

Fonte: Guidebook (1999), Raford e Ragland (2003), Hoogendoorn e Bovy (2005), Kim (2005), Antonini *et al.* (2006), LTNZ (2007), Frenkel (2008), Jones e Buckland (2008)

### 4.4.3. Previsão de demanda potencial

Definida por Vasconcellos (2000) como aquela que não acontece, já que as pessoas entendem que não há condições para realizá-la (no caso do pedestre, em função da baixa qualidade da infraestrutura). Já o LTNZ (2007) a define como as novas viagens geradas caso o ambiente seja modificado (com relação ao uso do solo ou com a remoção de barreiras físicas e/ou institucionais). Verifica-se, portanto, que ela não é uma estimativa real, por depender de certas condicionantes, que podem não ocorrer.

Segundo Vasconcellos (2000), a medição da demanda latente demonstra problemas metodológicos importantes e requer maior complexidade, pois está relacionada aos fatores que influenciam a tomada de decisão, tanto em nível individual quanto em nível familiar. Segundo o Guidebook (1999), esses métodos não prevêm níveis de demanda real, mas podem ser utilizados para avaliar a demanda potencial ou os níveis relativos de viagens não motorizadas. Na Tabela 23 constam as avaliações e os pontos relevantes das duas abordagens encontradas.

**Tabela 231: Técnicas de avaliação de demanda potencial de viagens a pé**

<b>Análise de mercado</b>	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abordagem geral que estima o número potencial máximo de viagens a pé em uma área, baseado empiricamente no percentual máximo de viagens a pé por intermédio da distância e finalidade de viagem; na distribuição do comprimento atual das viagens, em geral por viagem proposta; e no percentual da população susceptível a adotar a caminhada como modo de transporte, após mudanças na distância, características demográficas, etc.</li> <li>• Dados da população podem ser necessários.</li> <li>• Uma rede ideal de instalações é assumida, ou seja, o método estima um aumento no número de viagens, que poderá ocorrer em função da melhoria na qualidade das instalações.</li> <li>• A sensibilidade aos fatores do projeto é baixa e assume rede ideal de instalações.</li> <li>• A precisão não tem sido testada.</li> <li>• Os métodos destinam-se a prever um limite superior em condições ideais.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simples de compreender e relativamente fácil de aplicar.</li> <li>• Geralmente define um "limite superior" sobre o número de viagens a pé e incentiva os municípios a desenvolver planos para melhorar as instalações por toda a cidade.</li> <li>• Este tipo de análise também pode ser útil na identificação de áreas de maior demanda em potencial, como uma ajuda para priorizar projetos.</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É destinado apenas para conseguir estimativas aproximadas do número máximo das viagens que deixam de ser realizadas por outros modos, transformando-se em deslocamentos a pé.</li> <li>• Os métodos não são úteis para estimar mudanças na demanda em resposta a uma melhoria, e não enfocam os fatores que afetam a decisão pelo modo a pé.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abordagem relativamente comum, que pode ser aplicada de várias maneiras e com diferentes níveis de detalhe.</li> <li>• Alguns estudos têm utilizado dados agregados sobre a extensão das viagens e outros têm se concentrado na definição de características demográficas da população com maior probabilidade de andar a pé.</li> </ul>
<b>Demanda potencial facilitada</b>	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos que utilizam as características da população local e do uso do solo para priorizar projetos baseados no potencial relativo de uso.</li> <li>• Desenvolvido com a finalidade de priorizar melhorias nas instalações, de acordo com as áreas de maior demanda em potencial.</li> <li>• A sensibilidade aos fatores de projeto é baixa e assume rede ideal de instalações.</li> <li>• Tentativas de aplicar pontuação a demanda latente, na prática, tiveram resultados variados.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simples de compreender e relativamente fácil de aplicar.</li> <li>• Pode auxiliar na priorização de locais para melhoria, especialmente quando aplicado em conjunto com medidas que apontam ou facilitam a identificação de áreas com alta demanda potencial e deficiências significativas.</li> <li>• Essas medidas, frequentemente, podem ser construídas a partir de fontes de dados</li> </ul>

		disponíveis, como o recenseamento e bases de dados locais de uso do solo.
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apenas indica níveis relativos de demanda entre as áreas, ao invés de prever o número real de usuários de uma instalação.</li> <li>• Não indicam em que proporções o uso tende a aumentar como resultado de uma melhoria considerável e quais as mudanças na instalação ou área específica devem ter maior prioridade.</li> <li>• Os fatores utilizados na construção do índice podem ou não ser bons indicadores da verdadeira demanda potencial.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É medido com base em características e níveis da população do entorno que gera viagens, bem como outros fatores ambientais (como topografia e qualidade das instalações de conexão).</li> </ul>

Fonte: Guidebook (1999)

#### 4.4.4. Análise da qualidade da oferta

Por descreverem a qualidade da infraestrutura do pedestre, só são úteis para estimar a demanda quando esta for relacionada com a qualidade das instalações disponíveis (GUIDEBOOK, 1999). O detalhamento dos métodos encontrados é apresentado na Tabela 24.

**Tabela 24: Técnicas de avaliação de provimento da qualidade de análise**

Medidas de compatibilidade com o pedestre	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foram desenvolvidas varias medidas de compatibilidade visando indicar a adequabilidade de uma instalação às viagens a pé.</li> <li>• Essas medidas (como nível de serviço, índice de compatibilidade, nível de "stress", resultado de Interação de risco) combinam fatores como volume de tráfego e velocidades, largura de faixa ou calçada, qualidade do pavimento, entre outras, em um índice de adequação global de viagem.</li> <li>• Podem ser usadas sozinhas ou em conjunto com medidas de demanda potencial ou latente, de forma a priorizar recursos para melhorias.</li> <li>• Dependendo do método, necessita de dados sobre as características das instalações (alguns existentes, outros precisam ser coletados).</li> <li>• A sensibilidade aos fatores do projeto é alta.</li> <li>• Os fatores incluídos dependem de índice específico.</li> <li>• A precisão não foi testada em relação a previsão da demanda.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os métodos variam, mas geralmente são de simples aplicação.</li> <li>• Pode servir como um instrumento útil para a priorização de recursos para melhoria, bem como determinar quais as intervenções serão mais benéficas.</li> <li>• Pode se tornar um componente fundamental na previsão de demanda de viagens a pé, quando forem desenvolvidas relações entre os índices e a probabilidade dos indivíduos optarem pela caminhada.</li> </ul>

	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existem índices que avaliam, principalmente, os segmentos individuais de preferência, em lugar de descrever a compatibilidade global de uma rota.</li> <li>Além de não poderem explicar os efeitos das intersecções e outras discontinuidades, não são suficientes para descrever a compatibilidade global de um percurso, composto por diferentes segmentos e diferentes classificações.</li> <li>Os índices podem não incluir todos os fatores relevantes, ou exigir coleta de dados significativos.</li> <li>Pode não refletir adequadamente as percepções se não forem validadas através de pesquisas.</li> <li>Não consegue prever o número real de viagens do segmento.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>As medidas de compatibilidade têm sido utilizadas em um grande número de cidades para classificação e priorização dos projetos.</li> </ul>
<b>Fatores ambientais</b>	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os fatores do ambiente de pedestres descrevem a atratividade de uma área (parte da cidade, setor censitário, ou zona de análise de tráfego) para a caminhada. Podem ser compostos de uma série de indicadores quantitativos e de fatores subjetivos, que incluem a largura da calçada ou da pista, a continuidade da via, topografia e qualidade estética do ambiente.</li> <li>A sensibilidade aos fatores do projeto é alta.</li> <li>Os fatores incluídos dependem de índice específico.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relativamente simples de aplicar</li> <li>Consideráveis pesquisas têm sido realizadas sobre os fatores que tornam as áreas convidativas para os pedestres e muito desse conhecimento foi incorporado na atual geração de fatores ambientais.</li> <li>Esses fatores também podem ser úteis na priorização de áreas para melhorias, com base na classificação relativa das áreas individuais.</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fatores ambientais são freqüentemente baseados em avaliações subjetivas e seu desempenho em prever variações reais no comportamento da viagem ainda não tem sido amplamente validado. Além disso, fatores ambientais exigem considerável campo de coleta de dados para o desenvolvimento de uma área específica.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os fatores do ambiente de pedestres têm sido desenvolvidos e aplicados, principalmente, para uso em modelos de viagens regionais.</li> </ul>

Fonte: Guidebook (1999)

Ao estimar o número de usuários de uma nova instalação, as pesquisas de preferência (comportamento), muitas vezes, exageram a probabilidade real de facilidade de uso. Já em pesquisas de preferência (escolha hipotética) e modelo de escolha discreta, os dados podem ser bastante preciso, mas com o uso intensivo de recursos. No caso da estimativa do número de novas viagens a pé em várias regiões, como resultado da facilitação ou melhoria das redes, também apresentam resultados distintos. Para as pesquisas de preferência (comportamento) os resultados tendem a ser superestimados para alterar o

modo de viagem e nas pesquisas de preferência (escolha hipotética) e modelo de escolha discreta, podem ser bastante preciso, mas com uso intensivo de recursos (GUIDEBOOK, 1999).

#### 4.4.5. Ferramentas de suporte técnico

Métodos analíticos de suporte para previsão de demanda (GUIDEBOOK, 1999). Na Tabela 25 pode-se verificar a descrição dessas técnicas.

**Tabela 25: Técnicas de avaliação das ferramentas de suporte técnico**

<b>Sistema de informação geográfica (SIG)</b>	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É um sistema de informação espacial e procedimentos computacionais, com gráficos ou capacidades de exibição gráfica, que pode ser usado para avaliar tanto a demanda potencial quanto a qualidade da oferta.</li> <li>• Essa ferramenta identifica o ambiente e dados populacionais em um sistema espacial, usando pontos de localização, linhas (geralmente vias, ligações e corredores), e polígonos (aspectos das áreas e zonas de análise).</li> <li>• Empregado para a realização de um inventário físico dos meios de transporte; como um instrumento de planejamento para relacionar ambiente disponível, transporte pessoal e características de dados domésticos; como uma ferramenta de análise espacial para cálculo de distâncias e áreas; para monitorar o desempenho da rede; e como um veículo para a visualização gráfica dos dados e análise em um contexto geográfico.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É uma excelente ferramenta de apoio na tomada de decisão por coletar, armazenar, manipular e analisar dados georeferenciados.</li> <li>• Pode ampliar a facilidade de análise de dados relevantes para previsão de viagens a pé.</li> <li>• Permite o desenvolvimento de medidas espaciais e análise de dados relacionados que, caso contrário seria extremamente demorado ou impossível.</li> <li>• Os recursos de exibição de (SIG) também são importantes para a transmissão das informações aos responsáveis políticos e ao público em geral.</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requer considerável habilidade do usuário, bem como de <i>software</i> especializado, embora a tendência futura seja que a evolução possa torná-lo mais acessível aos leigos.</li> <li>• Essa ferramenta só pode gerenciar e analisar dados, que ainda devem ser recolhidos através de outros meios.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SIG tem sido usado em planejamento não motorizado para inventariar e avaliar as instalações (como estradas e calçadas); estabelecer relações espaciais entre as ligações de rede viária, recursos dos centros de atividade, e características populacionais das áreas; comparar e exibir as condições atuais com as condições das viagens projetadas; avaliar o desempenho total da rede e identificar ótimas rotas; produzir mapas impressos; e desenvolver medidas de rede (densidade e conectividade) e de uso do solo (mistura de áreas residenciais, comerciais e de trabalho), que pode estar relacionado com o risco de caminhar.</li> </ul>

**Tabela 25: Técnicas de avaliação das ferramentas de suporte técnico (cont.)**

<b>Pesquisa de preferência</b>	Descrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza técnicas de pesquisa de opinião, também conhecidas como pesquisa de preferência declarada.</li> <li>• Pode ser usadas por conta própria para determinar fatores que influenciam a demanda e que também servem como base para métodos de previsão quantitativos, como modelo de escolha discreta.</li> <li>• Concentram-se sobre as escolhas que as pessoas fariam dadas as alternativas discretas. Os respondentes são convidados a manifestar uma atitude ou fazer uma escolha quanto à forma como agiriam sob certas condições.</li> <li>• Existem dois tipos básicos de pesquisa sobre as preferências: <i>pesquisas atitudinais</i> - que perguntam diretamente aos entrevistados como agiriam em determinadas situações ou avaliam a taxa de preferência dentre as melhorias propostas; e <i>pesquisas de escolha hipotética</i> - onde os entrevistados são obrigados a fazer escolhas entre alternativas hipotéticas com atributos diferentes e os resultados utilizados para desenvolver modelos de comportamento.</li> </ul>
	Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesquisas atitudinais são relativamente fáceis de projetar e implementar. Também podem ser uma importante ferramenta para avaliar relativas preferências e para estimar ao máximo a resposta por uma ação.</li> <li>• Pesquisas de escolha hipotética, se cuidadosamente projetadas, podem ser usadas para desenvolver modelos relativamente precisos do comportamento e para dar informações quantitativas sobre a relativa importância que as pessoas impõem a vários fatores.</li> </ul>
	Limitações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os indivíduos tendem a afirmar mudanças de comportamento que não irão concretizar. Desta forma, as pesquisas atitudinais superestimam significativamente a resposta à implementação de melhorias para o pedestre, não estando bem adaptadas a previsão de mudanças reais na demanda de viagens.</li> <li>• Embora as pesquisas de escolha hipotética superem muitas das limitações dos estudos comportamentais, devem ser concebidas com cuidado, requerendo tempo e experiência considerável para implementação.</li> <li>• Ambos os tipos de pesquisa de preferência sofrem com o agravante de que as pessoas podem não ter qualquer experiência no mundo real com as escolhas que são convidadas a fazer, podendo, portanto, ser incapazes de indicar as suas preferências ou ações com precisão.</li> </ul>
	Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesquisas atitudinais têm sido amplamente utilizadas para estimar os impactos potenciais das melhorias para pedestres e determinar as preferências em relação a essas melhorias.</li> <li>• Pesquisas de escolha hipotética geralmente são utilizados para desenvolver modelos de escolha discreta e estimar a importância relativa de cada atributo (tempo, custo, presença de infraestrutura, etc), em termos comuns.</li> </ul>

Fonte: Guidebook (1999)

## **5. ANÁLISE DE ABORDAGENS RELACIONADAS AO TEMA**

Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos buscando compreender o movimento dos pedestres. As técnicas de modelagem que estimam volumes sob condições atuais e futuras e promovem a análise do comportamento, vêm sendo aprimoradas ao longo das últimas décadas. O interesse dos pesquisadores se deve ao aumento das viagens a pé e da importância deste modo de transporte nas políticas de mobilidade sustentável. A literatura dá exemplos de vários modelos construídos para auxiliar no desenvolvimento de melhores projetos para as cidades, promovendo o modo a pé e reduzindo as externalidades. A seguir são descritas algumas abordagens, ressaltando suas especificidades.

### **5.1. Pushkarev e Zupan (1971)**

Estimam a demanda de pedestres em áreas de alta densidade se utilizando de uma técnica de coleta realizada através de fotografias aéreas e que reúnem dados de uso do solo. Além da contagem do número de pedestres, foram pesquisadas as características das viagens, incluindo tempo e distância. Essa técnica é de difícil aplicação em cidades e a nível regional. A metodologia empregada para prever volumes totais de pedestres por quarteirão é a análise de regressão. Como variáveis explicativas têm-se o uso comercial do solo, calçadas, entre outros. Características de fluxo ao longo do dia, do tráfego e da geração de viagens de tipos específicos de edifícios também foram analisados. Outros fatores que podem afetar a taxa de geração de viagens de pedestre, como a qualidade do ambiente, não são considerados (KIM, 2005; DTFHA, 2010).

### **5.2. Behnam e Patel (1977)**

Também estimam a demanda em áreas de alta densidade e utilizam contagens reais, com base em dados de uso futuro do solo. Recorrem aos modelos de regressão, conforme o estudo anterior. O volume de pedestres por quadra é medido por hora e usado como variável dependente. As variáveis independentes incluem espaços comerciais, culturais, de lazer, de produção, de estacionamento e outros. Este modelo é limitado em áreas de baixa densidade. Como no modelo anterior, não analisa outros fatores que podem afetar a taxa de geração de viagens de pedestre, como a qualidade do



ambiente. Foi desenvolvido para auxiliar na instalação de melhorias (KIM, 2005; DTFHA, 2010).

### **5.3. Ercolano et al. (1997)**

Estimam a demanda de viagens a pé nos subúrbios, de hora em hora, nos horários de pico, visando determinar a melhor localização das travessias e calçadas, avaliar os tempos semaforicos e fazer a distribuição dos deslocamentos. Viagens internas ocorrem dentro de uma zona de tráfego; viagens externas podem começar ou terminar em uma zona diferente, e viagens longas acontecem através de várias zonas. Utilizam como métodos o uso de planilhas eletrônicas (*Computation Using Spreadsheets*), tendo como variáveis contagens do tráfego veicular, zoneamento do local e mapas de uso do solo. O método utiliza o percentual de pesquisas nacionais para calcular o potencial dos passeios e fornece instruções detalhadas para a concepção de um experimento de coleta de dados, incluindo a seleção do tipo de aplicativo, o intervalo de contagem, a coleta dos dados, os volumes estimados, e a calibração e validação. Para os autores, o método pode ser aplicado a outras áreas, com substituição de dados específicos do local por entradas padrão, sendo capaz de se ajustar às variações sazonais e de infra-estrutura para cenários diferentes. Além disso, é de fácil compreensão (KIM, 2005; DTFHA, 2010).

### **5.4. Matlick (1996)**

Modela a demanda de pedestres utilizando dados familiares da população, distribuição do modo de transporte e dados da atividade principal. A coleta considera informações de um período diário com base no Censo e que são modeladas através da regressão linear. Este modelo é usado para determinar as áreas ou corredores prioritários para receber melhoria. Como variáveis tem-se os tipos de residências, densidade, pessoas por unidade habitacional, escolas, lazer e outros. O método não considera a qualidade da infraestrutura do pedestre. De fácil compreensão, em função da utilização de dados básicos (KIM, 2005; DTFHA, 2010).

### **5.5. Targa e Clifton (2005)**

Apresentaram um modelo de geração de viagens a pé, a nível pessoal, através da Regressão de Poisson e um modelo de Regressão Linear para o percentual de viagens a

pé durante um único dia de viagem. Além de taxas de geração de viagem, associações estatísticas também foram estimadas para a quota de viagens a pé em relação ao total de viagens. A especificação e estimação do modelo de regressão linear é feita através dos mínimos quadrados ordinários para parte das variáveis relacionadas a caminhada. Os dados são obtidos principalmente do NHTS 2001 (*National Household Travel Survey*). As variáveis independentes ficam divididas em quatro características: individuais; atitudes e percepções; forma urbana e uso do solo; sócio-demográficas do bairro.

Os resultados sugerem que a propriedade de veículo, a localização da residência e a renda familiar estão associados com a frequência a pé. Além disso, áreas mais densas, com maior conectividade das vias, diversidade no uso do solo e maior acesso as linhas de ônibus geram maior número de viagens a pé. Os autores discutem também possíveis limitações da abordagem analítica, bem como o grau de generalização dos resultados e suas implicações políticas. Apesar das limitações do potencial da abordagem analítica, a estrutura conceitual e os resultados empíricos apresentados neste trabalho avançam na compreensão da relação entre o uso do solo e comportamento de viagem, auxiliando planejadores de transportes e profissionais da área a melhorar sua compreensão do tema. Os resultados eram esperados, tendo em vista a flexibilidade teórica das viagens não motorizadas no que diz respeito à acessibilidade. O método de esboço do plano é desenvolvido de acordo com períodos de tempo diferentes (horários, dias), níveis espaciais (nível das instalações, nível local e regional) e métodos de estimação (regressão linear, regressão de Poisson, computação simples, entre outros) (TARGA E CLIFTON, 2005; KIM, 2005).

## **5.6. Davis et al. (1991)**

O modelo proposto estima a demanda com dados reais, coletados em segmentos de tempo que duram de 5 a 10 minutos, durante o horário de pico. A medição pode ser feita manualmente ou através de sensores modernos e eficientes que vem se tornando cada vez mais comuns. Como metodologia tem-se a equação simples, sendo necessário obter dados de contagens de tráfego veicular. O método considera apenas o volume existente de pedestres e foi desenvolvido visando proporcionar uma ferramenta de baixo custo para auxiliar na definição dos tempos semafóricos e índices de risco. É de fácil entendimento e baixo custo de implementação (KIM, 2005; DTFHA, 2010).

## **5.7. Kim (2005)**

Ressalta a importância de estimar a demanda verificando os locais que impedem a caminhada, para que sejam remodeladas. O estudo trata do desenvolvimento de um modelo de geração de viagens de pedestres a nível individual, utilizando dados da NHTS. Sensível as variáveis de uso do solo, ele é aplicado sobre uma base de área ampla e validado utilizando dados do Censo. O modelo também utiliza variáveis sócioeconômicas e trata apenas da viagem casa trabalho no período de um dia. As viagens gerais a pé são estimadas, a nível local, utilizando o erro entre o valor previsto e o observado. A análise exploratória é testada com o objetivo de investigar a relação entre as variáveis e os dois tipos de frequência de caminhada. Logo após, algumas variáveis são escolhidas para a modelagem.

Atualmente a falta de dados de uso do solo (processo de coleta difícil e demorado) é compensada com a habilidade em manipular dados e a utilização do SIG. Os métodos de estimação do modelo incluem questões estatísticas, como a Regressão Linear e a Regressão de Poisson, usadas para desenvolver o modelo de geração de viagens a partir da interpretação da distribuição e, também, capturar o comportamento das viagens a pé. Seis modelos foram estimados com diferentes variáveis independentes:

- Modelos 1 e 2 – utiliza técnicas de regressão, considerando todas as variáveis relacionadas as viagens a pé por trabalho.
- Modelos 3 e 4 – concebidos para explicar as características do andar.
- Modelos 5 e 6 – objetivam validar o modelo e prever o número de viagens.

Os resultados desse trabalho demonstram uma estreita relação da escolha pelo modo a pé e fatores socioeconômicos e de uso do solo. Os problemas recaem em dados limitados (não incorporam dados sobre o clima, que interferem diretamente na escolha pelo modo a pé) e erro elevado na frequência de viagens. O tamanho da amostra mostrou-se insuficiente (KIM, 2005).

## **5.8. Schneider *et al.* (2008)**

Estimam o volume de pedestres nas travessias através de um modelo piloto de estrutura simples, baseado em volumes semanais de pedestres em uma amostra de 50

interseções. Utilizam dados sobre uso do solo, características do sistema de transporte e características socioeconômicas da população, que já se encontram disponíveis em fontes como o Censo e outros. Para realização das contagens utilizou-se sensores infravermelhos instalados nas calçadas, que por subestimar o número real de pedestres sofrem ajustes de 20% determinados por contagens manuais. O método pode ser aplicado com sistemas de informação geográfica e um programa de planilha eletrônica básica, utilizando modelagem de regressão. Mais de 50 variáveis foram analisadas para inclusão no modelo, sendo selecionadas aquelas que apresentavam uma relação lógica com o volume de pedestres. A seleção dos locais para realização das contagens é item fundamental para garantir a imparcialidade, sendo preciso compreender também a sazonalidade dos pedestres em função dos horários. Desta forma, optou-se por um processo de amostragem de seleção aleatória, a fim de proporcionar maior variação nas características das interseções. Os autores consideraram três estruturas alternativas de modelo na escolha do modelo final recomendado, que apresenta um bom ajuste global.

Um dos objetivos do estudo é avaliar a exposição ao risco nos cruzamentos, priorizando a segurança. Os resultados demonstram a possibilidade de desenvolver a base de um modelo de previsão para pedestres em interseções de áreas urbanas a partir de amostras relativamente pequenas. Para possibilitar a aplicabilidade em outras áreas e a capacidade preditiva do modelo é recomendada a realização de pesquisas e testes adicionais. Devido às restrições sofridas na sua concepção, o modelo não se adequa as estimativas de volumes em interseções adjacentes aos PGVs (SCHNEIDER *et al.*, 2008).

## **5.9. Hoogendoorn e Bovy (2005)**

O estudo apresenta um modelo baseado na escolha das atividades, onde o usuário opta simultaneamente pela trajetória, área onde as atividades serão realizadas e a ordem em que serão executadas. O modelo descreve o agendamento das atividades e da escolha de rotas para diferentes tipos de pedestres, com percepções distintas dos atributos do percurso. Conclui-se que o pedestre, em suas decisões, considera as limitações da agenda e os riscos envolvendo as atividades, optando pela alternativa que maximiza a utilidade esperada, dentro de limitações de tempo, custo, horário e outras. As incertezas das condições de tráfego refletem na falta de experiência, observação e aleatoriedade nas condições futuras, referente as características de rotas não deterministas.

Na abordagem, a trajetória é definida por uma contínua função no tempo e no espaço e sua escolha parte da facilidade de andar. A facilidade é medida em função da presença de obstáculos físicos e espaciais na infraestrutura, limitações físicas e preferências do viajante, objetivo da viagem e por restrições temporais e espaciais. Sanções pelo não cumprimento de uma atividade previamente planejada são incorporados na estrutura da modelagem e recebem classificação moderada ou alta. Apesar da escolha da teoria normativa não representar integralmente o comportamento humano, os resultados são convenientes e flexíveis para aplicação em modelagem humana e tomada de decisão. Vale ressaltar que a calibração e validação são obrigatórias, podendo ser realizadas através de estudos empíricos anteriores.

Este modelo pode ser usado para medir o fluxo de pedestres. Dentre seus objetivos destacam-se:

- Prever o tempo médio de deslocamento;
- Identificar problemas na infraestrutura;
- Avaliar o posicionamento e as condições das facilidades para o pedestre.

A principal contribuição da pesquisa é a descrição conjunta de programação de atividades e escolha entre uma infinidade de rotas (HOOGENDOORN e BOVY, 2005).

## **5.10. Procedimento proposto para estimar demanda com foco na revitalização urbana (FRENKEL, 2008)**

O procedimento visa estimar e caracterizar a demanda de pedestres por segmento de rota, considerando-se os pólos geradores de viagens a pé (PGVs), as características da rede viária existentes e os atributos intervenientes ao modo a pé. Estruturado em quatro fases inter-relacionadas, com uma sequência lógica, o processo busca a utilização de uma ferramenta computacional acessível, inserindo também metodologias disponíveis, mas com comprovação científica. A abordagem envolve “dimensões representativas das interferências espaciais e a distribuição das atividades na dinâmica da movimentação dos pedestres no espaço urbano”. As etapas são apresentadas a seguir:

### **5.10.1. Caracterização da área de estudo**

Composta por três etapas: caracterização da área de estudo; planejamento urbanístico; e planejamento de tráfego e transportes, tem por objetivo fornecer um inventário da área escolhida por meio da coleta de dados e informações relevantes, dando subsídio às fases subsequentes. Os elementos destacados para compor a pesquisa preliminar são: delimitação geográfica da área; uso do solo local; abrangência administrativa; imposições legislativas; objetivos estabelecidos na etapa de planejamento; escala de atividade dos pedestres; acidentes com pedestres; pesquisas de tráfego; pesquisas de origem e destino, com a divisão modal; dados sócio-econômicos; uso do solo; transporte público, com rotas e frequência. Os objetivos devem ser definidos previamente por uma equipe multidisciplinar e refletir o planejamento estratégico local. A proposta de intervenção urbanística para requalificação da área deverá equilibrar desenho urbano e engenharia de tráfego, sendo capaz de identificar, principalmente, os nós e marcos que se sobressaem.

### **5.10.2. Caracterização e delimitação das áreas de influência dos PGVs a pé**

Visa identificar e avaliar áreas, infraestrutura e empreendimentos que sejam geradoras de viagens a pé (PGV a pé). Frenkel (2008) define PGV a pé como os locais onde se desenvolvem vários tipos de atividades, com um alto poder de atração de viagens a pé. O padrão dos deslocamentos gerados terá perfil e volume variado, em função do tipo de atividade desenvolvida ou o tipo de uso do solo, e pelo porte e localização do empreendimento que, tanto pode ocupar um único prédio, como compor um centro comercial. O padrão de comportamento dos pedestres, com a escolha das rotas será influenciado por fatores como: motivo das viagens e idade dos usuários. Desta forma, o PGV a pé, em função do seu tipo e porte, necessita de estudos específicos para sua implantação, visando minimização dos impactos urbanos e o atendimento as necessidades da população.

Para o desenvolvimento de estudos dos PGV a pé é necessário adotar os seguintes procedimentos:

- Identificação e classificação em relação ao tipo (atividade que desenvolvem) e porte (potencial de atração de viagens a pé);

- Localização na rede viária hierarquizada com a indicação da respectiva classificação;
- Realização de levantamentos *in loco*, tendo em vista a dificuldade na obtenção dos dados capazes de estabelecer os modelos de geração de viagens a pé;
- Elaboração de um quadro síntese, que permita estimar os horários de maior carregamento; caracterizar o tipo de pedestres; ordenar os PGV a pé por capacidade de geração de fluxo; determinar a grandeza desses fluxos (determinada pelo somatório e importância dos fluxos de cada PGV a pé, dentro de sua área de influência); e destacar a rede viária disponível, de acordo com linha de desejo.
- Delimitação da área de influência (onde ocorre a geração de viagens e os impactos no sistema viário e de transportes), possibilitando o planejamento da área de abrangência e o tratamento dos pontos críticos.

### **5.10.3. Caracterização da demanda de pedestres e da infraestrutura viária disponível para o modo a pé**

Busca relacionar a demanda de pedestres com a oferta de infraestrutura viária, de modo a identificar suas qualidades e deficiências e possíveis melhorias. Este processo é dividido em três etapas:

1. Obtenção do Mapa Classificatório dos Segmentos de Vias, utilizando-se atributos do meio físico urbano que influenciam o modo a pé;
2. Elaboração do Mapa de Estudo de Demanda de Pedestres, a partir da localização e delimitação das áreas de influência dos PGV a pé. As “manchas”, formadas pela sobreposição das áreas de influência, são utilizadas para estimar os fluxos de pedestres. A previsão final da demanda se dá, através do somatório das estimativas de fluxo que apresentam tendência de utilização das mesmas rotas.
3. Confecção do Mapa de Qualidade da Infraestrutura Ofertada, por meio do comparativo entre os fatores que facilitam a caminhada e os objetivos a serem alcançados, com foco no ambiente ideal.

#### **5.10.4. Diretrizes para o planejamento de projetos fomentadores do modo a pé**

Esta fase refere-se ao aperfeiçoamento do sistema viário, que em harmonia com os projetos de revitalização urbana, busca atender as necessidades dos pedestres (melhorias na infraestrutura, segurança, entre outros). O comparativo entre os Mapas, desenvolvidos no item anterior, irá auxiliar na identificação e hierarquização dos problemas e no direcionamento das propostas urbanísticas para promover o equilíbrio entre os modais, tornando os espaços atrativos e seguros para os deslocamentos a pé.

#### **5.11. Modelo de predição de fluxo de pedestres aplicado a ambientes urbanos (ZAMPIERI *et al.*, 2007)**

Com grande potencial para prever o fluxo de pedestres nos centros urbanos, o modelo é calibrado e validado utilizando dados coletados em campo, que devem incluir as características morfológicas da cidade. Além de um alto nível de confiabilidade, apresenta uma metodologia de fácil aplicação e tem como premissas a precisão e a simplicidade.

##### **5.11.1. Escolha das bases teóricas**

Por facilitar a análise das relações entre o fluxo de pedestre e as prioridades do espaço urbano, foram selecionadas as teorias de sintaxe espacial e nível de serviço dos passeios. Já como estrutura de processamento para obtenção de pesos e relações, o modelo utiliza as Redes Neurais Artificiais (RNA) baseando-se em um conjunto de dados treinados em paralelo, assumindo que não há regras para definir o comportamento das variáveis. Os atributos funcionam como variáveis de entradas (inputs), tendo como saída o fluxo de pedestres (output) e se relacionam com a calçada (unidade básica).

##### **5.11.2. Criação e processamento do mapa axial de toda a cidade**

A escolha do método deu-se em função de demonstrar um desempenho melhor do que outros. Linhas axiais são traçadas, de forma a atravessar a maior quantidade de espaços convexos possíveis, sem nenhuma deflexão. Após, o mapa é processado pelo programa Axman através de algoritmos matemáticos, que calculam as medidas sintáticas do



desenho urbano. O procedimento proposto possibilita a análise do grande número de linhas e conexões existentes e facilita o entendimento da estrutura da cidade e das características configuracionais do sistema urbano como um todo. Por serem facilmente comparadas entre si foram selecionadas cinco variáveis quantitativas:

1. Integração global ( $R_n$ );
2. Integração local de raio 3 ( $R_3$ );
3. Controle;
4. Conectividade;
5. Profundidade.

### **5.11.3. Medição e contagem das constituições que ligam os passeios às edificações**

O sistema de espaços públicos é carregado de pessoas pelas transições com o espaço privado e a partir das interfaces dos espaços convexos entre si. Desta forma, o acesso aos movimentos é controlado e determinam a ligação aos espaços fora das edificações. As transições entre os espaços são chamadas na sintaxe espacial de constituição e funcionam como ligação entre a parte pública e a privada. No estudo, as constituições são quantificadas em metros lineares, tomadas em relação a cada calçada.

### **5.11.4. Obtenção da base de dados das edificações existentes na área**

Os atratores funcionam como multiplicadores das propriedades, aumentando sua capacidade de gerar encontros e movimento de pedestres, com influência superior àquela resultante das características da configuração urbana. No modelo, os atratores são discriminados em tipologias e seu peso aplicado diretamente ao passeio onde existe a constituição, dando origem as seguintes variáveis:

- Atratores residenciais
- Atratores comerciais
- Atratores de serviço
- Outros atratores

Nos casos em que há portas voltadas para mais de uma calçada, o valor do atrator é igualmente distribuído de acordo com a medida do vão.

### **5.11.5. Escolha dos atributos quantitativos e qualitativos**

O nível de serviço permite avaliar uma calçada de duas formas distintas, porém complementares. No modo quantitativo as variáveis físicas podem ser coletadas facilmente através de medições in loco ou a partir de bases de dados cartográficas. Já o modo qualitativo necessita da determinação de atributos, agrupados por semelhança em medidas de desempenho (MD), avaliadas através de um sistema de pontuação. No estudo de Zampieri *et al.* (2007) tem-se as seguintes medidas de desempenho: comprimento, largura, atratividade, conforto, manutenção, segurança e segurança pública.

### **5.11.6. Coleta do output do modelo, o fluxo de pedestres por calçada na área de estudos**

A saída do modelo foi o fluxo de pedestres em movimento, sendo a coleta realizada através de contagens em cinco períodos diferentes do dia e em cinco dias para cada calçada. Os dois pesquisadores partem de cada uma das extremidades da calçada, contando apenas os pedestres que se posicionam de frente para eles. Após, efetua-se o cálculo de uma média de movimento para cada calçada. A utilização do método visa diminuir discrepâncias e ruído na coleta de dados.

Após realização das etapas metodológicas, estruturou-se as variáveis, processando o modelo com as RNAs. 75% os dados coletados em campo servem para calibragem, elaboração e determinação de pesos das variáveis. Os outros 25% são utilizados na fase de teste para validação. A análise utiliza um software de modelagem de RNA e da reprodução dos dados em planilhas eletrônicas, que permite avaliar a estrutura interna do modelo, os coeficientes de correlação e os erros encontrados. Como existem inúmeros tipos de softwares que modelam RNAs, o pesquisador deverá escolher aquele que melhor se ajuste a suas necessidades.

Os resultados obtidos nesse modelo são considerados satisfatórios, já que possuem grande potencial para avaliar os fluxos de pedestres em centros urbanos. Também são de

fácil aplicação, resultando em dados concisos e precisos. Recomenda-se em trabalhos futuros, uma adaptação para que o modelo possa ser utilizado em municípios de pequeno e grande porte. Os resultados podem ser úteis para o planejamento urbano e a segurança dos pedestres.

## **5.12. Modelo de geração de viagens de pedestres em ambientes urbanos (PULUGURTHA *et al.*, 2006)**

O Principal objetivo desta pesquisa é identificar fatores que possam ser usados para ajudar a estimar viagens a pé em áreas urbanas durante períodos chave do dia, como o pico da manhã, o pico da noite, período da noite fora do pico, e períodos de pico diário (soma dos períodos de pico). Há expectativas também de uma melhora nas estratégias de estimação, além do fornecimento de valiosas informações para o planejamento, projeto, operação e gestão das redes de transporte destinadas aos pedestres.

O foco do estudo são os locais com alta atividade de pedestres. Os dados são influenciados pelas condições socioeconômicas e demográficas, características do tráfego, e uso do solo. Os fatores significativos são identificados através de modelos de regressão linear e outros métodos estatísticos. A metodologia para modelar a geração de viagens de pedestres é também aplicável a outros contextos urbanos. Com o modelo calibrado pode-se estimar as viagens de pedestres em qualquer local de atividade elevada desde que as características socioeconômicas e demográficas sejam conhecidas. Vários critérios são avaliados para selecionar o melhor modelo, que são afetados pelo motivo das viagens. A seguir tem-se uma apresentação do processo de construção do banco de dados e a metodologia proposta neste trabalho:

- Coleta de viagens a pé nos horários de pico
- Banco de dados e dados de desenvolvimento
- Seleção de variáveis – classificar em variáveis contínuas e categóricas
- Diagnóstico inicial - Construir gráficos de dispersão com variáveis dependentes e independentes; promover estudo de correlação entre as variáveis
- Análise de Regressão Linear Múltipla

### **5.12.1. Dados de geração de viagens a pé**

Os volumes foram coletados em locais de alta atividade dos pedestres durante horários pré-determinados. Os locais considerados na análise incluem intercessões e pontos ao longo dos corredores. Dados como renda familiar, densidade populacional, características de uso do solo, presença de pontos de ônibus e escolas, entre outros também foram coletados, utilizando informações do Censo e de outros bancos de informações.

### **5.12.2. Procedimento**

A análise dos dados foi realizada utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Parte do trabalho é composto pelo cálculo de algumas variáveis como se segue:

- Estimação da população dentro da zona de segurança
- Estimativa da renda média familiar
- Estimativa do crescimento das quadras de pedestres.
- Identificação das paradas de ônibus

### **5.12.3. Dados e resultados**

A regressão linear ajudou a construir um modelo que envolve volume de pedestres como variável dependente e outras variáveis como variáveis independentes. Os autores partem para a elaboração de um modelo que inclui todos os importantes fatores e ainda mostra alguma relação direta entre as variáveis. O objetivo é que o produto final deve ser um bom indicador de observações futuras, além de possuir melhor poder explicativo e preditivo. Métodos complexos não são contemplados nessa pesquisa para remover multicolinearidade. Eles não ajudam em termos de explicação das variáveis independentes que estão associados e causam alteração na variável dependente.

Foram criados quatro modelos para os períodos diários selecionados previamente:

1. Modelos de viagens a pé para o horário de pico da manhã
2. Modelos de viagens a pé para o horário de pico da noite
3. Modelos de viagens a pé para a noite, fora do horário de pico
4. Modelos de viagens a pé para períodos de pico diário

#### **5.12.4. Validação do modelo**

A melhor forma de validação do modelo é através da coleta de novos dados. É preciso avaliar, no entanto, se o modelo de regressão desenvolvido a partir de dados anteriores ainda é aplicável para os novos dados. Em caso afirmativo, há uma garantia sobre sua aplicabilidade. Uma forma de medir a real capacidade preditiva do modelo de regressão selecionado é usá-lo para previsão com o novo conjunto de dados e em seguida calcular a média dos erros de previsão ao quadrado.

Os resultados mostram que o pico diário de viagens a pé por hora ocorre em função do número de vias, da renda média familiar e da área residencial próxima ao local de estudo. Já as áreas comerciais e os pontos de parada de transporte não são significativos para a estimativa. Recomenda-se para trabalhos futuros a coleta de dados adicionais para melhorar a precisão dos coeficientes de regressão estimada, sendo que variáveis como características de sinalização, presença ou ausência de faixas de pedestres e calçadas, número de alunos que estudam nas proximidades, entre outras podem ser incorporadas aos modelos. Também é indicada pelos autores, a necessidade de melhor avaliar e compreender os efeitos da área comercial e do tipo de habitação nas viagens a pé.

### **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O modelo a pé vem assumindo cada vez mais importância no planejamento urbano e de transporte, por fazer parte das medidas mitigadoras propostas para os grandes centros urbanos. Os países desenvolvidos vêm investindo cada vez mais em políticas sustentáveis e inclusivas, não só com o objetivo de minimizar os efeitos negativos provocadas pelo tráfego motorizado, como para promover a mobilidade e acessibilidade e reduzir a segregação espacial e de transportes. Dentro desta concepção, incentivar os deslocamentos a pé passa a ser essencial para melhorar as condições de vida da população, promover a equidade, eficiência e qualidade ambiental. As viagens a pé devem ser então avaliadas em toda a sua complexidade. Segundo Zampieri *et al.* (2007) e Schneider *et al.* (2008) o empenho em explicar a natureza da caminhada tem proporcionado o desenvolvimento de modelos capazes de estimar o volume de pedestres ou descrever e avaliar seu fluxo e comportamento.

Este trabalho apresentou várias metodologias utilizadas para modelar o movimento do pedestre. Verifica-se a variedade de técnicas e métodos de modelagem, que servem a

vários propósitos distintos, produzindo resultados diversos. Zampieri *et al.* (2007) chama a atenção para a existência de algumas ferramentas com desempenho limitado, por adaptarem teorias urbanas empíricas a métodos matemáticos ou por utilizarem um conjunto de fundamentos que não se aplicam ao planejamento do modo a pé, já que nasceram de técnicas de predição e análise de veículos.

Outro dado relevante refere-se a geração de viagens a pé. Poucos estudos têm na predição da demanda o seu objetivo principal (ex. Pushkarev e Zupan (1971), Behnam e Patel (1977) e outros). Em grande parte dos trabalhos, a análise do comportamento e da oferta são a base para a construção dos modelos (ex. Schneider *et al.* (2008), Diógenes (2008), entre outros). Mesmo com todo o avanço alcançado, há consenso entre os autores sobre a grande necessidade de se aprofundar nesse campo. Futuras pesquisas são recomendadas, devendo ser direcionadas para o desenvolvimento de métodos de modelagem mais eficientes, que produzam dados mais confiáveis e consistentes sobre a demanda de pedestres. A criação de um método padrão para a geração de viagens a pé é um sonho almejado por todos.

A inclusão da análise dos PGVs nos estudos relacionados aos pedestres vem de encontro ao crescente incentivo desse modo de transporte. Os PGVs produzem grande número de viagens, interferindo, tanto na rede viária como em todo o seu entorno. Desta forma, sua inclusão como estratégia de planejamento faz parte de uma proposta de desenvolvimento mais sustentável para os grandes centros urbanos. Sua análise pode facilitar a compreensão dos fatores que influenciam nas decisões do indivíduo, explicando a geração de viagens. A estratégia visa incentivar a opção pelo transporte não motorizado; estimar impactos e indicar soluções para problemas existentes nas áreas em que os PGVs são instalados; além de avaliar o desempenho de modelos explicativos do comportamento para que sejam mais eficazes. Mesmo reconhecendo a importância do tema, somente o estudo de Frenkel (2008) adentra esse campo. Não foram encontrados registros de pesquisas que incluam a investigação dos impactos dos PGVs na mobilidade do pedestre. A maioria se dedica a medições pontuais em intercessões e calçadas ou se resumem a viagens motivadas por trabalho.

Recomenda-se, portanto, o aprofundamento do tema, com o desenvolvimento de um comparativo entre as técnicas e modelos existentes, além da inclusão dos PGVs no planejamento do modo a pé. Na tentativa de desenvolver pesquisas futuras para analisar carências e limitações, diferentes tipos de modelos estatísticos também devem ser testados.

## Referências

ABDELGHANY, A. F.; MAHMASSANI, H. S. (2003) Temporal-Spatial Micro-Assignment and Sequencing of Travel Demand with Activity/Trip Chains. Paper presented at the 82nd *Annual Meeting of the Transportation Research Board 2003*, Washing D.C.

ALDUÁN, A. S. (2002) “La mayoría silenciada”. In: *Agenda 21: Una Ciudad Sostenible y Azul*, Boletín Informativo, nº. 4, Movilidad y Transporte Sostenible, pp. 25-27. Disponível em: <<http://www.aytolacoruna.es/gl/medioambiente>>, último acesso em setembro de 2006.

AGRAWAL, A. W.; SCHIMEK, P. (2007) Extent and Correlates of Walking in the USA. *Transport Research Part D*, vol. 12, nº. 8, pp. 548-563.

ALSNIH, R.; HENSHER, D. A. (2003) “The mobility and accessibility expectations of seniors in an aging population”. *Transportation Research Part A*, vol. 37, pp. 903-916.

AMÂNCIO, M. A.; SANCHES, S. P. (2005) “Identificação das variáveis do meio físico urbano que incentivam os deslocamentos pelo modo a pé”. In: 1º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável - PLURIS, nº. 184, São Carlos, SP, Brasil.

AÑEZ, C. R. R. (2003) Sistema de avaliação para a promoção e gestão do estilo de vida saudável e da aptidão física relacionada à saúde de policiais militares. Tese de D. Sc. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis, SC, Brasil.

ANTONINI, G. (2005) *A Discrete Choice Modeling Framework for Pedestrian Walking Behavior with Application to Human Tracking in Video Sequences*. Thèse de D. Sc. Faculté Sciences et Techniques de L'ingénieur/Institut de Traitement des Signaux. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland.

ANTONINI, G.; BIERLAIRE, M.; WEBER, M. (2006) “Discrete Choice Models of Pedestrian Walking Behavior”. *Transportation Research Part B*. nº 40, pp 667-687.

ANTP (2009) Sistema de informações da mobilidade urbana: Relatório geral 2008. São Paulo. Disponível em: <<http://portal1.antp.net/site/simob/Downloads/Relatório%20Geral%202008.pdf>>, último acesso em março de 2010.

ARAÚJO, G. P. (1999) Avaliação Qualitativa de Travessias para Pedestres em Cruzamentos Semaforizados. Tese de M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ARAÚJO, G. P.; BRAGA, M. G. C.; SHNEIDER, N. R. (2000) “Medidas de desempenho de infra-estrutura para pedestres. Estudo de caso: travessias semaforizadas na cidade de São Paulo”. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, ano 22, nº. 86, 1º Trimestre, pp. 63-76, São Paulo, SP, Brasil.

ASANO, M.; IRYO, T.; KUWAHARA, M. (2010) Microscopic pedestrian simulation model combined with a tactical model for route choice behaviour. *Transportation Research Part C*.

ASHFORD, N. M. O.; MCGINITY, P. D. (1976) "Stochastic Modelling of Passenger and Baggage Flows through an Airport Terminal." *Traffic Engineering and Control* 17, pp. 207-10.

AUSTROADS (1995) Guide to Traffic Engineering Practice Part 13: Pedestrians.

AXELSON, P. W.; CHESNEY, D. A.; GALVAN, D. V.; *et al.* (1999) *Designing sidewalks and trails for access. Part 1 of 2: Review of existing guidelines and practices*. The United States: U.S. Department of Transportation.

AZEVEDO, C. F. F. G. (2008) Transporte não motorizado e a mobilidade sustentável: deslocamentos a pé na região sudoeste do Recife. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco, CTG. Recife, PE.

BARAT, J. (2001) "Transporte e Mobilidade em São Paulo". Revista dos Transportes Públicos - ANTP, n. 93, 4º Trimestre, pp. 51-74, São Paulo, SP, Brasil.

BARKER, M. (2006) A Survey on Agent-Based Modeling of Pedestrian Movement. University of Central Florida. Orlando, FL - USA

BARROS, E. A. C.; SIMÕES, P. A.; ACHCAR, J. A.; *et al.* (2008) Métodos de estimação em regressão linear múltipla: aplicação a dados clínicos. Revista Colombiana de Estadística, vol. 31, nº. 1, pp. 111-129.

BATTY, M. (2001) Editorial. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 28, pp. 321 – 326.

BATTY, M.; CROOKS, A. (2007) Validating and Verifying Agent-Based Models: *For Planning & Public Policy Analysis*. National Centre for e-Social Science. Centre for Advanced Spatial Analysis - CASA. London

BATTY, M.; TORRENS, P.M. (2001) Modeling Complexity: The Limits to Prediction. Working Paper Series of Centre for Advanced Spatial Analysis - CASA. University College London. Disponível em: <<http://www.casa.ucl.ac.uk/paper36.pdf>>, último acesso em agosto de 2010.

BEHNAM, J.; PATEL, B. G. (1977) *A Method for Estimating Pedestrian Volume in a Central Business District*, Pedestrian Controls, Bicycle Facilities, Driver Research, and System Safety, Transportation Research Record 629, Washington, DC.

BLUE V. J.; ADLER, J. L. (1998) Emergent fundamental pedestrian flows from cellular automata microsimulation. Transportation Research Record 1644, p. 29-36.

BLUE, V. J.; ADLER, J. L. (1999a) Cellular automata microsimulation of bi-directional pedestrian flows. *78th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, nº. 1678, pp. 135-141. Washington, DC.

BLUE V. J.; ADLER, J. L. (1999b) Bi-directional emergent fundamental pedestrian flows from cellular automata microsimulation. 14<sup>th</sup> International Symposium on Transportation and Traffic Theory. Transportation Research Institute, pp. 235-254. Jerusalém, Israel.

BLUE, V. J.; ADLER, J. L., (1999c) Modeling four-directional pedestrian flows. *80th Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington, DC.

BLUE, V.J.; ADLER, J. L. (2000) Cellular automata model of emergent collective bi-directional pedestrian dynamic. Artificial Life VII: Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Life, eds. M.A. Bedau, J.S Mc Caskill, N.H Packard, e S. Rasmussen, MIT Press, Cambridge, pp. 437- 445.

BLUE, V. J.; ADLER, J. L. (2001) Cellular automata microsimulation for modeling bi-directional pedestrian walkways. Transportation Research Part B, nº. 35, pp. 293 – 312.



- BORGERS, A.; TIMMERMANS, H. (1986) A Model of Pedestrian Route Choice and Demand for Retail Facilities within Inner-City Shopping Areas. *Geographical Analysis*, vol. 18, nº. 2, Ohio State, US.
- BOTELHO, F. V. U. (1996) As Viagens a Pé na Região Metropolitana de São Paulo: Um Estudo de Mobilidade dos Pedestres, Tese de M. Sc., Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.
- BRASIL (1997) Código de Trânsito Brasileiro. Lei nº. 9.503 de 23 de outubro de 1997. Ministério da Justiça, Brasília.
- BTS/Bureau of Transport Statistics (2000) *Bicycle and Pedestrian Data: Sources, Needs & Gaps*. U. S. Department of Transport. Bureau of Transport Statistics BT 00-02, Washington, DC, EUA.
- BUEHLER, R. (2008) *Transport policies, travel behavior, and sustainability: a comparison of Germany and The U.S.* Dissertation of Doctorate of Philosophy. Doctoral Program in Planning and Public Policy. The State University of New Jersey. New Jersey. USA.
- CAO, X., HANDY, S. L., MOKHTARIAN, P. L. (2005) "The Influences of the Built Environment and Residential Self-Selection on Pedestrian Behavior", In: Annual Meeting of the Transportation Research Board.
- CARDOSO, C. E. P. (2002) Tendências – para onde caminha São Paulo – Parte III – A pesquisa OD 1997 e pesquisa de aferição 2002. Disponível em: <www.sinaldetransito.com.br>, último acesso em dezembro de 2007.
- CARDOSO, C. E. P. (2005) "A evolução da mobilidade no município de São Paulo: análise agregada e desagregada - 1987 a 1997". *Caminhos de Geografia*, vol. 13, nº. 16, pp. 125-144, Brasil.
- CASTLE, C. J. E.; CROOKS, A. T.; LONGLEY, P. A.; BATTY, M. (2006) Agent-Based Modelling and Simulation using Repast: A Gallery of GIS Applications. *Proceedings of the 14th Geographical Information Systems Research UK Conference*, The University of Nottingham, England, pp. 237-239.
- CASTRO, C. L. N.; SANTOS, J. A. C. B.; LEIFELD, P. S.; *et al.* (2000) "Estudo da marcha em Idosos – resultados preliminares". *Acta Fisiátrica*, vol. 7, nº. 3, pp.103-107.
- CITY OF PORTLAND (1998) Portland Pedestrian Plan. Office of Transportation, Portland.
- CET SP (1978) *Áreas de Pedestres*. Boletim Técnico, nº 17, São Paulo.
- CLIFTON, K. J.; KRIZEK, K. J. (2004) *The Utility of the NHTS in Understanding Bicycle and Pedestrian Travel*. NHTS – National Household Travel Survey Conference: Understanding Our Nation's Travel. Washington, DC, EUA.
- COLIBI; COLIPED (2007) Position and recommendations of the European Bicycle and Two-Wheeler. Green Paper on Urban Transport.
- COLUNGA, M. B. (2007) "Integrando la transportación com el ambiente: red de paseos ciclistas y peatonales para el área metropolitana de San Juan – Puerto Rico". In: XIV Congreso Latinoamericano de Transporte Público – CLATPU, pp. 1-12, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- COSTA, M. S.; MACEDO, M. H.; SILVA, A. N. R. (2006) A construção do novo paradigma da mobilidade urbana em cidades brasileiras. *PLURIS – 2º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*
- DAAMEN, W., HOOGENDOORN S. P. (2003), "Experimental Research of Pedestrian Walking Behavior", *Transport Research Record*, nº 1828, pp 20-30.

DAROS, E. J. (2004) "O risco de atropelamento". Associação Brasileira de Pedestres – ABRASPE. Disponível em: <[www.pedestre.org.br](http://www.pedestre.org.br)>, último acesso em outubro de 2007.

DAVIS, S. E.; KING, L. E.; ROBERTSON, H. D. (1991) *Predicting Pedestrian Crosswalk Volumes*, Transportation Research Record, nº. 1168, Washington, DC.

DENATRAN/Departamento Nacional de Trânsito (1979) Diretrizes de segurança de trânsito. Ministério da Justiça, Brasília, DF, Brasil.

DENATRAN/Departamento Nacional de Trânsito (1984) Manual de Semáforos. Ministério da Justiça, 2ª ed., Coleção Serviços de Engenharia, nº. 4, pp. 172, Brasília.

DENATRAN/Departamento Nacional de Trânsito (2000) Manual brasileiro de sinalização de trânsito: sinalização de áreas escolares. Ministério da Justiça, pp. 96, Brasília, DF, Brasil.

DfT/Department for Transport (2001) Puffin Pedestrian Crossing. Traffic Advisory Leaflet 1/01. Disponível em: <<http://www.dft.gov.uk>>, último acesso em dezembro de 2009.

DIJKSTRA, J., & TIMMERMANS, H. (2002). Towards a multi-agent model for visualizing simulated user behavior to support the assessment of design performance. *Automation in Construction*, pp. 135–145.

DIÓGENES, M. C. (2008) *Método para Avaliar o Risco Potencial de Atropelamentos em Travessias Urbanas em Meio de Quadra*. Tese de Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil.

DIXON, L. B. (1996) Bicycle and Pedestrian Level-of-Service Performance Measures and Standards for Congestion Management Systems. In: *Transportation Research Record 1538*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., p. 1-9.

DMVC/ Department of Motor Vehicle of California (2005). *California Drivers Handbook*. State of California.

DRFOX (2010) Introduction to Micro-simulation. Disponível em: <<http://www.microsimulation.drfox.org.uk/intro.html>> último acesso em julho de 2010.

DTCS/Department of Transportation City of Sacramento (2006) City of Sacramento Pedestrian Master Plan. Executive Summary.

DTFHA (2010) Guidebook on Method to Estimate Non-Motorized Travel: Supporting Documentation. U.S. Department of Transportation's Federal Highway Administration - Research, Development, & Technology. Publication NO. FHWA-RD-98-166. Disponível em: <<http://www.fhwa.dot.gov/tfhrc/safety/pubs/vol2/sec2.4.htm>> último acesso em julho de 2010.

EFMA (2010) Regressão Linear. Pós-Graduação em Saúde Coletiva – UFMA – Métodos Estatísticos em Epidemiologia. Disponível em: <<http://www.pgsc.ufma.br/arquivos/regressaolinear.pdf>> último acesso julho de 2010.

ERCOLANO, J. M.; OLSON, J. S.; SPRING, D. M. (1997) *Sketch-Plan Method for Estimating Pedestrian Traffic for Central Business Districts and Suburban Growth Corridors*, Transportation Research Record 1578, Washington, DC.

FANG, W.F., YANG, L.Z., FAN, W.C., 2003. Simulation of bi-direction pedestrian movement using a cellular automata model. *Physica A*, n. 321, pp. 633–640.

FERREIRA, M., SANCHES, S. (2001) "Índice de Qualidade das Calçadas – IQC". *Revista dos Transportes Públicos - ANTP*, vol. 91, Ano 23, 2º Trimestre, pp. 47-60, São Paulo, SP, Brasil.

FERREIRA, M. V. R. P. G.; GRAMANI, L. M.; KAVISKI, E. (2010) Departamento de Teoria de tráfego de pedestres usando os conceitos de fluido para um sistema macroscópico. XVI Congresso Pan-Americano de Engenharia de Tráfego e Transportes e Logística – PANAM. CESUR / Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal.

FIGUEIREDO, C. F.; MAIA, M. L. A. (2006) Deslocamentos não motorizados: diretrizes da política pública e a realidade local. In: XX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET, vol. 1, pp. 111-118, Brasília, DF, Brasil.

FLÓREZ, J. (2007b) “Un viejo paradigma urbano: la calle como lugar de encuentros cara a cara”. Paradigmas urbanos. Conceptos e ideas que sostienen la ciudad actual. Universidad General Sarmiento. Buenos Aires. Capítulo de libro arbitrado, pp. 79-100.

FLÓREZ, J. (2007a). Factors affecting the decision to walk: An exploratory case study in Caracas. *11th World Conference on Transport Research*. Berkeley, Estados Unidos. Compendium of papers CD-Rom.

FONTES, A. M. L. C., RAMOS, R. A. R., LOURENÇO, J. M. B. B., *et al.* (2005), “Qualidade Pedonal Urbana. O Caso de Braga”. *1º Congresso Luso-Brasileiro para Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável - PLURIS*. CD ROM.

FORTE, M. G., BODMER, M. (2004) “As diferenças de percepção dos diferentes agentes sobre os atributos de qualidade de serviço de transporte urbano de passageiros na travessia da Baía de Guanabara”. In: XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET, vol. 1, pp. 700-712, Florianópolis, SC, Brasil.

FRENKEL, D. B. (2008) *A Revitalização Urbana e as Viagens a pé: uma Proposta de Procedimento Auxiliar na Análise de Projetos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, RJ.

FRIEDMAN, B.; GORDON, S. P.; PEERS, J. B. (1994) Effect of Neotraditional Neighborhood Design on Travel Characteristics. *Transportation Research Record*, n. 1466, pp. 63-70.

FRUIN, J.J. (1971) *Pedestrian Planning and Design*. New York, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners.

GAWRYSZEWSKI, V. P.; JORGE, M. H. P. de M.; KOIZUMI, M. S. (2004) “Mortes e internações por causas externas entre os idosos no Brasil : o desafio de integrar a saúde coletiva e atenção individual”. In: Revista Associação Médica Brasileira; nº. 50, pp. 97-103. Trabalho realizado no National Center for Injury Prevention and Control Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, USA. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ramb/v50n1/a44v50n1.pdf>> último acesso em julho de 2007.

GDOT (2003). *Pedestrian and Streetscape Guide*. Georgia Department of Transport. EUA.

GOLD, P.A. (2003) Melhorando as Condições de Caminhada em Calçadas. Nota Técnica. GOLD Projects, São Paulo, S.P, Brasil.

GOMIDE, A. A. (2003) “Transporte Urbano e Inclusão Social”. Texto para discussão nº 960, IPEA, Brasília, DF, Brasil.

GONÇALVES, J. A. M. (2006) Contribuição à análise quantitativa das potencialidades do trem de passageiros em integrar a estrutura urbana. Tese de D. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

GONDIM (2001), *Transporte não Motorizado na Legislação Urbana do Brasil*. Tese de Mestrado em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, RJ.

GREENE-ROESEL, R., DIOGENES, M. C., RAGLAND, D. R., *et al.* (2007) Qualitative Comparison of North-American Procedures for Areawide Pedestrian Travel Measurement. *Transports*. v. XV, nº 2, pp 26-33.

GRESCHKE (2010) Disponível em: <[http://www.pucrs.br/feng/civil/professores/terezinha/Transportes\\_Geracao\\_de\\_Viagens.pdf](http://www.pucrs.br/feng/civil/professores/terezinha/Transportes_Geracao_de_Viagens.pdf)> último acesso em junho de 2010.

GUIDEBOOK (1999) *Guidebook on Methods to Estimate Non-Motorized Travel: Overview of Methods*. Publication No. FHWA-RD-98-165. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration.

HARNEY, D. (2002) Pedestrian modelling: Current methods and future directions. *Transport Research*. Disponível em: < [http://findarticles.com/p/articles/mi\\_qa3927/is\\_200212/ai\\_n9157014/](http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3927/is_200212/ai_n9157014/) >, último acesso em setembro de 2010.

HELBING, D. (1991) A Mathematical Model for the Behavior of Pedestrians. *Behavioral Science*, v. 36, pp. 298–310.

HELBING, D. (1992) Models for Pedestrian Behavior. In: Natural Structures. *Principles, Strategies, and Models in Architecture and Nature*, Part II, pp. 93–98.

HELBING, D. (1992) A Fluid Dynamic Model for the Movement of Pedestrians. *Complex Systems*. v.6, n.5, pp. 391–415.

HELBING, D.; P. MOLNÁR; I. J. FARKAS E K. BOLAY (2001) Self-organizing pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning & Design*. v. 28, pp. 361–383.

HENDERSON, L. F. (1974) On the fluid dynamics of human crowd motion. *Transportation Research* 8, pp. 509-515.

HOOGENDOORN, S. P.; BOVY, P. H. L. (2002) Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models. *Transportation Research B*; accepted for publication.

HOOGENDOORN, S. P.; BOVY, P. H. L. (2002) “Normative Pedestrian Behaviour Theory and Modelling.” In Michael A.P. Taylor (ed.), *Transportation and Traffic Theory in the 21st Century*, Oxford: Pergamon, Elsevier Science, pp. 219–245.

HOOGENDOORN, S. P.; BOVY, P. H. L. (2004) Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models. *Transportation Research Part B*, nº 38, pp. 169–190.

HOOGENDOORN, S. P.; BOVY, P. H. L. (2005) Pedestrian Travel Behavior Modeling. *Networks and Spatial Economics*, nº 5, pp. 193–216

HORTON, F. E.; SCHULDINER, P. W. (1967) The analysis of land use linkages, *Highway Research Record*, nº. 165, pp. 96–107.

IBGE/ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000) Censo Demográfico 2000. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>, acesso em setembro de 2009.

ISHAQUE, M.M. (2006) Policies for Pedestrian Access: Multi-Modal Trade-Off Analysis Using Micro-Simulation Techniques. Dissertation of Doctorate. Centre for Transport Studies. Imperial College London.

ITE/Institute of Transportation Engineers (2005) *National Bicycle and Pedestrian Documentation Project: Description*. Institute of Transportation Engineers Pedestrian & Bicycle Council. Alta Planning + Design, Inc.

ITRANS/Instituto de Desenvolvimento e Informação em Transporte (2004) Mobilidade e Pobreza. Pesquisa sobre a mobilidade urbana na população de baixa renda: Relatório Final, Brasília, DF, Brasil.

JONES, M.; BUCKLAND, L. (2008) *Estimating Bicycle and Pedestrian Demand in San Diego*. TRB Annual Meeting CD-ROM.

JUNQUEIRA, E. (2003) "A Circulação de Pedestres". Revista dos Transportes Públicos -ANTP, nº. 100, Ano 25, 3º trimestre, pp.159-166, São Paulo, SP, Brasil.

KHISTY, C. (1994) "Evaluation of Pedestrian Facilities: Beyond the Level-of-Service Concept". *Transportation Research Record*, nº. 1438, pp. 45-50, Washington, DC.

KIM, N. S. (2005) *Trip Generation Model for Pedestrians Based on NHTS 2001*. Master of Science Dissertation. University of Maryland. USA.

KITAZAWA, K.; BATTY, M. (2004). Pedestrian behaviour modelling: An application to retail movements using a genetic algorithm. In Seventh international conference on design and decision support systems in architecture and urban planning.

KNEIB, E. C. (2004) Caracterização de empreendimentos geradores de viagens: contribuição conceitual à análise de seus impactos no uso, ocupação e valorização do solo urbano. Dissertação de Mestrado em Transportes. Universidade de Brasília. Brasília, DF.

KRAUS, M. F. C. (1997). Moderação do tráfego - Recomendações e Critérios visando sua aplicação nas áreas urbanas brasileiras. Dissertação de em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, RJ.

KUROSE, S.; HAGISHIMA, S. (1995) A Method for Identifying Accessibility Properties of Pedestrian Shopping Networks. *Journal of Retailing and Consumer Services*, v. 2, n. 2, p. 111-118.

LANDIS, B.; VATTIKUTI, V.; McLEOD, D.; GUTTENPLAN, M. (2001) Modeling the Roadside Walking Environment: Pedestrian Level of Service. *Transportation Research Record*. 1773, TRB, p. 82-88.

LARRANAGA, A. M. ; CYBIS, H. B. (2007) *Análise do padrão comportamental de pedestres*. In: XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET. Rio de Janeiro, RJ.

LEE, C.; MOUDON, A. V. (2006) "The 3Ds + R: Quantifying land use and urban form correlates of walking". *Transportation Research Part D*. vol. 11, pp. 204-215.

LEVY, S. (1992) *Artificial Life*. Vintage Books, New York.

LITMAN, T. (2003) "Evaluating Criticism of Smart Growth". Victoria Transport Policy Institute, pp. 1-67, Canada.

LITMAN, T. (2006) *Pedestrian and Bicycle Planning: A guide to Best practices*. Victoria Transport Policy Institute. April, pp. 1-89. Canadá.

LITMAN, T. (2009) "Quantifying the Benefits of Nonmotorized Transportation For Achieving Mobility Management Objectives". Victoria Transport Policy Institute, pp. 1-37, Canada.

LØVÅS, G. G. (1994) Modeling and Simulation of Pedestrian Traffic Flow. *Transportation Research part B: Methodological*. v. 28. n. 6, p. 429-443.

LTNZ/Land Transport New Zealand (2005), *Pedestrian network Planning and Facilities Design Guide*. Land Transport New Zealand, NZ.

LTNZ/Land Transport New Zealand (2007) *Pedestrian Planning and design guide*. Wellington, New Zealand. Disponível em: <[www.landtransport.govt.nz](http://www.landtransport.govt.nz)>, último acesso agosto/2009.

MACEDO, M. H., SORRATINI, J. A. (2006), "Recomendações para Implantação de Dispositivos para Travessia de Pedestres". *PLURIS – 2º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*.

MACLACHLAN, I. (2010) *Spatial Interaction*. Disponível em: <<http://classes.uleth.ca/200503/geog3235a/Spatial%20Interaction.htm>>, ultimo acesso em julho de 2010.

MAGALHÃES, M. T. Q. RIOS, M. F.; YAMASHITA, Y. (2004) "Identificação de padrões de posicionamento determinantes do comportamento dos pedestres". In: XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET, vol. II, pp. 999-1010. Florianópolis, SC, Brasil.

MARSHMENT, R. (2000) *Transportation Planning Challenges and Opportunities*. Committee on Transportation Planning Applications, University of Oklahoma. Disponível em <<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/millennium/00129.pdf>>, último acesso em novembro de 2009.

MARTIN, J., H. MELTZER and D. ELLIOT (1988), "The Prevalence of Disability among Adults", *OPCS Surveys of Disability in Great Britain*, Report 1, Office of Population Censuses and Surveys, HMSO, London.

MATOS, O. C. (2000) *Econometria básica: teoria e aplicações*. Editora Atlas, 3ª edição, pp. 304.

MCIDADES (2004) *Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável. Princípios e Diretrizes aprovadas no conselho das cidades em setembro de 2004*. Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana. Ministério das Cidades, Brasília, DF, Brasil.

MCIDADES (2005) *Mobilidade e política urbana: Subsídios para uma Gestão Integrada*. Rio de Janeiro. Disponível em: <[www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br)>, último acesso em março de 2007.

MCIDADES (2006), "Construindo a Cidade Acessível", *Programa Brasileiro de Acessibilidade Urbana – Brasil Acessível, Caderno 2*. Ministério das Cidades. Brasil.

MELO, F. B.; MOREIRA, M. E. P. (2005) "O pedestre como componente básico da concepção dos espaços públicos". In: XIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET, vol. 2, pp. 1081-1092. Recife, PE, Brasil.

MELO, F. B. (2005) *Proposição de medidas favorecedoras à acessibilidade e mobilidade de pedestres em áreas urbanas. Estudo de caso: o centro de Fortaleza*. Tese de M. Sc., Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.

MIRANDA, V. A. A.; CABRAL, S. D. (2005) "A circulação dos pedestres na cidade do Rio de Janeiro". *Revista dos Transportes Públicos - ANTP*, nº. 106, Ano 27, 2º Trimestre, pp. 51-58. São Paulo, SP, Brasil.

NAGEL, K., RASMUSSEN, S. (1994) *Traffic at the edge of chaos*. Apresentado em: *Artificial Life IV: Proceedings of the Fourth International Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems*. pp. 222-225.

NAGEL, K., SCHRECKENBERG, M. (1992) *A cellular automaton model for freeway traffic*. *Journal of Physique*, pp. 2221-2228.

NETO, J. C. (1996) *Aplicações da engenharia de tráfego na segurança dos pedestres*. Tese de M. Sc., Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, SP, Brasil.

NICOLAS, J. P.; POCHEA P.; POIMBOEUF, H. (2003) "Towards sustainable mobility indicators: application to the Lyons conurbation". *Transport Policy*, vol.10, pp. 197-208. France.

NJDOT (1999) *Pedestrian Compatible Planning and Design Guidelines*. New Jersey Department of Transportation, EUA.

OECD/ Organisation for Economic Co-operation and Development (2001) *Ageing and transport: Mobility needs and safety issues*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

PAIVA, C. (2009) Modelagem em Tráfego e Transporte. Disponível em: <[http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/modelagem\\_de\\_viagens.pdf](http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/modelagem_de_viagens.pdf)>, último acesso em dezembro de 2009.

PAPADIMITRIOU, E.; YANNIS, G.; GOLIAS, J (2009) A critical assessment of pedestrian behaviour models. *Transportation Research Part F*, v.12, pp. 242–255.

PDTU/Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (2005) Companhia Estadual de Engenharia de Transportes e Logística – CENTRAL, Governo do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

PMSP/Prefeitura do Município de São Paulo (2004) Os Custos do Deslocamento do Trabalho no Brasil, tomou por base informações da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Maio. São Paulo, Brasil. pp. 12. Disponível em: <[http://www.econ.fea.usp.br/nereus/eae503/os\\_custos\\_do\\_deslocamento\\_do\\_trabalho\\_no\\_brasil.pdf](http://www.econ.fea.usp.br/nereus/eae503/os_custos_do_deslocamento_do_trabalho_no_brasil.pdf)>, último acesso em Junho de 2005.

PORTUGAL, L DA S.; FLÓREZ, J. (2006) Latin American Transportation Research Network: A Tool for Transforming and Upgrading the Quality of Life. *85th Transportation Research Board*. CD Format. Washington: TRB.

PORTUGAL, L DA S.; GOLDNER, L. G. (2003) *Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes*. São Paulo, Edgard Blucher, 1ª edição.

PUCHER, J. (2003), ‘Promoting safe walking and cycling to improve public health: lessons from the Netherlands and Germany’, *American Journal of Public Health*, Vol. 93, pp.1509-1516.

PULUGURTHA, S.; MAHESHWARI, P.; NAMBISAN, S. (2006) Modeling Pedestrian Trip Generation in Urban Areas. *85th Transportation Research Board Annual Meeting CD-ROM*, Washington, DC, EUA.

PUSHKAREV, B. S.; ZUPAN, J. M. (1971) Pedestrian Travel Demand, Highway Research Record 355, Washington, D.C

RAFORD, N.; RAGLAND, D. R. (2003) Space Syntax: An Innovative Pedestrian Volume Modeling Tool for Pedestrian Safety. Institute of Transportation Studies. University of California, Berkeley. USA.

RAFORD, N.; RAGLAND, D. R. (2006) Pedestrian Volume Modeling for Traffic Safety and Exposure Analysis: The Case of Boston, Massachusetts. TRB Annual Meeting CD-ROM.

RICKERT, M.; NAGEL, K.; SCHRECKENBERG, M.; *et al.* (1995) Two-lane traffic simulations using cellular automata. Los Alamos Unclassified Report 95:4367, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico; 1996. pp. 534.

RIETVELD, P. (2000), “Non-motorized Modes in Transport Systems: A Multimodal Chain Perspective for The Netherlands”. *Transportation Research Part D*. nº 5, pp 31-36.

RODRIGUE, J. P. (2010) Spatial Interactions. The Geography of Transport Systems. Disponível em: <<http://www.people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch5en/meth5en/ch5m1en.html>> último acesso em julho de 2010.

RONALD, N. A. (2007), *Agent – based Approaches to Pedestrian Modeling*. Master of Engineering Science in the Department of Computer Science and Software Engineering of the University of Melbourne. Australia.

RONALD, N.; KIRLEY, M (2006). Pedestrian Modelling: a comparative study using agent-based cellular automata. Springer- Verlag Berling Heidelberg. pp. 248-255.

RONALD, N.; STERLING, L.; KIRLEY, M. (2007) *An Agent-Based Approach To Modelling Pedestrian Behaviour*. International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology, vol. 8, nº. 1, pp. 25-39.

RTA/Roads and Traffic Authority *Vulnerable pedestrians* (2009) New South Wales Government Disponível em: <<http://www.rta.nsw.gov.au/roadsafety/pedestrians/index.html>>, último acesso em outubro de 2009

RYAN, S.; McNALLY, M. G. (1995) Acessibility of Neotraditional Neighborhoods: A Review of Design Concepts, Policies, and Recent Literature. *Transportation Research A*, 29A (2): pp. 87-196

SANT'ANNA R. M. (2006) Mobilidade e segurança no trânsito da população idosa: um estudo descritivo sobre a percepção de pedestres idosos e de especialistas em engenharia de tráfego. Tese de D. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SARAH (2007) Acidentes de Trânsito Pedestres: Caracterização dos Pacientes. In: Rede SARAH de Hospitais, Brasília, D.F. Disponível em: <<http://www.sarah.br>>, último acesso em outubro de 2007.

SCHLOSSBERG, M.; BROWN, N. (2003) Comparing Transit Oriented Developments Based on Walkability Indicators. *Transportation Research Board Annual Meeting CD-ROM*. Washington, DC, EUA.

SCHNEIDER, R.J.; ARNOLD, L.S.; RAGLAND, D.R. (2008) *A Pilot Model for Estimating Pedestrian Intersection Crossing Volumes*. TRB Annual Meeting CD-ROM.

SCOVINO, A. S. (2008), *As Viagens a Pé na Cidade do Rio de Janeiro: um Estudo da Mobilidade e Exclusão Social*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, RJ.

SEADE/Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (2006) Mortalidade por atropelamento. SP Demográfico. Resenha de Estatísticas Vitais do Estado de São Paulo, ano 7, nº. 3. Disponível em: <[www.seade.gov.br](http://www.seade.gov.br)>, último acesso em junho de 2007.

SEIXAS, A. M., MATSUDO, S. M. M., MATSUDO, V. K. R., *et al.* (2003) “Padrão da prescrição de atividade física realizada por médicos ortopedistas brasileiros”. *Revista Brasil Ciência e Movimento*, vol. 11 nº. 2, pp. 63-69. Brasília, DF, Brasil.

SILVA, A., LARA, S. (2006), “Abordagens Conceituais, Teóricas e Metodológicas Aplicáveis no Estudo do Movimento de Pedestres”. *PLURIS – 2º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*.

SIMON, P.M., GUTOWITZ, H.A. (1998) Cellular automaton model for bidirectional traffic. *Physical Review E* 57, pp. 2.441-2.444.

SOUSA (2009) Regressão. Disponível em: <[http://www.esac.pt/nsousa/6\\_regressao.pdf](http://www.esac.pt/nsousa/6_regressao.pdf)> último acesso em julho de 2010.

SOUZA, R. K. T., SOARES, D. F. P. P., MATHIAS, T. A. F., *et al.* (2003) “O Idosos vítimas de acidentes de trânsito: aspectos epidemiológicos e impacto na sua vida cotidiana”. *Acta Scientiarum. Health Sciences*, vol. 25, nº. 1, pp. 19-25. Maringá. Paraná, PR, Brasil.

SUTHERLAND, D. H., OLSHEN, R. A., BIDEN, E. N., *et al.* (1988) “The development of mature walking”. Oxford, Mac Keith press, Philadelphia.

TARGA, F.; CLIFTON, K. (2005) Built Environment and Trip Generation for Nonmotorized Travel, *Journal of Transportation and Statisti*, vol. 8, nº. 3.



TEKNOMO, K. (2006) Application of microscopic pedestrian simulation model. *Transportation Research Part F*, n. 9, p. 15-27

TfL/Transport for London (2004), *Making London a Walkable City. The Walking Plan for London*. Mayor of London, Reino Unido.

THORSON, O. (2002) “Movilidad Sostenible”. In: Agenda 21: Una Ciudad Sostenible y Azul, Boletín Informativo nº. 4, Movilidad y Transporte Sostenible, pp. 3-14. Disponível em: <<http://www.aytolacoruna.es/gl/medioambiente/dinamico3.jsp?sector=1083053461293-622>>, último acesso em setembro de 2006.

TRB (2000), *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board. Washington, EUA.

USP (2010a) “Regressão Linear Simples”. Disponível em: <<http://www.erudito.fea.usp.br/PortalFEA/Repositorio/445/Documentos/REGRESS%C3%83O%20LINEAR%20SIMPLES-PARTE%201.doc>> último acesso em julho de 2010.

USP (2010b) Redes Neurais Artificiais. Disponível em <<http://www.icmc.usp.br/~andre/research/neural/>>, último acesso em setembro de 2010.

VALDES, A. (1988) *Ingenieria de Trafico*, 3ª ed., Madrid, Libreria Editorial Bellesco.

VASCONCELLOS, E.A. (1995). “A crise do planejamento de transportes nos países em desenvolvimento: reavaliando pressupostos e alternativas”. *Transporte*. Vol. 3 N 2. Brazil: ANPET.

VASCONCELLOS, A. (2000) *Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento Reflexões e Propostas*, 3 ed., São Paulo, Annablume Editora.

VASCONCELLOS, A. (2001) *Transporte Urbano, espaço e equidade Análise das políticas públicas*, 2 ed., São Paulo, Annablume Editora.

VASCONCELLOS, E.A. (2005) *Desvendando a Política Brasileira de Mobilidade Urbana*. In: Subsídio ao 15º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. ANTP - São Paulo, SP, Brasil.

VIOLA, P.; JONES, M.; SNOW, D. (2005) *Detecting pedestrian using patterns of motion and appearance*. *International Journal of Computer Vision*, vol. 63, nº. 2, pp. 153-161.

VOLVO (2010) The all-new Volvo S60 – sculpted to move you. Volvo Car Corporation, Global Newsroom. Disponível em: <[www.media.volvocars.com](http://www.media.volvocars.com)>, último acesso em Janeiro de 2010.

VTPi/Victoria Transport Policy Institute (2007a) “Walkability Improvements Strategies to Make Walking Convenient, Safe and Pleasant”. *Transportation Demand Management Encyclopedia*. Canada. Disponível em: <<http://www.vtpi.org/tdm/tdm92.htm>>, último acesso em junho de 2007.

VTPi/Victoria Transport Policy Institute (2007b) *Evaluating Accessibility for Transportation Planning*. Canadá. Disponível em: <<http://www.vtpi.org/access.pdf>>, último acesso em outubro de 2007.

VTPi/Victoria Transport Policy Institute (2009), *Online TDM Encyclopedia*. Traffic Calming and Roundabouts. Disponível em: <[www.vtpi.org](http://www.vtpi.org)> último acesso em dezembro de 2009.

WHEELER, J. O. (1972) Trip purpose and urban activity linkages. *Annual Assembly American Geographic*, n. 62, pp. 641-654.

WIKIPÉDIA (2010a) “Regressão”. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Regress%C3%A3o>> último acesso em julho de 2010.

WIKIPÉDIA (2010b) Regressão de Poisson. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Regress%C3%A3o\\_de\\_Poisson](http://pt.wikipedia.org/wiki/Regress%C3%A3o_de_Poisson)> último acesso em julho de 2010.

WIKIPÉDIA (2010c) Spreadsheet. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Spreadsheet>> último acesso em julho de 2010.

WIKIPÉDIA (2010d) Econometric Microsimulation. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Microsimulation>>, último acesso em julho de 2010.

WIKIPÉDIA (2010e) Visibility Graph Analysis. Disponível em: <[http://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse\\_par\\_graphe\\_de\\_visibilit%C3%A9](http://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_par_graphe_de_visibilit%C3%A9)>, último acesso em setembro de 2010.

WIKIPÉDIA (2010f) Multi-agent system. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Multi-agent\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Multi-agent_system)>, último acesso em setembro de 2010.

WOLFRAM, S. (1994). Cellular automata and complexity. Addison – Wesley, Reading. MA.

WORLD BANK (2002) Cities on the Move: A World Bank Urban Transport Strategy Review. Washington, DC. The International Bank Reconstruction and Development / The World Bank.

XU, F.; LIU, X.; FUJIMURA, K. (2005) *Pedestrian Detection and Tracking With Night Vision*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 6, nº. 1, pp. 63-71.

YANG, L.; FANG, W.; LI, J.; HUANG, R; *et al.* (2003) *Cellular automata pedestrian movement model considering human behavior*. Chinese Science Bulletin, vol. 48 nº 16, pp.1695.

ZAMPIERI, F.L.L. (2006) Modelo estimativo de movimento de pedestres baseado em sintaxe espacial, medidas de desempenho e redes neurais artificiais. Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil.

ZAMPIERI, F. L., M. C. DIOGENES, D. RIGATTI (2007), “Modelo de Predição de Fluxo de Pedestres Aplicado em Ambientes Urbanos”. In: *XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET 2007*. Rio de Janeiro, RJ. CD ROM.

ZEEGER, C. V., SEIDERMAN, C., LAGERWEY, P., *et al.* (2002) “Pedestrian Facilities User Guide: Providing Safety and Mobility”. Highway Safety Research Center, Federal Highway Administration, Publication, FHWA-RD-01-102. Disponível em: <<http://www.walkinginfo.org/pdf/peduserguide/peduserguide.pdf>>, último acesso em junho/2007.