

FABÍOLA DE OLIVEIRA AGUIAR

**Acessibilidade Relativa dos Espaços Urbanos para Pedestres
com Restrições de Mobilidade**

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia
de Transportes como parte dos requisitos para a obtenção
do Título de Doutor em Ciências, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Transportes.

Área de Concentração: Planejamento e Operação de
Transportes.

Orientador: Prof. Associado Antônio Néelson Rodrigues da Silva

São Carlos
2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

A282a Aguiar, Fabíola de Oliveira
Acessibilidade relativa dos espaços urbanos para pedestres com restrições de mobilidade / Fabíola de Oliveira Aguiar ; orientador Antônio Néilson Rodrigues da Silva. -- São Carlos, 2010.

Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Planejamento e Operação de Transportes) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2010.

1. Mobilidade. 2. Acessibilidade ao meio físico. 3. Pedestres. 4. Pessoas com deficiência. 5. Pessoas com restrições de mobilidade. I. Título.

*Dedico este trabalho a meus pais,
meu marido e meu filho*

AGRADECIMENTOS

Ao *Professor Dr. Antônio Néelson Rodrigues da Silva*, por sua orientação através de incontáveis e valiosas discussões e intervenções construtivas, além do seu apoio e incentivo ao longo da pesquisa. Seu ensinamento transmitido, durante todo o processo de elaboração deste trabalho, muito contribuiu para minha formação profissional. Meus sinceros agradecimentos.

Ao *Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo*, por ter fornecido a mim, todas as condições para que este trabalho fosse realizado.

À *Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)* e ao *Curso de Arquitetura e Urbanismo (CAU/UEMA)* agradeço o apoio financeiro por meio de bolsa de estudos para a realização do Doutorado durante a minha permanência em São Carlos/SP e a concessão de afastamento das atividades de docência. Em especial às professoras *Grete Pflüeger* e *Marluce Wall Venâncio*.

À *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)* pelo apoio financeiro no âmbito do *Programa de Doutorado no País com Estágio no Exterior (PDEE)* durante a realização da pesquisa e estada em Braga/Portugal.

Ao *Professor Dr. José Mendes* e à *Universidade do Minho*, por terem aprovado a minha permanência, junto a esta Instituição para efetuar parte da pesquisa de Doutorado (Programa de Estágio).

Ao *Professor Dr. Rui António Rodrigues Ramos*, pela sua permanente disponibilidade, por suas inúmeras e preciosas contribuições para a elaboração deste trabalho como co-orientador e por sua receptividade acolhedora em Portugal. Sou profundamente grata.

Ao *Dr. Georgios Papastefanou (GESIS/Leibniz Institute for Social Sciences/Alemanha)* por sua disponibilidade para participar da pesquisa, cedendo o aparelho na fase de validação do modelo. E, por sua valiosa contribuição durante a fase de análise de resultados.

Aos *professores do Departamento de Transportes (STT/EESC/USP)*, por seus ensinamentos transmitidos nas disciplinas.

Ao *Prof. Dr. Edson Aguiar (STT/EESC/USP)* e ao *Prof. Dr. Marcos Ferreira (UFSCar)* por suas valiosas contribuições quando da fase de Qualificação deste trabalho.

Aos *funcionários do STT/EESC/USP*, em especial à *Heloísa Belo, Elizabeth Ortega, Magaly Cesar, Alexandre Oliveira, Carlos Mariano, Antonio Carlos Gigante, Paulo Toyama, João Pereira Filho* e *Paulo Batista*.

Ao *Prof. Dr. Daniel Souto Rodrigues*, ao *Arquiteto André Fontes*, à *Paula Nunes (Universidade do Minho)* pelos auxílios nos momentos necessários. E aos companheiros de sala do *Departamento de Planejamento (UMinho)* *Fernando Fonseca* e *Salete Braga*.

Ao Prof. *Eduardo Aurélio Barros Aguiar*, marido e companheiro insubstituível, tenho uma dívida especial para com ele por sua dedicação, carinho, compreensão e paciência. Sua contribuição também foi valiosa. Meu reconhecimento pleno.

A *Eduardo Aurélio de Oliveira Aguiar*, filho, amigo e companheiro indispensável, pelo incentivo, apoio e contribuição. Sou grata e orgulhosa.

A meus queridos pais, *Abílio Álvares de Oliveira* e *Lucinda Furtado de Oliveira*, pelo apoio e incentivo constantes e pela presença importantíssima em todas as fases da minha vida. Obrigada por tudo.

A meus sogros *Ari Manoel Aguiar* e *Maria Vitória Barros Aguiar*, pelo incentivo e apoio, à tia *Maria Amélia Latosinski* pela presença sempre agradável e ao meu adorável tio *José Raimundo Furtado* (tio Zequinha).

À minha irmã *Fabiana de Oliveira Nunes* e à minha sobrinha *Raquel de Oliveira Nunes* pelas horas de convívio agradáveis e aos meus cunhados *Lúcio Barros Aguiar*, *Gardenia Barros Aguiar* e *Altemar Nunes* pela amizade.

À querida família *Almas de Jesus*, principalmente aos amigos *José Ernesto (Toca)*, *Rose*, *Karina*, *José Ernesto Jr. (Ju)*, *Sr. José*, *Sra. Palma*, e ainda à *Sra. Terezinha Simão* e aos amigos *Ronaldo Silva*, *Danielle Manfrinatto* e *Felipe Zavaglia*, minha eterna gratidão pela amizade e pelo apoio em todos os momentos.

Aos amigos do *Departamento de Transportes (STT/EESC/USP)*: *André Cunha*, *Bruno Bertoncini*, *Celane Batista*, *Diogo Colella*, *Gustavo Manzato*, *Gustavo Riente de Andrade*, *Mário Azevedo*, *Michael Saunders* e *Thaís Guerreiro* por terem contribuído direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Aos antigos irmãozinhos de sala: *Alexandra Akamine*, *Andréa Júlia Soares*, *Anna Beatriz Grigolon*, *Gustavo Manzato*, *Michael Saunders*, *Simone Lopes* e *Vanessa Yuassa* e aos mais recentes: *Gustavo Rocha*, *Hellen Miranda*, *Marcelo Mancini*, *Mário Azevedo* e *Victor Frazão*. E, ainda aos amigos *Adriana Goulart*, *Elievam Bessa Jr.*, *Cândido Andrade*, *Flávio Satoshi Utimura*, *Fernanda Pilati*, *Francisco Arcelino Lima*, *Marília Bechara*, *Mateus Silva* e *Rochele Ribeiro* pela boa companhia sempre.

Também agradeço aos amigos que fiz em São Carlos por intermédio do STT: *Ana Elisa Serafim*, *André Balan*, *Christian Ganzert*, *Elaine Ramires*, *Nini Saunders*, *Sofia Bessa*, *Tatiane Silva* e em especial, à *Profª. Ruth Gouvêa*. E, por intermédio do SET: *Alexandre* e *Sabrina Sudano*, *Leonardo Bezerra* e *Danielle Cabral*, *Rodrigo da Mata* e *Marcilene Rodrigues* pela amizade e horas de agradável convívio.

A todos os amigos que tenho em São Luís, em especial aos que sempre me incentivaram ou torceram por mim: *Cristiany Ribeiro* e *Ely Rocha Filho*, *Fabiano* e *Luciana Junqueira*, *Gilberto* e *Rosa Sátiro*, *Lúcia Nascimento*, *Marcelo Chiquitelli*, *Eliane* e *Francisco Marques*, *Prof. Luis* e *Dra. Jesus Albuquerque*.

E, sobretudo, a Deus por ter proporcionado tudo isso a mim.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|---------------------|---|----|
| Figura 1.1: | Esquema simplificado que mostra a relação entre os conceitos de mobilidade e acessibilidade considerados dentro do estudo dos deslocamentos a pé | 2 |
| Figura 2.1: | Transformação da pesquisadora Patty Moore em experiência como idosa de 85 anos | 13 |
| Figura 2.2: | Exemplo de barreiras nos espaços urbanos de pedestres | 18 |
| Figura 2.3: | Exemplo de acessibilidade nas vias de pedestres (travessias) | 20 |
| Figura 2.4: | Percentual de PCDs, segundo países selecionados | 21 |
| Figura 2.5: | Distribuição de PCDs no Brasil | 22 |
| Figura 2.6: | Previsão de crescimento da população acima de 60 anos para 2050 | 23 |
| Figura 3.1: | Exemplos de calçadas com superfície tátil de alerta e direcional para pessoa com deficiência visual segundo as recomendações da ECMT | 34 |
| Figura 4.1: | Organograma simplificado contendo os fatores envolvidos na avaliação da acessibilidade relativa e sua ligação com a mobilidade potencial de pedestres | 50 |
| Figura 4.2: | Exemplo de aferição da inclinação de uma calçada com inclinômetro digital (a) e detalhe do valor aferido em porcentagem (b) | 57 |
| Figura 4.3: | Equipamento utilizado na aquisição dos dados de velocidade (<i>GPS logger</i>) | 59 |
| Figura 4.4: | Teste realizado com dois dos voluntários sem restrição de mobilidade (a) e (b). Detalhe mostrando um dos trechos demarcados no percurso (c) e (d) | 60 |
| Figura 4.5: | Teste realizado com dois cadeirantes (a) e (b). Detalhe da marcação de faixas a cada metro (c) e (d) | 61 |
| Figura 4.6: | Teste realizado com um dos voluntários com deficiência visual e detalhe dos trechos demarcados no percurso (extensão de cada trecho igual a 6 m) | 61 |
| Figura 4.7: | Teste realizado com dois idosos e detalhe mostrando trechos demarcados no percurso (extensão de cada trecho igual a 6 m) | 62 |
| Figura 4.8: | Variação da velocidade das pessoas sem restrições de mobilidade (pessoas sem deficiência aparente – SDA) ao longo do percurso | 63 |
| Figura 4.9: | Variação da velocidade dos cadeirantes (pessoas com deficiência física – CDF) ao longo do percurso | 64 |
| Figura 4.10: | Variação da velocidade dos cegos (pessoas com deficiência visual total – DVT) ao longo do percurso | 65 |
| Figura 4.11: | Variação da velocidade dos idosos (pessoas com restrições de mobilidade – CRM) ao longo do percurso | 65 |
| Figura 4.12: | Tempo despendido por pessoas sem restrições de mobilidade (a) e por pessoas com deficiência física - cadeirantes (b) quando existe uma impedância significativa (escadaria) | 68 |
| Figura 4.13: | Escala proposta de Níveis de Serviço para a acessibilidade relativa | 71 |

| | | |
|---------------------|--|----|
| Figura 5.1: | Distribuição dos grupos de funcionalidades dentro dos <i>campi</i> avaliados | 75 |
| Figura 5.2: | Exemplo de dois dos vários modelos de escadarias existentes no <i>campus</i> de São Carlos (a) e no <i>campus</i> de Gualtar (b) | 76 |
| Figura 5.3: | Exemplo de obstáculos que reduzem a largura efetiva das calçadas no <i>campus</i> de São Carlos (a) e no <i>campus</i> de Gualtar (b) | 77 |
| Figura 5.4: | Exemplo de cruzamentos de vias de veículos com faixas de pedestres apropriadas no <i>campus</i> de São Carlos (a) e (b) e no <i>campus</i> de Gualtar (c) e (d) | 77 |
| Figura 5.5: | Exemplo de cruzamentos de vias de veículos com faixas de pedestres, mas sem guias rebaixadas no <i>campus</i> de São Carlos (a) e no <i>campus</i> de Gualtar (b) | 78 |
| Figura 5.6: | Exemplo de trechos de vias sem calçadas laterais no <i>campus</i> de São Carlos (a) e no <i>campus</i> de Gualtar (b) | 79 |
| Figura 5.7: | Mapa dos <i>campi</i> e suas respectivas redes de pedestres | 79 |
| Figura 5.8: | <i>Campus</i> de São Carlos - Níveis de acessibilidade aos destinos-chave do setor pedagógico para o grupo de usuários sem restrições de mobilidade (a) e para o grupo de usuários com restrições de mobilidade - idosos (b) | 88 |
| Figura 5.9: | <i>Campus</i> de Gualtar - Níveis de acessibilidade aos destinos-chave do setor pedagógico para o grupo de usuários sem restrições de mobilidade (a) e para o grupo de usuários com restrições de mobilidade - idosos (b) | 89 |
| Figura 5.10: | <i>Campus</i> de São Carlos - Níveis de acessibilidade para pessoas com deficiência visual (a) e para pessoas com deficiência física - cadeirantes (b) | 91 |
| Figura 5.11: | <i>Campus</i> de Gualtar - Níveis de acessibilidade para pessoas com deficiência visual (a) e para pessoas com deficiência física - cadeirantes (b) | 92 |
| Figura 5.12: | <i>Campus</i> de São Carlos – Mobilidade potencial para pessoas com deficiência física (a); pessoas com deficiência visual (b) e pessoas com restrições de mobilidade (c) | 94 |
| Figura 5.13: | <i>Campus</i> de Gualtar – Mobilidade potencial para pessoas com deficiência física (a); pessoas com deficiência visual (b) e pessoas com restrições de mobilidade (c) | 95 |
| Figura 5.14: | <i>Campus</i> de São Carlos – Acessibilidade relativa para pessoas com deficiência física (a); pessoas com deficiência visual (b) e pessoas com restrições de mobilidade (c) | 96 |
| Figura 5.15: | <i>Campus</i> de Gualtar – Acessibilidade relativa para pessoas com deficiência física (a); pessoas com deficiência visual (b) e pessoas com restrições de mobilidade (c) | 97 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Figura 5.16: | <i>Campus</i> de São Carlos – Níveis de combinados de acessibilidade relativa para pessoas com deficiência física e pessoas com deficiência visual | 99 |
| Figura 5.17: | <i>Campus</i> de São Carlos – Níveis combinados de acessibilidade relativa das vias de circulação de pedestres para pessoas com deficiência física e pessoas com deficiência visual | 100 |
| Figura 6.1: | Esquema simplificado para o processo de validação pelo método direto – lugares e pessoas envolvidas | 106 |
| Figura 6.2: | Métodos de atribuição de pesos por ordenação - comparação entre funções | 110 |
| Figura 6.3: | <i>Campus</i> de São Carlos - Intervalo homogêneo de distribuição da pontuação obtida na avaliação multicritério | 112 |
| Figura 6.4: | Distribuição espacial dos pontos no <i>campus</i> de São Carlos e suas respectivas acessibilidades obtidas a partir da avaliação multicritério realizada na fase de aplicação do modelo | 113 |
| Figura 6.5: | Modelo de questionário adotado na avaliação direta do <i>campus</i> de São Carlos/USP | 114 |
| Figura 6.6: | Gráficos em que são comparados os três processos de distribuição de pesos ao modelo de avaliação multicritério para o <i>campus</i> de São Carlos | 119 |
| Figura 6.7: | <i>Campus</i> de Gualtar - Intervalo homogêneo de distribuição da pontuação obtida na avaliação multicritério | 122 |
| Figura 6.8: | Distribuição espacial dos pontos no <i>campus</i> de Gualtar e suas respectivas acessibilidades obtidas a partir da avaliação multicritério realizada na fase de aplicação do modelo | 122 |
| Figura 6.9: | Modelo de questionário adotado na avaliação direta do <i>campus</i> de Gualtar/UM | 124 |
| Figura 6.10: | Gráficos em que são comparados os três processos de distribuição de pesos ao modelo de avaliação multicritério para o <i>campus</i> de Gualtar | 129 |
| Figura 6.11: | Esquema simplificado para o processo de validação complementar do modelo – lugar e indivíduos envolvidos | 132 |
| Figura 6.12: | Mapa do <i>campus</i> de São Carlos/USP com a definição do trecho indicado para a realização do percurso no teste dinâmico | 133 |
| Figura 6.13: | <i>Smartband</i> – aparelho utilizado na avaliação complementar | 134 |
| Figura 6.14: | GPS <i>logger</i> utilizado na avaliação complementar | 134 |
| Figura 6.15: | Esquema que ilustra um voluntário com os aparelhos utilizados na pesquisa durante o percurso para efetuar o teste de validação complementar | 135 |
| Figura 6.16: | Pré-testes realizados com voluntários no trecho determinado | 136 |
| Figura 6.17: | Acionamento simultâneo dos dois aparelhos (a) e colocação do <i>smartband</i> sobre o pulso (b) | 137 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| Figura 6.18: | Gráfico esquemático que indica o tipo ideal de nível de condutância da pele depois de um estímulo neural | 139 |
| Figura 6.19: | Gráfico esquemático que indica o tipo ideal da trajetória de resposta de condutância da pele depois de um estímulo neural | 140 |
| Figura 6.20: | Marcação dos pontos de início (ponto 1) e fim (ponto 2) da parte 1 do percurso determinado no <i>campus</i> de São Carlos/USP, leitura realizada pelo GPS | 141 |
| Figura 6.21: | Percurso realizado pelo voluntário A | 142 |
| Figura 6.22: | Percurso realizado pelo voluntário B, conhecimento e identificação de pontos de risco no percurso | 143 |
| Figura 6.23: | Trajетória SCL do voluntário sem restrições de mobilidade (a) e do voluntário com deficiência visual (b) | 146 |
| Figura 6.24: | Trajетória SCR do voluntário sem restrições de mobilidade (a) e do voluntário com deficiência visual (b) | 147 |
| Figura 6.25: | Trajетória STR do voluntário sem restrições de mobilidade (a) e do voluntário com deficiência visual (b) | 148 |
| Figura 6.26: | Percurso extraído da avaliação multicritério para análise. Valores de tempos determinados para este trecho segundo o modelo, para os grupos de pessoas sem restrições de mobilidade (a) e com deficiência visual (b) | 150 |
| Figura 6.27: | Resultado dos níveis de serviço obtidos pelo modelo proposto para o trecho analisado | 151 |
| Figura 6.28: | Comparação entre o perfil obtido dos dados do bracelete (a) e o obtido do modelo proposto de acessibilidade relativa (b) | 152 |
| Figura 6.29: | Travessia localizada no percurso selecionado para o teste de validação | 154 |
| Figura 6.30: | Travessia localizada no percurso selecionado para o teste de validação | 155 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Tabela 2.1: | Velocidade média de pedestres de acordo com o uso do solo adjacente à via | 28 |
| Tabela 2.2: | Velocidade média de pedestres de acordo com a inclinação de rampas | 29 |
| Tabela 4.1: | Velocidades médias obtidas para cada grupo pesquisado | 66 |
| Tabela 5.1: | Dados de caracterização dos <i>campi</i> | 66 |
| Tabela 5.2: | Destinos-chave e pesos para o <i>campus</i> de São Carlos | 81 |
| Tabela 5.3: | Destinos-chave e pesos para o <i>campus</i> de Gualtar | 82 |
| Tabela 5.4: | Destinos-chave e tempos máximos admitidos por usuários do grupo sem restrições de mobilidade para <i>campus</i> de São Carlos | 83 |
| Tabela 5.5: | Destinos-chave e tempos máximos admitidos por usuários do grupo sem restrições de mobilidade para <i>campus</i> de Gualtar | 84 |
| Tabela 5.6: | Resumo dos valores do nível de acessibilidade obtidos por usuário aos destinos-chave em ambos os <i>campi</i> | 86 |
| Tabela 6.1: | Distribuição de usuários do <i>campus</i> de São Carlos/USP por função por unidade | 111 |
| Tabela 6.2: | Distribuição da população total do <i>campus</i> de São Carlos em 2008 por unidade | 111 |
| Tabela 6.3: | Valores de n e n_i calculados por unidade para o <i>campus</i> de São Carlos/USP | 111 |
| Tabela 6.4: | Distribuição de usuários entrevistados no <i>campus</i> de São Carlos/USP por funcionalidade | 116 |
| Tabela 6.5: | Distribuição de alunos entrevistados no <i>campus</i> de São Carlos/USP por nível | 116 |
| Tabela 6.6: | Distribuição de usuários entrevistados no <i>campus</i> de São Carlos/USP por gênero | 116 |
| Tabela 6.7: | Distribuição de usuários entrevistados no <i>campus</i> de São Carlos/USP por idade | 116 |
| Tabela 6.8: | Valores compilados do questionário de avaliação direta para a amostra de 367 usuários no <i>campus</i> de São Carlos | 117 |
| Tabela 6.9: | <i>Campus</i> de São Carlos - Resultado dos pesos para cada método utilizado | 117 |
| Tabela 6.10: | Valores de acessibilidade dos pontos escolhidos para a validação (em ordem crescente) e a soma total obtida - <i>campus</i> de São Carlos | 118 |
| Tabela 6.11: | <i>Campus</i> de São Carlos - Resultado dos pesos A_i ponderados | 118 |
| Tabela 6.12: | Distribuição de usuários do <i>campus</i> de Gualtar/UM por função | 120 |
| Tabela 6.13: | Distribuição da população total do <i>campus</i> de Gualtar em 2009 por unidade | 121 |
| Tabela 6.14: | Valores de n e n_i calculados por unidade para o <i>campus</i> de Gualtar/UM | 121 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| Tabela 6.15: | Distribuição de usuários entrevistados no <i>campus</i> de Gualtar/UM por funcionalidade | 125 |
| Tabela 6.16: | Distribuição de alunos entrevistados no <i>campus</i> de Gualtar/UM por nível | 126 |
| Tabela 6.17: | Distribuição de usuários entrevistados no <i>campus</i> de Gualtar/UM por gênero | 126 |
| Tabela 6.18: | Distribuição de usuários entrevistados no <i>campus</i> Gualtar/UM por idade | 126 |
| Tabela 6.19: | Valores compilados do questionário de avaliação direta para a amostra de 372 usuários do <i>campus</i> de Gualtar | 127 |
| Tabela 6.20: | <i>Campus</i> de Gualtar - Resultado dos pesos para cada método utilizado | 127 |
| Tabela 6.21: | Valores de acessibilidade dos pontos escolhidos para a validação (em ordem crescente) e a soma total obtida – <i>campus</i> de Gualtar | 128 |
| Tabela 6.22: | <i>Campus</i> de Gualtar - Resultado dos pesos A_i ponderados | 128 |
| Tabela 6.23: | Valores de tempos e velocidades médias obtidos para ambos os voluntários | 143 |
| Tabela 6.24: | Comparações quantitativas entre os dois voluntários baseadas em indicadores de atividade simpática de STR | 149 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|--------------------|--|----|
| Quadro 2.1: | Definições utilizadas pela Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) | 24 |
| Quadro 2.2: | Exemplo que relaciona uma deficiência (no caso, auditiva) e seus efeitos | 25 |
| Quadro 2.3: | Dimensões básicas de referência para o deslocamento de pedestres | 31 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| RESUMO | i |
| ABSTRACT | iii |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Considerações Iniciais | 1 |
| 1.2 Objetivos | 5 |
| 1.3 Justificativa | 5 |
| 1.4 Estrutura do Trabalho | 6 |
| 2 MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE | 9 |
| 2.1 Considerações Iniciais | 9 |
| 2.2 Acessibilidade Segundo o Desenho Universal | 12 |
| 2.3 Acessibilidade ao Espaço Urbano para Mobilidade do Pedestre | 16 |
| 2.4 Pessoas com Deficiência (PCDs) e Pessoas com Restrições de Mobilidade (PRMs) | 20 |
| 2.5 Principais Características Físicas de Pedestres Quanto à Locomoção | 25 |
| 3 AVALIAÇÃO DOS ESPAÇOS DE PEDESTRES QUANTO À ACESSIBILIDADE | 33 |
| 3.1 Avaliação Física dos Espaços de Pedestres | 33 |
| 3.2 Avaliação Qualitativa dos Espaços de Pedestres | 38 |
| 3.2.1 Métodos de Avaliação da Qualidade dos Espaços e Níveis de Serviço | 39 |
| 3.2.2 Métodos de Avaliação da Qualidade dos Espaços para PCDs e PRMs | 41 |
| 3.2.3 Métodos de Avaliação da Qualidade dos Espaços e os Sistemas de Informação Geográfica | 44 |
| 3.2.4 Métodos de Avaliação Multicritério e Sistemas de Informação Geográfica | 45 |
| 4 MODELO DE AVALIAÇÃO | 49 |
| 4.1 Considerações Iniciais sobre o Modelo de Avaliação | 49 |
| 4.2 O Modelo de Acessibilidade Relativa e Mobilidade Potencial | 51 |
| 4.3 Etapas para Implementação do Modelo | 56 |
| 4.3.1 Rede de Pedestres | 57 |
| 4.3.2 Destinos-chave e seus Pesos | 57 |
| 4.3.3 Velocidade e Tempo de Percurso | 58 |
| 4.3.4 Impedâncias nos Trechos | 67 |
| 4.3.5 Índices de Acessibilidade | 68 |
| 4.3.6 Nível de Acessibilidade Relativa | 69 |
| 5 APLICAÇÃO DO MODELO | 73 |
| 5.1 Caracterização das Áreas Avaliadas | 73 |
| 5.2 Aplicação do Modelo | 80 |
| 5.3 Análise dos Resultados | 85 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6 | VALIDAÇÃO DO MODELO | 101 |
| 6.1 | Considerações sobre o Modelo Proposto para Validação | 101 |
| 6.2 | Processo de Validação do Modelo – Parte 1 | 104 |
| 6.2.1 | <i>Determinação do Grupo de Avaliadores</i> | 104 |
| 6.2.2 | <i>Determinação do Tamanho da Amostra</i> | 106 |
| 6.2.3 | <i>Determinação do Questionário de Avaliação Direta</i> | 107 |
| 6.2.4 | <i>Determinação da Estratégia de Análise dos Resultados</i> | 109 |
| 6.3 | Aplicação de Testes de Validação do Modelo – Parte 1 | 110 |
| 6.3.1 | <i>Campus de São Carlos/USP</i> | 110 |
| 6.3.1.1 | <i>Cálculo da Amostra – Campus de São Carlos</i> | 111 |
| 6.3.1.2 | <i>Elaboração do Questionário para Avaliação Direta no Campus de São Carlos</i> | 112 |
| 6.3.1.3 | <i>Aplicação do Questionário no Campus de São Carlos</i> | 115 |
| 6.3.1.4 | <i>Compilação dos Resultados do Campus de São Carlos</i> | 115 |
| 6.3.1.5 | <i>Comparação entre os Resultados da Avaliação Direta e a Avaliação Multicritério no Campus de São Carlos</i> | 117 |
| 6.3.2 | <i>Campus de Gualtar/UM</i> | 120 |
| 6.3.2.1 | <i>Cálculo da Amostra – Campus de Gualtar</i> | 120 |
| 6.3.2.2 | <i>Elaboração do Questionário para Avaliação Direta no Campus de Gualtar</i> | 121 |
| 6.3.2.3 | <i>Aplicação do Questionário no Campus de Gualtar</i> | 125 |
| 6.3.2.4 | <i>Compilação dos Resultados do Campus de Gualtar</i> | 125 |
| 6.3.2.5 | <i>Comparação entre os Resultados da Avaliação Direta e a Avaliação Multicritério no Campus de Gualtar</i> | 127 |
| 6.4 | Processo de Validação Complementar do Modelo – Parte 2 | 130 |
| 6.4.1 | <i>Determinação do Grupo de Avaliadores da Validação Complementar</i> | 130 |
| 6.4.2 | <i>Determinação do Percurso a ser Realizado na Avaliação Complementar</i> | 132 |
| 6.4.3 | <i>Determinação da Estratégia de Aplicação da Avaliação Complementar</i> | 133 |
| 6.4.4 | <i>Determinação da Estratégia de Análise dos Resultados da Avaliação Complementar</i> | 137 |
| 6.5 | Aplicação do Teste de Validação do Modelo – Parte 2 | 140 |
| 6.5.1 | <i>Indicadores Subjetivos da Carga de Acessibilidade</i> | 143 |
| 6.5.2 | <i>Análise dos Dados de Resistência e Temperatura da Pele</i> | 144 |
| 7 | CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 157 |
| 7.1 | Conclusões | 157 |
| 7.1.1 | <i>Modelo Proposto</i> | 157 |
| 7.1.2 | <i>Resultados Obtidos</i> | 160 |
| 7.2 | Sugestões para Trabalhos Futuros | 161 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 163 |

RESUMO

Aguiar, F. de O. (2010) Acessibilidade Relativa dos Espaços Urbanos para Pedestres com Restrições de Mobilidade. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Carlos, São Paulo, Brasil.

O presente trabalho trata da acessibilidade relativa dos espaços urbanos para pedestres com restrições de mobilidade. Reconhecendo-se que estes espaços são deficientes no aspecto da mobilidade potencial dos pedestres e que a situação é agravada dependendo das características de locomoção desses indivíduos, a hipótese do trabalho considera que estas deficiências podem ser amenizadas se for possível mensurar os seus efeitos para os grupos de pedestres com alguma dificuldade de locomoção. Para tanto, o objetivo desta pesquisa foi propor um modelo de avaliação capaz de mapear a acessibilidade relativa dos caminhos de pedestres, considerando-se as condições de mobilidade potencial de grupos de indivíduos selecionados. O estudo foi voltado para pessoas com deficiência física (cadeirantes), com deficiência visual (cegos) e com restrição de mobilidade (idosos), usando como referência as pessoas sem restrições de mobilidade. O modelo foi proposto com base na aplicação do Método de Avaliação Multicritério que teve como complementação um estudo que resultou na proposição de Níveis de Acessibilidade Relativa. Este modelo foi desenvolvido em ambiente SIG de forma a proporcionar a visualização das relações entre os ambientes urbanos de acordo com as condições de mobilidade para cada grupo de usuários selecionados. O modelo foi aplicado em dois *campi* universitários, um no Brasil e outro em Portugal, e validado com a adoção de dois métodos que verificaram sua aplicabilidade. Os resultados indicaram que o modelo é adequado e promissor, pois possibilita obter indicadores ou índices de acessibilidade relativa para a caracterização das condições de mobilidade potencial de pedestres.

Palavras-chave: mobilidade, acessibilidade, pedestres, pessoas com deficiência, pessoas com restrições de mobilidade

ABSTRACT

Aguiar, F. de O. (2010) Relative Accessibility to Urban Spaces for Pedestrians with Mobility Constraints. Thesis (Doctoral). Engineering School of São Carlos. University of São Paulo. São Carlos, São Paulo, Brazil.

The present works focus on the relative accessibility of urban open spaces for pedestrians with mobility constraints, based on the premise that urban open spaces are deficient with regard to the potential mobility of pedestrians and also that the situation can be aggravated by the particular travel conditions of the individuals. Therefore, the urban spaces deficiencies can be properly reduced if it is possible to assess their effect on the groups of pedestrians with mobility limitations. In order to do so, the objective of this study was to formulate an evaluation model for mapping the relative accessibility of pedestrians' pathways, in which the potential mobility conditions of particular groups were taken into account. The following groups of pedestrians were considered: wheelchair users, with visual disabilities, and with mobility constraints (e.g., elderly). Users without mobility constraints formed the control group taken as a reference of accessibility. The proposed model was initially based on a multicriteria evaluation, which was subsequently adjusted to show levels of relative accessibility. The entire model was developed in a Geographic Information System environment, what allows a visual comparison of the urban spaces conditions for the different groups of selected users. The method was applied in two university campuses, one in Brazil and one in Portugal, and the validation process involved two different methods. The results suggest that the model is an adequate and promising alternative to assess the potential mobility of particular pedestrians groups through the relative accessibility levels of urban open spaces.

Keywords: mobility, accessibility, pedestrians, pedestrians with disabilities, people with mobility constraints

INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta algumas considerações iniciais sobre o tema abordado na pesquisa, que diz respeito aos níveis de *acessibilidade relativa* dos espaços urbanos, considerando as condições de mobilidade potencial de pedestres. São apresentados ainda os objetivos e a justificativa para a proposição deste trabalho, bem como a estrutura do documento.

1.1 Considerações Iniciais

A *mobilidade urbana* basicamente diz respeito à facilidade de deslocamento de pessoas e bens dentro das cidades e tem sido alvo de estudos na área do planejamento urbano e de transportes, entre outros enfoques, para ratificar a importância do tema sobre *acessibilidade ao espaço urbano*. O conceito de *mobilidade urbana* é amplo e envolve articulações intermodais, onde os diversos meios de transporte devem ser planejados de forma integrada e complementar.

Por outro lado, apenas o termo *mobilidade* (que significa facilidade de mover-se) faz parte das necessidades mais básicas de qualquer pessoa. Neste contexto o modo a pé, que é o modo mais básico, assume destaque neste trabalho.

Em diversas situações referentes a deslocamento físico, principalmente no que diz respeito ao modo a pé, os termos *mobilidade* e *acessibilidade* estão diretamente relacionados por serem complementares, chegando muitas vezes a serem confundidos. Isto pode ser explicado pelo fato de que quando se aumenta o nível de acessibilidade a determinado espaço, espera-se aumentar também as condições de mobilidade oferecidas aos seus usuários.

Assim, tratando-se especificamente do modo a pé, considerou-se neste trabalho que a *acessibilidade* está associada, dentre outros aspectos, às oportunidades disponibilizadas pelo espaço urbano. Por outro lado, a *mobilidade* está ligada à facilidade de um indivíduo se deslocar, mas esta condição depende do desempenho do espaço (*nível de acessibilidade*) e das características do próprio indivíduo (*capacidade de locomoção*). Na Figura 1.1 é apresentado um esquema simplificado da relação entre mobilidade e acessibilidade utilizada neste trabalho.

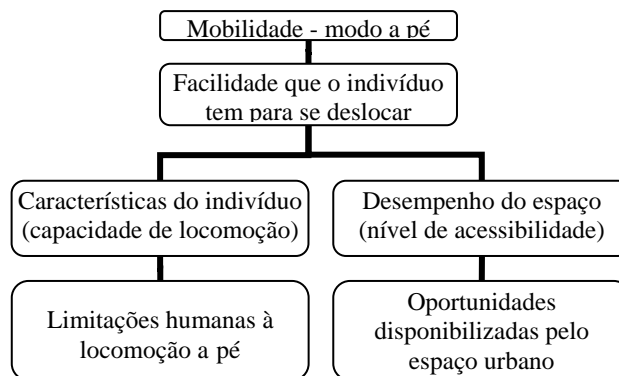


Figura 1.1: Esquema simplificado que mostra a relação entre os conceitos de mobilidade e acessibilidade considerados dentro do estudo dos deslocamentos a pé

A partir das considerações acima, neste trabalho, foi assumido que a *mobilidade* é atribuída ao indivíduo e a *acessibilidade*, por sua vez, ao espaço. Entretanto, convém salientar a importância que a *mobilidade* adquire com relação ao estudo da *acessibilidade* e vice-versa.

Dentro do tema *mobilidade*, para o modo a pé, se julga necessário denominar de *mobilidade potencial* o estudo da possibilidade que o indivíduo tem de se locomover com facilidade por um determinado caminho. Este termo, utilizado nesta tese, está relacionado à avaliação de fatores que possam determinar “quais são as *possíveis* condições de facilidade que um indivíduo tem para se deslocar, independentemente do objetivo da caminhada”.

Com base na Figura 1.1, as características do indivíduo quanto à capacidade de locomoção que podem influenciar a *mobilidade potencial* de um pedestre estão relacionadas a algumas variáveis que resultam em limitações humanas e que tendem a punir os segmentos mais frágeis. As principais variáveis consideradas são: a idade (destacando-se como segmentos mais frágeis: as crianças e os idosos), a condição física permanente (pessoas com deficiência física, sensorial ou mental; pessoas com pequena

ou grande estatura etc.) ou provisória (gestantes a partir do sexto mês, obesos etc.) e, até mesmo, o estado momentâneo (pessoas que empurram carrinhos, carregam objetos de grande peso ou volume etc.).

Já o desempenho do espaço (Figura 1.1), que também pode influenciar a *mobilidade potencial*, está relacionado a variáveis de caracterização física do espaço que fornecem ao usuário condições de conforto e segurança e a variáveis ambientais relativas às condições de atratividade dos espaços de circulação de pedestres. Ambos os grupos de variáveis espaciais podem disponibilizar oportunidades para melhoria da *mobilidade potencial* (por exemplo, redução do esforço físico). Podem ser citadas como as principais variáveis de caracterização física da circulação do pedestre: largura efetiva, inclinações longitudinal e transversal, características do material usado no piso, estado de conservação do piso, existência de sinalização, visibilidade e outras facilidades para travessia do pedestre nos cruzamentos. Quanto às variáveis ambientais, podem ser citadas: estética do ambiente, existência de iluminação, existência de arborização adequada, tipo de uso e ocupação do solo adjacente às calçadas etc. Tais variáveis, quando inadequadas, tendem a punir os usuários mais vulneráveis, comprometendo a sua mobilidade a um destino desejado em função do aumento do esforço necessário para alcançá-lo.

É reconhecido que as cidades são deficientes no aspecto da *mobilidade potencial* dos pedestres e a situação é agravada dependendo das características de locomoção desses indivíduos. No entanto, o seguinte problema pode ser visto como elemento de discussão: *como medir o quanto uma pessoa com deficiência ou com restrição de mobilidade é mais prejudicada (punida) que outra em termos de acessibilidade aos espaços urbanos? Isto é, como saber o quanto um espaço é mais acessível ou menos acessível para cada indivíduo, dependendo de suas condições de locomoção? Assim, no presente trabalho se definiu como hipótese a ser considerada que: os diferentes níveis de acessibilidade podem ser medidos através da proposição de índices de acessibilidade relativa dos espaços urbanos. Ou seja, é possível identificar o quanto um espaço é mais acessível ou menos acessível para um determinado indivíduo por meio da definição de índices de acessibilidade relativa.*

Assim, o termo *acessibilidade relativa* de um determinado espaço urbano, quanto ao modo a pé, foi adotado neste trabalho para representar o nível de acessibilidade para um determinado grupo de usuários com alguma deficiência ou

restrição de mobilidade em relação ao grupo de pessoas sem restrições de mobilidade. A adoção deste último grupo como referência na análise tem como base a suposição de que este seja o grupo menos prejudicado com relação às condições oferecidas pelos espaços urbanos para sua locomoção a pé.

Foram realizadas pesquisas que envolveram características físicas ou sensoriais específicas de alguns grupos de indivíduos, quanto à sua *mobilidade potencial*. Além do grupo de pessoas sem restrição de mobilidade (aquelas sem deficiência ou restrição de locomoção), três outros grupos foram selecionados para a análise: pessoas com deficiência física (aquelas com impossibilidade de utilizar os membros inferiores para locomoção: *cadeirantes*); pessoas com deficiência sensorial/visual (aquelas com total impossibilidade de enxergar: *cegos*); e pessoas com restrições de mobilidade (aquelas com alguma dificuldade de locomoção: no caso desta pesquisa, *idosos*).

O modelo proposto sugere que a avaliação deva ser realizada considerando-se a escala urbana avaliada e o nível de critérios envolvidos. Para pesquisa e validação do método foram realizados dois estudos pilotos: 1) na área I do *campus* da Universidade de São Paulo na cidade de São Carlos, São Paulo, Brasil e 2) no *campus* da Universidade do Minho em Gualtar, Braga, Portugal. Essas duas aplicações do método permitiram definir o *nível de acessibilidade relativa* dos caminhos de pedestres em duas áreas de usos similares, mas em escalas e contextos urbanos diferentes. O uso de critérios pertinentes a este fim foi verificado na etapa de validação do método.

Embora os dois sítios escolhidos como estudos de caso não apresentem as mesmas características de uso do solo encontradas no meio urbano (por exemplo, áreas centrais de uma cidade, que tenham usos diversificados), o cerne da avaliação é o modelo físico dos espaços, que deve ser semelhante ao encontrado no meio urbano (espaços externos de circulação com escadas, rampas etc.). Portanto esta aplicação forneceu um entendimento do método através da análise dos resultados obtidos nos dois sítios utilizados como estudos de caso.

As análises foram realizadas a princípio, por meio da aplicação de um Modelo de Avaliação Multicritério. Em seguida, foram efetuadas análises de relações entre os índices de acessibilidade obtidos para se propor uma escala de Níveis de Acessibilidade Relativa. No processo de proposição do modelo foi sugerida a sua implementação em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

1.2 Objetivos

O principal objetivo do presente trabalho consiste em propor um modelo de avaliação capaz de mapear a acessibilidade relativa dos espaços urbanos de pedestres considerando-se as condições de mobilidade potencial de grupos de usuários selecionados.

Para alcançar o objetivo principal, é necessário:

- Adotar um modelo de análise multicritério adequado para a avaliação do nível de acessibilidade de espaços destinados a pedestres;
- Determinar níveis de acessibilidade relativa dos espaços quanto às condições de mobilidade potencial de pedestres envolvidos;
- Avaliar o modelo proposto, a partir de um procedimento capaz de verificar a veracidade de calibração do referido modelo.

1.3 Justificativa

Embora a mobilidade seja um tema que, há algum tempo, tem ganhado destaque em estudos de planejamento e transporte em âmbito mundial, a maioria das cidades ainda não consegue garantir infraestrutura adequada a seus usuários. A necessidade de um instrumento que avalie a acessibilidade dos espaços em relação às condições de mobilidade dos pedestres é então reconhecida.

No Brasil, várias pesquisas sobre mobilidade, acessibilidade e temas afins têm sido desenvolvidas. Além disso, recentemente esses temas tornaram-se uma das preocupações declaradas do Poder Público Federal, o qual tem realizado algumas ações através do Ministério das Cidades em prol do assunto. Mesmo com todo este esforço, a maioria das cidades brasileiras se vê longe de proporcionar qualidade satisfatória no que diz respeito aos deslocamentos a pé de seus cidadãos.

Promover mobilidade urbana representa uma das condições essenciais para assegurar a qualquer cidadão brasileiro o direito constitucional de ir e vir. Neste contexto, o modo a pé é também um dos que apresenta mais problemas relativos à qualidade nos deslocamentos das pessoas. Isso justifica a escolha do modo a pé como foco desta pesquisa.

Pelo fato de as cidades necessitarem promover mobilidade de forma a atender à maior quantidade possível de cidadãos, uma análise do nível de acessibilidade relativa dos espaços de circulação de pedestres deve ser realizada, considerando algumas condições de caracterização ambiental e, principalmente, física destes espaços.

Esta pesquisa teve como base o estudo da capacidade de locomoção de quatro grupos de pessoas com características distintas, como mencionado anteriormente. A escolha destes quatro grupos de usuários é justificada como uma tentativa de abranger uma parte significativa da população do país (ver Capítulo 2), apesar de não representarem a população em sua totalidade.

Nesse sentido, o trabalho se justifica por conter uma proposta de estudo que se propõe a contribuir com informações a respeito de um tema de grande relevância e que ainda está longe de ser esgotado.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é composto por 8 capítulos, incluindo o Capítulo de Introdução. Assim, a estrutura proposta para os demais capítulos é apresentada a seguir.

Nos Capítulos 2 e 3 são apresentados os elementos da fundamentação teórica utilizados nesta pesquisa. O Capítulo 2 refere-se à revisão da literatura que aborda temas sobre Mobilidade de Pedestres, Acessibilidade aos Espaços Urbanos, Desenho Universal, Pessoas com Deficiência e Pessoas com Restrição de Mobilidade.

No Capítulo 3 é apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre alguns métodos de avaliação dos espaços de pedestres. Quanto à avaliação física, são apresentadas as legislações e normas técnicas utilizadas acerca do tema. Quanto à avaliação qualitativa, são apresentados alguns estudos específicos que serviram de base para esta pesquisa.

No Capítulo 4 é apresentado o modelo proposto de avaliação da acessibilidade relativa dos espaços de circulação de pedestres considerando a mobilidade potencial de alguns grupos de usuários, juntamente com a proposição dos índices de acessibilidade relativa obtidos, que têm como base o modelo adotado de avaliação multicritério da acessibilidade.

A aplicação do modelo proposto para avaliação da acessibilidade relativa é apresentada, em dois estudos de caso, no Capítulo 5. Nesta avaliação, são apresentadas as caracterizações das áreas avaliadas assim como os resultados obtidos.

No Capítulo 6 é apresentado o procedimento adotado para análise do modelo proposto de avaliação das condições de mobilidade potencial de pedestres quanto à acessibilidade relativa dos espaços. Assim, neste Capítulo, são apresentados os resultados obtidos sobre o processo de validação do modelo.

No Capítulo 7 são apresentadas as principais conclusões do trabalho relacionadas ao modelo de avaliação e aos resultados obtidos a respeito das condições de acessibilidade relativa dos espaços urbanos para pedestres. Na etapa final, são feitas sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

Finalmente, no Capítulo 8 são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para dar suporte ao desenvolvimento desta pesquisa.

MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE

Capítulo 2

Neste capítulo apresenta-se uma revisão da bibliografia acerca dos temas Mobilidade, Acessibilidade, Desenho Universal, Pessoas com Deficiência (PCDs) e Pessoas com Restrições de Mobilidade (PRMs).

2.1 Considerações Iniciais

O Brasil optou, desde a década de 60, por um modelo de mobilidade centrado no uso do automóvel. A partir dessa época iniciou-se um processo que transformou as vias em um bem essencial financiado por toda a sociedade e apropriado em mais de 90% pelo automóvel - símbolo de desenvolvimento e avanço tecnológico (MDT, 2003). Assim, as cidades puderam dispor de formas e dimensões que ultrapassaram a escala humana. E o veículo particular, em especial, passou a ser considerado indispensável por ser o que mais oferece condições de conforto e privacidade nos deslocamentos (Ferraz & Torres, 2004). Entretanto, esse modelo de planejamento tem demonstrado nem sempre ser garantia de máxima mobilidade, pois nos grandes centros urbanos pode-se constatar que o uso indiscriminado de automóveis leva a congestionamentos com total falta de mobilidade.

As cidades surgiram da necessidade de maximizar a troca de bens e serviços, além de cultura e conhecimentos entre seus habitantes, mas isto só é possível se houver condições adequadas de mobilidade. Neste sentido, a *mobilidade urbana* é um atributo das cidades, e corresponde à facilidade de deslocamento de pessoas e bens na área urbana (Ministério das Cidades, 2005).

Tratando-se apenas do termo *mobilidade*, o Ministério das Cidades (2006a) o define como a habilidade de deslocar-se, em decorrência de condições físicas e econômicas. Assim, a mobilidade é consequentemente um atributo associado às pessoas

(e indiretamente, aos bens móveis) e corresponde às diferentes respostas dadas por indivíduos às suas necessidades de deslocamento, consideradas as dimensões do espaço urbano e a complexidade das atividades nele desenvolvidas.

Ante o agravamento dos problemas de transporte e a exigência que as cidades têm de promover mobilidade urbana, percebeu-se que tratar da mobilidade é mais que tratar apenas *transporte e trânsito*, é pensar nos deslocamentos a partir das necessidades das pessoas (Ministério das Cidades, 2006b). Portanto, novas abordagens para o planejamento - que enfatizam não só transporte e trânsito, mas principalmente a mobilidade - têm motivado a adoção dos conceitos de sustentabilidade.

Destaca-se assim, um dos principais conceitos de mobilidade sustentável difundido no Brasil: *mobilidade sustentável* é o conjunto de políticas de transporte e circulação que visa 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 (ANTP, 2003 *apud* Costa, 2008).

No âmbito da *mobilidade sustentável* - aquela que, em linhas gerais, visa proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano através da priorização dos modos de transporte ecologicamente sustentáveis - alguns países têm direcionado ações e pesquisas para o tema com o objetivo de garantir a facilidade de deslocamento do maior número possível de pessoas, independentemente das suas condições de locomoção. Isto significa que as soluções para os espaços urbanos destinados à circulação de pedestres preconizadas por leis e normas têm sido orientadas, cada vez mais, para contemplar as necessidades das pessoas com dificuldade de locomoção.

Entretanto, segundo a *European Conference of Ministers of Transport* (ECMT, 2006), não importa o quão acessível possa ser qualquer outro modo de transporte, se o ambiente de pedestre contiver obstáculos, a usabilidade daquele serviço de transporte será em grande parte negada. Diante desta afirmativa e do que está contido no conceito de mobilidade sustentável citado anteriormente é que esta tese se fundamenta. Destaca-se aqui a importância do modo a pé nos planos de mobilidade urbana. Além de ser o mais antigo modo de transporte, este é também o mais básico – pois todos os outros modos iniciam e finalizam com ele.

Segundo Gondim (2001), para possibilitar e estimular a locomoção a pé é necessário prover as cidades de infraestrutura compatível com as necessidades dos pedestres. Entretanto, Mendes (1999) cita que modelar a mobilidade não é uma tarefa tão fácil, quer pelas diferentes perspectivas com que pode ser abordada, quer pelos diferentes níveis territoriais ou pela indisponibilidade de dados resultantes de medições objetivas nas cidades. Esta constatação conduz à necessidade de se recorrer a um conjunto de indicadores que de alguma forma, reflitam a maior ou menor dificuldade da população em se deslocar.

Por conseguinte, no Brasil, trabalhos que avaliam as condições de *mobilidade de pedestres* através de estudos sobre a qualidade das calçadas e travessias têm sido realizados no país, com o intuito de fornecer indicadores de nível de serviço e/ou medidas favorecedoras à mobilidade, de acordo com o tipo de usuário selecionado para análise (Cucci Neto, 1996; Ferreira & Sanches 1998, 2001 e 2006; Aguiar, 2003; Aguiar *et al.*, 2006 e Aguiar *et al.*, 2008; Orlandi, 2003; Melo, 2005; Carvalho, 2006; Lunaro; 2006; Keppe Jr., 2007; Yuassa, 2008). Outros trabalhos têm sido direcionados para a avaliação do comportamento e/ou da condição física dos pedestres para fornecer parâmetros comportamentais relativos ao tipo de usuário analisado (Barela, 2005; Cohen, 2006).

Segundo Cucci Neto (1996) existem dois grupos de parâmetros físicos que são básicos para estudos que visem à mobilidade de pedestres. O primeiro compreende as dimensões do corpo humano (dados antropométricos) e parâmetros de caminhada, como a velocidade. O outro abrange os parâmetros relacionados com o espaço destinado ao pedestre quanto à segurança e ao conforto (performance do espaço medida por níveis de serviço). Esta tese é sustentada também com a análise deste primeiro grupo de parâmetros, principalmente no que diz respeito a dados levantados sobre velocidade, que serão incorporados ao modelo.

Quanto aos parâmetros físicos dos pedestres, Lianza & Sposito (1994) destacam que a capacidade de locomoção de um indivíduo não deve ser entendida apenas como uma habilidade de alternar passos, mas como a função que capacita o usuário a suprir necessidades da vida diária, por isso deve ser facilitada para todos. Nesse sentido o conceito de *mobilidade de pedestres* torna-se mais completo e aprimorado.

Ainda sobre os parâmetros físicos dos espaços destinados aos pedestres, Ferreira & Sanches (2001), por exemplo, propuseram a determinação de um índice de qualidade

de calçadas (IQC) a partir de alguns fatores ou critérios físicos que caracterizam o ambiente das calçadas: segurança, manutenção e largura efetiva. Além da seguridade e da atratividade visual. Posteriormente, Ferreira & Sanches (2007) propuseram um indicador de avaliação do desempenho da infraestrutura de calçadas baseado nas necessidades de usuários de cadeiras de rodas, a partir de parâmetros de conforto e segurança.

Enfatiza-se que são considerados pedestres, desde as pessoas fisicamente aptas àquelas com dificuldade de locomoção (que usam cadeiras de rodas ou outras formas de assistência à locomoção, como bengalas, muletas, carrinhos de bebê etc.). Logo, a mobilidade de pedestres deve ser alcançada a partir dos princípios do “Desenho Universal” que preconizam, segundo Prado (1997), que as cidades devem ser acessíveis a qualquer pessoa, desde seu nascimento até sua velhice. Este é outro aspecto importante a ser considerado nesta tese, que traz como tema a acessibilidade relativa de pessoas com deficiência ou restrição de mobilidade.

Para entender a essência da filosofia do Desenho Universal, Rabelo (2008) cita que a sua concepção deve ser uma proposta de atendimento das necessidades individuais de cada cidadão delineadas pelos limites extremos detectados no coletivo sem que seja direcionado ao atendimento de um grupo específico. Segundo Ostroff (2001a), em comparação a outras escalas, a utilização dos princípios do Desenho Universal na escala urbana é relativamente recente. A autora aponta que a “cidade para todos” deve ser a meta dos processos urbanos. Isto reforça mais uma vez, a necessidade de se focar o tema sob a ótica da mobilidade de pedestres.

2.2 Acessibilidade Segundo o Desenho Universal

O termo Desenho Universal foi usado pela primeira vez nos Estados Unidos pelo arquiteto Ronald Mace em 1985 (Roosmalen & Ohnabe, 2006), mas os conceitos embutidos neste termo já eram utilizados antes desta data em outros países, principalmente no Canadá. No entanto, a partir da década de 1990 a denominação de Desenho Universal tem sido a mais utilizada.

O Desenho Universal é uma filosofia de projeto que visa a criação de ambientes, edificações e objetos, considerando desde o início de sua concepção a diversidade humana. Nesta concepção, as necessidades específicas de todos os usuários (idosos,

crianças, gestantes, pessoas com deficiências temporárias ou permanentes etc.) devem ser atendidas, eliminando-se a idéia de fazer ou adaptar “projetos especiais” (Dischinger *et al.*, 2004).

Outra líder no campo do Desenho Universal é Patricia Moore que, na década de 1990, viajou pelos Estados Unidos simulando ser uma idosa (Figura 2.1) para experimentar as dificuldades que esta parte da população encontrava nos ambientes, nos produtos e na atitude da população (Moore, 2001).



Figura 2.1: Transformação da pesquisadora Patty Moore em experiência como idosa de 85 anos
Fonte: Moore (2001)

O Desenho Universal foca a inclusão social, com oportunidades iguais para todos. O projeto que segue os princípios do Desenho Universal deve ser realizado de forma integrada de acordo com as necessidades de todos os usuários. Assim, para permitir a integração de pessoas com deficiência ou idosas na sociedade, é necessário o desenvolvimento de ambientes adaptados ou acessíveis (Roosmalen & Ohnabe, 2006).

A intenção do uso do Desenho Universal é simplificar a vida de todos fazendo com que os ambientes, as informações e os produtos sejam usados pelo máximo de pessoas possível - por pouco ou nenhum custo extra aos usuários. Isto significa o benefício de pessoas de todas as idades e capacidades (habilidades).

Assim, dentro do tema da acessibilidade aos espaços urbanos, segundo Cambiaghi (2007) o objetivo do Desenho Universal é reduzir a distância funcional entre os elementos do espaço e a capacidade dos indivíduos. Isto permite que o usuário

desfrute dos ambientes sem receber um tratamento discriminatório por causa de suas características pessoais.

Entre 1994 e 1997, segundo Story (2001) o Centro para Desenho Universal da Universidade do Estado da Carolina do Norte, nos Estados Unidos, conduziu uma pesquisa e um projeto intitulado “Estudos para Promoção do Desenvolvimento do Desenho Universal”. Uma das atividades do projeto foi desenvolver um guia de desenho universal.

Em abril de 1995, a equipe do projeto realizou um encontro que reuniu dez profissionais peritos no assunto, de sete instituições dos Estados Unidos, que incluíram arquitetos, designers de produtos, engenheiros e pesquisadores do desenho ambiental. Os membros do grupo passaram dois dias reunidos para organizar as principais informações e dar início à elaboração do guia. Por fim, desenvolveram uma lista a qual denominaram “*Princípios do Desenho Universal*”. O esboço destes princípios foi enviado para alguns pesquisadores e profissionais que atuavam no ramo dentro daquele país para uma revisão. As sugestões foram incorporadas ao documento final. Várias versões precederam à atual, mas a versão de dezembro de 1995 já trazia os sete princípios, utilizados ainda hoje. São eles:

i) Utilização equitativa – o projeto deve ser útil e acessível para todas as pessoas, ou seja, deve ser capaz de ser utilizado por pessoas com diversas capacidades (habilidades);

ii) Utilização flexível – o projeto deve se adequar a todas as pessoas, ou seja, deve acomodar uma larga escala de preferências e habilidades individuais;

iii) Uso simples e intuitivo – o projeto deve ser de fácil entendimento, independentemente da experiência do usuário, de seu conhecimento, linguagem, habilidade ou nível de concentração;

iv) Informações perceptíveis – o projeto deve fornecer informação necessária para o usuário a respeito das condições do ambiente independentemente de suas habilidades sensoriais;

v) Tolerância ao erro – o projeto deve eliminar a ocorrência de situações perigosas, ou seja, deve minimizar riscos e consequências negativas decorrentes de ações acidentais ou involuntárias;

vi) Mínimo esforço físico – o projeto deve ser usado eficientemente e confortavelmente, com um mínimo de fadiga.

vii) Espaço e dimensões adequadas para aproximação e utilização – espaços de tamanho apropriado devem ser fornecidos para aproximação, alcance, manipulação e utilização, independente da estatura, capacidade de locomoção ou postura do usuário.

Articular e descrever atributos que façam o desenho universalmente utilizável não é um desafio trivial. Foram desenvolvidos testes que pudessem guiar projetos a partir de informações prévias dos usuários, criando-se um Desenho Universal apropriado. Os esforços descritos na realização do guia puderam atender a conceitos que abrangem a diversidade humana.

A finalidade dos princípios do desenho universal é guiar planejadores, projetistas e administradores urbanos. Apesar de sua natureza genérica, têm provado sua utilidade para moldar projetos de vários tipos por todo o mundo.

Adotou-se assim, principalmente, os aspectos relativos aos princípios *i*, *ii* e *vi* para a análise do problema levantado nesta tese pesquisa. Quanto aos princípios de “utilização equitativa” e “utilização flexível” há um esforço para incorporar, no modelo de avaliação proposto, dados que possam determinar quais os níveis aceitáveis de acessibilidade dos espaços para grupos de pessoas com deficiências ou restrições de mobilidade, bem como aqueles níveis considerados inadequados. A avaliação proposta considera como primordial o princípio do “mínimo esforço físico” para determinar tais níveis.

Em 2001, o então Presidente do EUA, George W. Bush apresentou o plano “*Freedom Initiative*”, contendo seis prioridades. Uma delas apontava para o aumento da “acessibilidade e mobilidade dentro do ambiente físico”. Este ambiente inclui desde vias e veículos até edifícios públicos e privados. Para tornar o ambiente acessível a todos, essa prioridade segue o uso do processo que incorpora o Desenho Universal (Roosmalen & Ohnabe, 2006).

2.3 Acessibilidade ao Espaço Urbano para Mobilidade de Pedestres

Várias definições podem ser encontradas sobre o termo acessibilidade, mas geralmente todas convergem para um mesmo sentido ou se complementam. Jones (1981) afirma que a acessibilidade está relacionada à oportunidade e/ou potencial disponibilizados pelo sistema de transporte e uso do solo, para que diferentes tipos de pessoas desenvolvam suas atividades. De acordo com o Ministério das Cidades (2006a) este termo corresponde à facilidade em distância, tempo ou custo de se alcançar com autonomia os destinos desejados na cidade.

Raia Jr. (2000) cita que a acessibilidade é um conceito básico que está subjacente na relação entre transporte e uso do solo. Em um contexto mais amplo, a acessibilidade está relacionada à capacidade de se atingir um determinado lugar e, a mobilidade está relacionada à facilidade com que o deslocamento pode ser empreendido. Se o movimento se tornar menos oneroso - em termos de tempo, distância, valores monetários ou outro tipo de custo - entre dois pontos, aumenta-se a acessibilidade do ponto de destino em relação ao ponto de origem.

Segundo Noland (1996), ao caminhar o pedestre geralmente não ultrapassa 2,4 km de distância por viagem. Considerando-se este fator, os planos urbanos têm sugerido um enfoque para o aumento da densidade e uso do solo misto. Assim, áreas que concentram emprego, compras e moradia em conjunto podem aumentar a acessibilidade dos pedestres.

Tratando-se do modo a pé, como a acessibilidade está relacionada à capacidade de se atingir um determinado lugar, ela é considerada também em termos de esforço despendido pelo usuário. No caso de usuários com necessidades especiais, a disponibilidade de espaços que promovam maior facilidade de deslocamento (maior mobilidade) garante o menor esforço. Isto significa que, nessas condições, maior é o nível de acessibilidade a esses espaços.

Segundo Ostroff (2001a), a acessibilidade deve ser uma das exigências que guiam as decisões de projeto e por isso, ela não deve ser considerada apenas depois que as decisões forem tomadas. Vários critérios de exigência devem ser observados para que todos os níveis da escala urbana (desde o edifício até a cidade no seu todo – incluindo as vias públicas) sejam atendidos.

Ainda segundo Ostroff (2001a) o conceito de acessibilidade tornou-se mais compreendido devido ao melhor entendimento da palavra “barreira”. Neste caso, barreira é considerada um obstáculo físico que restringe a mobilidade e não permite o uso confortável e seguro do espaço e seus componentes. Tais barreiras podem ser evitadas através de diferentes soluções, de acordo com as necessidades dos usuários.

Considerando-se o fato de que os usuários dos espaços de circulação no modo a pé são desde as pessoas fisicamente aptas àquelas com dificuldade de locomoção, o conceito de acessibilidade deve abordar este aspecto. Assim, segundo a NBR 9050 (ABNT, 2004) e a Lei nº 10098 (Brasil, 2000a), a acessibilidade é a possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização com segurança e autonomia dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos transportes e dos sistemas e meios de comunicação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida.

Em termos de nível de acessibilidade das vias de pedestres, estes espaços públicos possuem frequentemente diversas situações (barreiras) que dificultam ou impedem a mobilidade de seus usuários. Dentre muitos, alguns exemplos podem ser citados: existência de degraus ou rampas muito inclinadas, mobiliário urbano mal posicionado (Figura 2.2a) e veículos estacionados nos espaços destinados à circulação dos pedestres (Figura 2.2b).

A acessibilidade é também uma questão referente à qualidade e está intimamente relacionada a fatores como o conforto e a segurança. A mobilidade é um direito humano e os espaços públicos têm que cumprir requisitos que forneçam acessibilidade a todos os usuários potenciais, sem excluir os de comunicação ou locomoção reduzida.



Figura 2.2: Exemplo de barreiras nos espaços urbanos de pedestres
Fonte: e-mail origem desconhecida (a); foto feita pela autora em 2006, na cidade de São Paulo (b)

Segundo Silva *et al.* (2008), Rodrigues (2001), Ramos (2000) e Mendes (2000) a acessibilidade pode ser avaliada em relação a um determinado objetivo (que pode ser uma localização industrial, edificações no interior de um *campus* etc.). Essa relação é baseada na medição de afastamento incluindo o efeito da distância. Logo, o nível de acessibilidade resulta da combinação das distâncias a um conjunto de destinos-chave. Os destinos-chave, por sua vez, estão relacionados ao objetivo do usuário e podem possuir importâncias relativas diferentes (pesos), de acordo com a necessidade de utilização (ou funcionalidade) atribuída por seus usuários. As impedâncias (barreiras ou dificuldades), que podem ocorrer nos percursos, são combinadas com a distância e com o peso dos destinos-chave para a obtenção de índices de acessibilidade.

Gil (2005) menciona que considerar a deficiência de uma pessoa como uma característica como outra qualquer e considerar que as dificuldades que a pessoa com deficiência enfrenta são o resultado do ambiente despreparado para recebê-la é a forma mais racional para a busca de soluções adequadas para todos. Como exemplo, o autor cita que uma pessoa com deficiência física e usuária de cadeira de rodas, em geral, não consegue subir uma escada, mas se houver uma rampa apropriada ela vai estar em pé de igualdade com as outras pessoas. Lianza & Sposito (1994) reforçam esta tese quando afirmam que uma pessoa com deficiência não é uma pessoa inválida, é uma pessoa como qualquer outra que, eventualmente, necessite de recursos especiais, adaptados à sua condição de deslocamento.

Entretanto, as ações ainda se limitam a propor a readequação de espaços públicos sem o conhecimento das verdadeiras características físicas de locomoção das

Pessoas com Deficiência (PCDs) e das Pessoas com Restrições de Mobilidade (PRMs). Sob esta ótica, Duarte & Cohen (2004) relatam ser comum que a construção de rampas nas esquinas seja considerada “suficiente” para taxar o projeto urbano de “projeto inclusivo ou acessível”. As mesmas autoras enfatizam que os aspectos referentes ao espaço, como a distância (perto e longe) e a forma do percurso, devem ser medidas pelo esforço e pelo cansaço da Pessoa com Dificuldade de Locomoção (PDL) e, não podem ou não devem ser compreendidos a partir de referenciais de pessoas que não apresentam dificuldade em sua locomoção. Portanto, o tempo de percurso é um fator determinante para avaliar as condições de mobilidade.

Fruin (1971) define como objetivos do planejamento urbano para pedestres a maximização das condições de segurança, conforto da caminhada, continuidade do trajeto, atratividade e conveniência. A conveniência, no entanto, é um atributo sutil e envolve vários fatores. Os mais relevantes são: a distância a ser percorrida, o gradiente da via (medida de declividade) a retidão da rota ou qualquer outro fator que facilite a caminhada (garanta acessibilidade).

Casos isolados de propostas de melhoria da acessibilidade do meio urbano têm sido realizados em algumas cidades brasileiras, mesmo que de forma retraída. Alguns resultados dessas experiências têm apresentado um nível de melhoria satisfatório, mas ainda precisam ser aprimorados e ampliados.

São exemplos de acessibilidade nas vias para melhoria da mobilidade de pedestres: vias de pedestre sem mudanças abruptas de nível (Figura 2.3a e 2.3b) e sem obstáculos, com rampas de inclinações adequadas, larguras adequadas, utilização de revestimentos adequados no piso, projeto e disposição adequada do mobiliário urbano e da vegetação etc. É importante evidenciar que estas medidas requerem, acima de tudo, que as rotas sejam contínuas e que haja coerência no sistema implantado, além de conforto e segurança.

Orlandi (2003) cita que as soluções apresentadas por algumas cidades brasileiras mostram-se incompletas, atendendo a poucas necessidades dos usuários. Normalmente, essas soluções de acessibilidade são voltadas apenas ao transporte coletivo, esquecendo-se a necessidade de adaptação dos terminais e pontos de paradas de forma a integrá-los às calçadas e travessias.

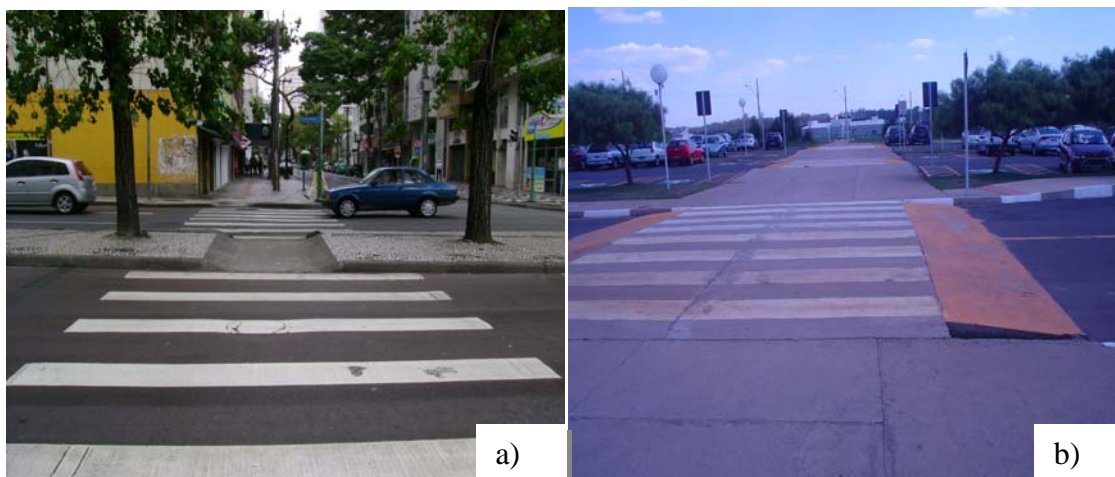


Figura 2.3: Exemplo de acessibilidade nas vias de pedestres (travessias)

Fonte: Fotos feitas pela autora em 2007: na cidade de Curitiba/PR (a) e no *campus* da UFSCar na cidade de São Carlos/SP (b)

Como citado anteriormente, em termos de tecnologia e materiais disponíveis, o Brasil realiza soluções interessantes e alguns exemplos para a melhoria da mobilidade de pedestres são autênticos - embora em pequena escala (Aguiar *et al.*, 2006). Talvez isto ocorra por falta de incentivos ou exigências políticas, sociais e/ou culturais. Constata-se, portanto, que o atraso na implementação de projetos não é devido a algum tipo de incapacidade tecnológica.

Ao contrário do que se pode pensar, a preocupação com a questão da garantia da mobilidade não é recente apenas nos países em desenvolvimento. Em muitos países desenvolvidos, como a Alemanha, segundo Blennemann *et al.* (2003) este assunto vem sendo abordado, com maior evidência, há mais ou menos uma década. A diferença está no grau de importância dada à priorização da mobilidade para todos os pedestres incluindo PCDs e PRMs (Aguiar *et al.*, 2006). Isto faz com que a implementação de projetos tenha mais incentivo e seja mais exigida e fiscalizada.

2.4 Pessoas com Deficiência (PCDs) e Pessoas com Restrições de Mobilidade (PRMs)

De acordo com Gil (2005), a deficiência é tão antiga quanto a humanidade. Desde a pré-história até hoje, as pessoas sempre tiveram que decidir qual atitude adotar em relação aos membros mais vulneráveis da comunidade que precisavam de ajuda para obter alimento, abrigo e segurança (como as crianças, os idosos e as pessoas com

deficiência). Para Feijó (2002), a concretização do direito constitucional de ir e vir é fundamental para estas pessoas, pois as habilita para usufruir muitos outros, como o direito à escola, ao trabalho, ao lazer etc.

Para Ubierna (2008), as pessoas com capacidade de locomoção ou comunicação reduzida são as que têm maior dependência dos serviços públicos para alcançar sua autonomia pessoal, sua participação e integração social e o exercício de sua liberdade. Como consequência, a melhora da acessibilidade é um dos elementos-chave no processo gradual de transformação do entorno físico que favorece a igualdade social de oportunidades e possibilita o máximo de autonomia pessoal e integração na cidade.

Segundo citado em Brasil (2000a), as pessoas com deficiência (PCDs) são aquelas que, temporária ou permanentemente, têm sua capacidade de relacionar-se com o meio e de utilizá-lo de forma limitada. De acordo com o último censo demográfico (IBGE, 2000), no Brasil, o número de PCDs chega próximo a 14,5 % da população. Na Figura 2.4, é mostrada esta proporção. Na mesma figura pode ser vista a comparação entre o Brasil e alguns países selecionados em uma pesquisa sobre pessoas com deficiência em âmbito mundial durante os anos de 1986 e 2000.

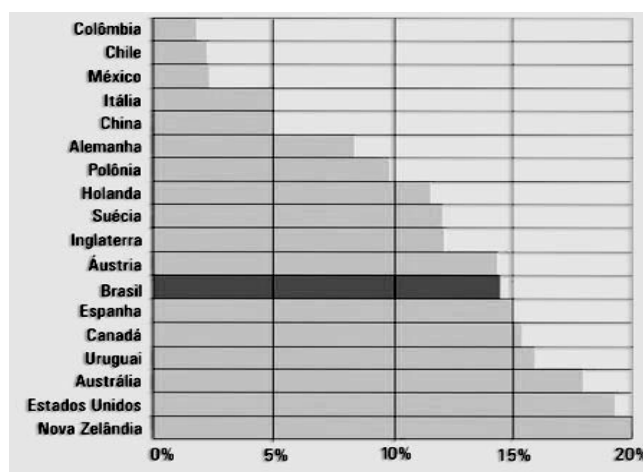


Figura 2.4: Percentual de PCDs, segundo países selecionados
Fonte: Secretaria Municipal de Urbanismo do Rio de Janeiro *apud* Cohen (2006)

Um fato importante a ser observado é que desses 14,5 % de PCDs, quase a metade (48,1 %) possui deficiência visual e um pouco mais de um quarto (ou seja, 27 %) possui deficiência física e deficiência motora (Figura 2.5).

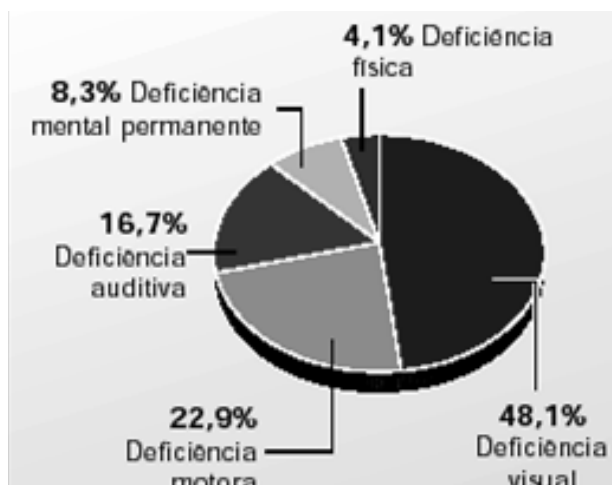


Figura 2.5: Distribuição de PCDs no Brasil
Fonte: IBGE (2000) *apud* Cohen (2006) e Cambiaghi (2007)

Segundo a CET (1980), o número de pessoas com deficiência tende a crescer, devido ao aumento da expectativa de vida do brasileiro e aos elevados índices de acidentes de trabalho e trânsito. Fruin (1971), em pesquisas realizadas desde a década de 70, já citava que o avanço da medicina tem diminuído o número de mortes por acidentes, mas muitas vezes não consegue impedir que o acidentado adquira alguma deficiência física. De acordo com o MDT (2003) no Brasil, em média, 40 mil pessoas por ano morrem nos acidentes de trânsito e 350 mil ficam feridos. Deste total, 120 mil se tornam PCDs.

De acordo com Cancelli (1994) *apud* Magalhães (1999), se forem somadas às PCDs as pessoas com restrição de movimento (PRMs), como idosos, crianças, obesos, gestantes após o sexto mês e os de visão subnormal, esse número aumenta quase três vezes e pode ultrapassar 40 %. Dados da Organização Mundial de Saúde (OMS, 2002 *apud* Sant'Anna *et al.*, 2002), indicam que, entre 1950 e 2025, a população de idosos (acima de 65 anos), no Brasil, crescerá 16 vezes enquanto o crescimento da população total será de apenas 5 vezes.

Apesar dos avanços tecnológicos e médicos terem melhorado a expectativa de vida, o envelhecimento é uma realidade. Pessoas acima de 65 anos têm grande chance de apresentar deficiências e dificuldades para enxergar, ouvir e se locomover. Entretanto, os recursos de infraestrutura ainda não são condizentes com as suas necessidades mais básicas de locomoção. Segundo Cambiaghi (2007) as pessoas idosas podem apresentar capacidade de reação mais lenta e visão e audição deficientes em

relação ao “usuário médio”. Isto ocorre porque suas capacidades motoras e sensoriais costumam sofrer redução gradual, o que as torna mais suscetíveis a sentir os efeitos negativos do meio construído.

Segundo Sant’Anna *et al.* (2002) a distribuição prevista da população com no mínimo 60 anos de idade para alguns países para o ano 2050, revela que os países em desenvolvimento e mais jovens registrarão as maiores taxas de crescimento de populações idosas. O Brasil apresenta a quinta maior taxa de crescimento prevista, o que corresponde a 188% (Figura 2.6).

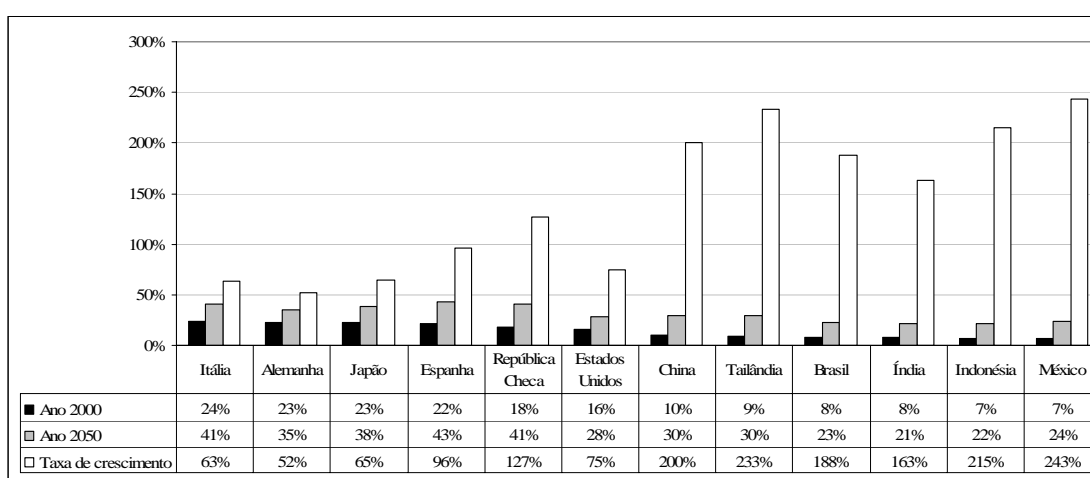


Figura 2.6: Previsão de crescimento da população acima de 60 anos para 2050

Fonte: Sant’Anna *et al.* (2002)

Segundo Fisk *et al.* (2004) o subgrupo de idosos que cresce mais rapidamente, em termos comparativos aos anos anteriores, é o daqueles com mais de 80 anos. Os autores definem como idoso o indivíduo que tem 60 anos ou mais, embora afirmem que essa definição não seja sempre tão completa e citam que existem autores que apresentam outras classificações. Na verdade, não existe uma faixa definitiva entre o que é considerado “pessoa adulta” e a “pessoa idosa”. Sendo assim, a idade não é facilmente representada como uma variável nominal. A idade cronológica é usada apenas como um marco que corresponde às mudanças comportamentais.

Um dos grandes avanços para a inclusão de PCDs e PRMs na sociedade aconteceu na década de 70, quando a Organização Mundial de Saúde (OMS) adotou uma classificação de deficiências e desvantagens em um suplemento adicional denominada de Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) e não mais como parte integrante da Classificação Internacional de Doenças

(CID). Isto retirou das necessidades especiais a relação com doença e estabeleceu uma nova visão que refletiu positivamente também na esfera social (Cambiaghi, 2007).

Assim, a deficiência (apresentada por alguém) foi classificada em três níveis: *impairment* (deficiência), *disability* (incapacidade) e *handicap* (desvantagem). Segundo Luchetti (2008), nesta nova classificação (CIF), além de se considerar a atuação da pessoa com deficiência em três dimensões: orgânica, pessoal e social, se identifica tarefas importantes que envolvem a mobilidade. Dentre estas tarefas está o grau de deambulação: ato de caminhar no plano, em piso desigual, subir degrau, atravessar obstáculo e correr.

Um dos pontos mais importantes verificados na CIF é o aspecto positivo que mostra a maneira como a deficiência depende do ambiente ao qual está ligada e também, da estrutura do corpo do indivíduo. Nesta classificação ainda é mostrado o reflexo dessa dependência na participação do indivíduo na sociedade. Assim, no Quadro 2.1, adaptado de Rocha (2006), são citadas as principais definições utilizadas na CIF.

Quadro 2.1: Definições utilizadas pela Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF)

| Dano | Doença ou distúrbio |
|--------------|--|
| Deficiência | Anomalias ou perdas na estrutura corporal e na aparência e/ou função de um órgão ou sistema |
| Incapacidade | Restrições ou perdas de habilidades devido a distúrbios do ponto de vista funcional e da atividade do indivíduo |
| Desvantagem | Consequências sociais e ambientais que afetam o indivíduo ao não poder se adequar às expectativas e normas de um meio sócio-cultural |

Fonte: CIF (2001) *apud* Rocha (2006)

No Quadro 2.2 é mostrado um exemplo que relaciona os termos citados anteriormente e seus efeitos, de forma a esclarecer o que é a deficiência. Nesse caso foi apresentado o exemplo de uma pessoa com deficiência sensorial/auditiva.

Quadro 2.2: Exemplo que relaciona uma deficiência (no caso, auditiva) e seus efeitos

| Dano | Lesão do nervo auditivo |
|--------------|---|
| Deficiência | Surdez neuro-sensorial |
| Incapacidade | Ausência de audição / diminuição da capacidade labiríntica |
| Desvantagem | Restrição de comunicação / diminuição de oportunidades de trabalho etc. |

Fonte: Elaborado a partir de Rocha (2006)

A desvantagem citada no exemplo indica que o portador de deficiência auditiva apresenta restrições de comunicação, podendo ter dificuldades no entendimento dos espaços, quando estes não apresentarem sinalizações e orientações adaptadas ao seu uso.

2.5 Principais Características Físicas de Pedestres Quanto à Locomoção

Os parâmetros básicos para o “caminhar normal” são: rotação da pelve, flexões de joelhos, pés e tornozelos e deslocamento lateral da pelve que atuam sobre o centro de gravidade e diminuem as mudanças da inércia e, com isso, modulam harmonicamente a marcha, diminuindo os gastos energéticos. A opção de órteses (por exemplo, bengalas e cadeira de rodas) envolve aspectos quanto à gravidade da deficiência e a fatores psicológicos (Lianza & Sposito, 1994).

Cohen (2006) cita que, por muito tempo, a idéia de “normalidade” de uma pessoa fez com que a deficiência estivesse associada a fatores individuais, ou seja, as pessoas que a possuíam é que tinham que se adaptar ao meio. Hoje, muitos teóricos defendem um modelo social de deficiência, transferindo muitas das dificuldades vividas por estas pessoas para os fatores externos, dentre os quais, pode-se mencionar o próprio ambiente.

Segundo Barela (2005), dentre os vários estudos que investigam aspectos biomecânicos, os referentes à forma de deslocamento das Pessoas com Dificuldade de Locomoção (PDLs) têm destaque pelo fato de a mobilidade desses indivíduos (de forma independente) ser extremamente importante para a sua maior autonomia. No caso de

idosos, por exemplo, a diminuição da velocidade do andar não deve ser considerada como algo prejudicial e sim como uma forma de garantia da estabilidade, evitando quedas ou como uma forma de adaptação às mudanças corporais decorrentes da idade. Freitas *et al.* (2002) ainda citam que algumas modificações adicionais relacionadas ao envelhecimento incluem diminuição da altura e comprimento dos passos, e ainda uma redução na flexão dos joelhos e tronco.

No caso da locomoção do portador de paraplegia, por exemplo, uma cadeira de rodas é indispensável e representa o equipamento mais essencial para promover a sua independência e reintegração social. Alguns acessórios para cadeira de rodas podem auxiliar e melhorar sua locomoção. Um escalador de degraus, por exemplo, acoplado a cadeiras motorizadas pode transpor obstáculos de até 13 cm de altura. Já as ponteiras traseiras são desenhadas para prevenir o excesso de inclinação posterior da cadeira convencional e podem auxiliar ao subir meio-fio, aumentando a independência do cadeirante (Lianza & Sposito, 1994). Na prática estes acessórios não são muito utilizados, talvez por falta de recursos financeiros e também, devido à sua utilização requerer muita agilidade, controle sobre a cadeira e força física.

Tanto a deficiência física de um indivíduo quanto a deficiência sensorial (visual e auditiva) podem causar prejuízos em seus movimentos, pois demandam outros sentidos para a percepção, orientação dos espaços e equilíbrio do corpo. Mas, como conclui Cohen (2006), as características de alguns ambientes urbanos influenciam nas competências motoras e na habilidade de lidar com o meio. Esta situação muitas vezes reforça a própria deficiência do indivíduo, o qual chega a encontrar dificuldade de se identificar e estabelecer relações positivas com os lugares.

Cambiaghi (2007) cita que em 1985, o 13º Congresso Brasileiro de Arquitetos, realizado em Belo Horizonte, aprovou por unanimidade uma moção em defesa de uma arquitetura sem barreiras. Naquela ocasião, os arquitetos brasileiros afirmaram que a deficiência é o resultado de falhas na organização espacial, que dificultam a expressão das habilidades de cada indivíduo. Diante disto, comprometeram-se a garantir o respeito à diversidade humana na elaboração de seus projetos.

Como citado, vários são os parâmetros considerados básicos para locomoção de um pedestre, e isto depende das características físicas individuais relacionadas às suas capacidades de locomoção. Como proposta de um estudo inicial sobre o tema da mobilidade - visando à análise comparativa entre quatro grupos de indivíduos com

características específicas - alguns critérios foram selecionados para serem abordados neste trabalho. Estes critérios têm relação direta com alguns parâmetros, são eles: critérios de velocidade do pedestre (parâmetros biomecânicos) e critérios de dimensões do corpo humano (parâmetros antropométricos).

As velocidades de caminhada variam de acordo com fatores pessoais (características de cada indivíduo) e ambientais (característica dos espaços). Fruin (1971), em sua pesquisa com pedestres, obteve como velocidades médias de homens e mulheres as respectivas marcas: 1,37 m/s e 1,29 m/s. Como conclusão, adotou uma faixa aceitável de velocidades de caminhada entre 0,73 e 2,38 m/s. O caminhar livre, abaixo desse limite inferior, indica alguma deficiência locomotora e acima do limite superior indica corrida. O autor verificou ainda, que a velocidade de caminhada tende a decrescer com a idade. Porém, todos podem ultrapassar a velocidade de caminhada relaxada em 14 %. Isso indica que uma pessoa idosa com pressa pode superar a velocidade de um jovem de 20 anos em caminhada relaxada. As velocidades normais de caminhada declinam de 1,39 m/s na faixa dos 20 aos 25 anos para 1,09 m/s para o grupo dos 81 aos 87 anos, sendo que a maior parcela de declínio ocorre após os 65 anos.

Noland (1996) cita em seu trabalho que a média de velocidade de pedestres é de 1,38 m/s para homens e de 1,11 m/s para mulheres.

Tarawneh (2001) avaliou a velocidade dos pedestres nas travessias de vias de acordo com algumas características quanto à idade e gênero dos pedestres e à largura das vias e densidade de pedestres. A pesquisa teve o intuito de recomendar valores de velocidades de pedestres em projeto. O autor concluiu que pedestres com idade entre 21 e 30 anos apresentaram velocidades maiores e o grupo de pedestres acima de 65 anos apresentou velocidades mais baixas. Outro fato observado é que a velocidade dos pedestres é maior quando atravessam vias mais largas e, menor na travessia de vias mais estreitas. A média de velocidade encontrada na pesquisa correspondeu a 1,34 m/s, sendo que a velocidade recomendada para travessia é de 1,11 m/s para atender pelo menos 85 % da população. Nas áreas que circulam um grande número de idosos (65 anos ou mais) o autor sugeriu uma velocidade de 0,97 m/s para acomodar pelo menos 85 % da população com essa idade.

De acordo com Basseby *et al.* (1988) à proporção que os indivíduos envelhecem, constata-se uma diminuição do comprimento da passada, um declínio progressivo na

carga que os músculos conseguem erguer e uma desaceleração na velocidade de caminhada. Segundo os autores, esta velocidade chega a valores próximos de 1,33 m/s (+/- 0,17) para homens acima de 65 anos e 1,17 m/s (+/- 0,17) para mulheres nessa mesma faixa etária.

Outro fator importante a ser considerado é o tipo de condicionamento físico de cada indivíduo. Segundo Soares *et al.* (2005) o tipo de atividade física regular realizada pode influenciar nos desempenhos de suas velocidades. Em um estudo comparativo, os autores obtiveram valores de 1,6758 m/s para idosas praticantes de hidroginástica e 1,7216 m/s para idosas praticantes de musculação (média de idade = 67,5 anos). É importante ressaltar que o desempenho das voluntárias da musculação, foi justificado devido à performance adquirida no treinamento de força, tendo grande relevância os fatores anteriormente citados (força muscular, equilíbrio e coordenação).

Segundo um boletim técnico da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET, 1978), os pedestres apresentam velocidades diferentes em relação também, ao motivo do deslocamento. Sendo verificadas velocidades menores em espaços de lazer e maiores em áreas cujo uso do solo seja predominantemente de serviços (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Velocidade média de pedestres de acordo com o uso do solo adjacente à via

| Uso do solo predominante na via | Velocidade média do pedestre na calçada |
|---------------------------------|---|
| Serviços | 1,2 a 1,6 m/s |
| Serviços e comércio | 1,0 a 1,4 m/s |
| Comércio e lazer | 0,8 a 1,2 m/s |

Fonte: CET (1978)

De acordo com o DENATRAN (1987), os pedestres ainda apresentam velocidades diferentes considerando-se as inclinações das vias de circulação. Sendo verificadas velocidades maiores em rampas de baixa inclinação e menores em rampas acentuadas (Tabela 2.2). Convém ressaltar que a NBR 9050 (ABNT, 2004) considera a via de circulação externa (calçada) como em plano horizontal quando sua inclinação longitudinal for de até 5 %. Acima de 5 % de inclinação longitudinal a via é considerada em rampa. O máximo de inclinação longitudinal recomendada para vias de

pedestre é de até 8,33 %. (1:12) para que sejam consideradas vias de rotas acessíveis. Já a inclinação transversal máxima para circulação externa deve ser de até 3 %.

Tabela 2.2: Velocidade média de pedestres de acordo com a inclinação de rampas

| Inclinação | Velocidade média |
|------------|------------------|
| 2 % | 1,30 m/s |
| 4 % | 1,30 m/s |
| 6 % | 1,26 m/s |
| 8 % | 1,17 m/s |
| 10 % | 1,02 m/s |
| 12 % | 0,93 m/s |
| 14 % | 0,84 m/s |
| 16 % | 0,78 m/s |

Fonte: DENATRAN (1987) *apud* Cucci Neto (1996)

Outros fatores também podem influenciar a velocidade de caminhada. Mori & Tsukaguchi (1987) em sua pesquisa observaram que a velocidade de caminhada é cerca de 1,5 m/s nas condições de fluxo livre e plano horizontal, mas este valor diminui gradativamente quando a densidade aumenta. Assim, chegaram a propor uma relação entre velocidade de pedestre e a densidade estimada segundo a Equação 2.1.

$$V = 1,48 - 0,204 K \quad (2.1)$$

Em que V : velocidade em m/s

K : densidade em pedestres/m²

Segundo Cucci Neto (1996), as medidas físicas do ser humano variam com a idade, o gênero e a etnia. Dentro de um mesmo grupo étnico existem variações de biotipos. Isso dificulta o estabelecimento de padrões antropométricos para a população de um país ou de uma determinada região, fato agravado no Brasil, onde há intensa

miscigenação. O mesmo autor cita que até então, ainda não existiam medidas antropométricas normalizadas da população brasileira.

Mais recentemente, a NBR 9050 (ABNT, 2004) dispõe de algumas dimensões de referência que foram baseadas nas medidas entre 5 % e 95 % da população brasileira, ou seja, os extremos correspondem, basicamente, a mulheres de baixa estatura e homens de estatura elevada, respectivamente.

No entanto, para Cambiaghi (2007) muitos dos problemas de interação do ser humano com o meio construído são causados pela tendência dominante de se projetar para um público pretensamente “normal”, que corresponde justamente a essa média da população (curva de Gauss). Para a autora, seria muito mais adequado considerar também as dimensões dos indivíduos que se encontram nos extremos dessa curva.

No Quadro 2.3 são ilustradas de forma simplificada algumas medidas básicas de referência, necessárias para o deslocamento de pessoas seguindo o que preconiza a NBR 9050 (ABNT, 2004) e algumas informações adicionais sobre velocidade baseadas em Fruin (1971), Cucci Neto (1996) e Lunaro (2006). Estes dados servirão de base para a avaliação proposta.

Neste capítulo é apresentada uma breve revisão sobre os métodos de avaliação dos espaços de pedestres. Quanto à avaliação física, são apresentadas as legislações e normas técnicas utilizadas acerca do tema. Quanto à avaliação qualitativa, são apresentados alguns estudos específicos que serviram de base para esta pesquisa.

3.1 Avaliação Física dos Espaços de Pedestres

De acordo com Childs *et al.* (2005) estudos sobre movimento humano têm sido realizados em laboratórios para avaliar as condições de locomoção de acordo com tipo de piso, existência de obstáculos etc.. Estes laboratórios proporcionam facilidade para se fazer medições detalhadas sobre movimento, mas em um ambiente incomum (artificial). Já os ambientes urbanos permitem uma avaliação das condições de vida real, mas é difícil comparar as diferentes condições de uma forma controlada. Estas situações levantadas ainda resultam em certa falta de informações detalhadas sobre a circulação de pedestres e sobre as questões de acessibilidade.

Segundo Ostroff (2001a), na Europa, a acessibilidade é comumente medida em termos quantitativos. Já nos Estados Unidos, é muito relacionada às legislações. Sob esta ótica, a avaliação física dos espaços de pedestres é baseada em parâmetros que possam proporcionar, pelo menos, um mínimo necessário de acessibilidade que garanta a mobilidade de pedestres.

Pesquisas internacionais sobre acessibilidade e mobilidade, que incluem parâmetros antropométricos e comportamentais, têm sido utilizadas como base para fundamentação de muitos valores adotados nas normas técnicas nacionais e internacionais em vigor.

Um exemplo de referência é o manual de projeto e construção de calçadas, rampas, travessias e outras instalações relacionadas ao pedestre, conforme os padrões de acessibilidade, desenvolvido pelo *Access Board* e o *Federal Highway Administration* (Ostroff, 2001b). Este manual foi direcionado para atender a todos os usuários, inclusive aqueles que têm alguma restrição de mobilidade, como os que usam cadeira de rodas e aqueles que têm reduções sensoriais ou cognitivas, principalmente os cegos.

A *European Conference of Ministers of Transport* (ECMT, 2006) é um órgão intergovernamental estabelecido por um protocolo assinado no ano de 1953 em Bruxelas por 43 países, dentre eles Portugal, Espanha, França, Itália, Alemanha, Estados Unidos da América e Canadá. Deste órgão, foi gerado um guia “*Improving transport accessibility for all - Guide to good practice*” que tem sido atualizado e que inclui alguns exemplos de boas práticas e recomendações para projeto de espaços acessíveis (Figura 3.1).

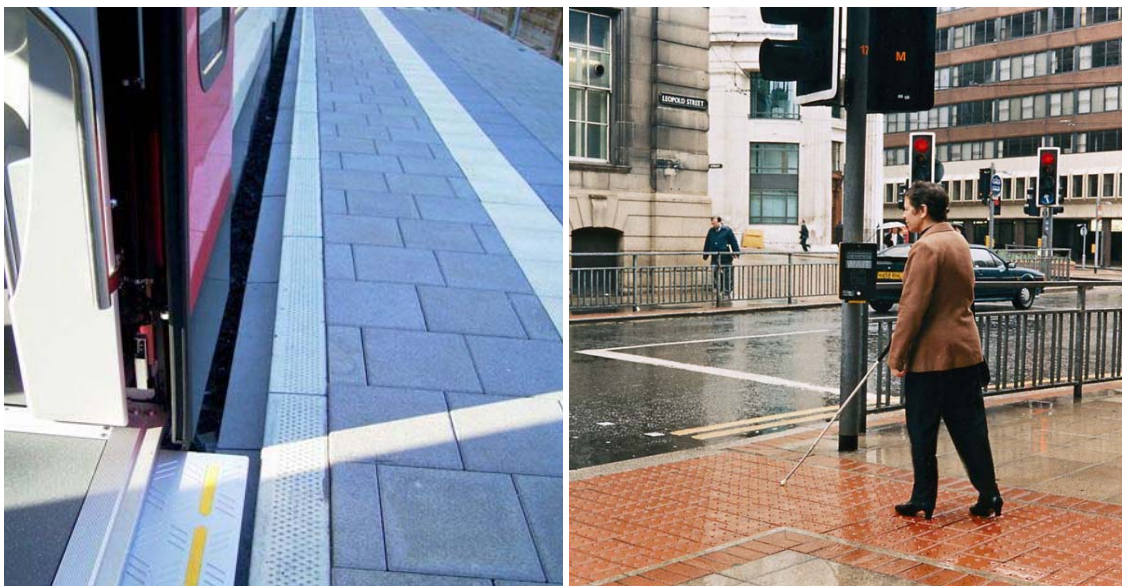


Figura 3.1: Exemplos de calçadas com superfície tátil de alerta e direcional para pessoa com deficiência visual segundo as recomendações da ECMT

Fonte: ECMT (2006)

O desenvolvimento de normas técnicas em diversos países foi baseado em estudos de adequação dos espaços às pessoas que têm algum tipo de deficiência. Estas normas constituem referenciais mínimos para garantir “funcionalidade”, embora nem sempre garantam qualidade e conforto. As normas, entretanto, dependem de uma legislação para serem declaradas de cumprimento obrigatório, no todo ou em parte, por autoridades competentes.

No Brasil a situação legal ampara Pessoas com Deficiências (PCDs) e Pessoas com Restrições de Mobilidade (PRMs). Assim, a PCD é tratada na Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1993), especificamente com relação ao tema aqui exposto, segundo competências, a saber: Capítulo VII, Da Família, Da Criança, Do Adolescente e Do Idoso, art. 227, §2º - A lei disporá sobre normas de construção dos logradouros ... *a fim de garantir acesso adequado às pessoas portadoras de deficiência e idosas*; Título IX, Das Disposições Constitucionais Gerais; art. 244 - A lei disporá sobre a adaptação dos logradouros ... atualmente existentes *a fim de garantir acesso adequado às pessoas portadoras de deficiência e idosas*, conforme o disposto no art 227, §2º.

A Carta Magna brasileira legou à legislação infraconstitucional explicitar novas leis federais. As que tratam sobre transporte e mobilidade são as leis nº 10.048 e 10.098 (Brasil, 2000b e 2000a) sancionadas no fim do ano 2000 e regulamentadas pelo Decreto Presidencial nº 5.296 em 2004 (Brasil, 2004). Também outros dispositivos legais, como o Código de Defesa do Consumidor (Brasil, 1990), e as normas técnicas brasileiras, principalmente a NBR 9050 (ABNT, 2004), elaboradas desde a década de 1990 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, têm dado suporte para as leis contidas em constituições estaduais e municipais. Outras normas relacionadas ao tema da acessibilidade e transporte podem ser citadas, são elas: NBR 14020 (ABNT, 1997), NBR 14273 (ABNT, 1999), NBR 13994 (ABNT, 2000), NBR 14021 (ABNT, 2005a), NBR 15320 (ABNT, 2005b) e NBR 14022 (ABNT, 2006).

Cambiaghi (2007) afirma que as leis são importantes, mas são apenas um primeiro passo. Segundo ela, pesquisas revelam que os países que têm a questão da acessibilidade mais desenvolvida não são aqueles com leis e normas rígidas ou detalhadas, mas aqueles onde existe maior consciência social e melhores recursos técnicos e humanos.

A NBR 9050 (ABNT, 2004), intitulada “Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos”, estabelece critérios e parâmetros técnicos de projeto, construção, instalação e adaptação às condições de acessibilidade dos espaços a que se refere. Segundo Cambiaghi (2007), esta norma é o principal instrumento de orientação para engenheiros e arquitetos e após a última revisão promovida pela ABNT, ela está bem mais completa e não deixa nada a dever em relação aos demais países.

Assim, alguns trechos da NBR 9050 (ABNT, 2004) que dizem respeito ao tema desta tese (acessibilidade aos espaços urbanos de pedestre) serão citados em linhas gerais a seguir.

Circulação externa - rotas acessíveis:

A zona livre para o acesso e permanência de uma pessoa deve considerar as dimensões do Módulo de Referência (M.R.), que representa a projeção ocupada por uma pessoa em cadeira de rodas. Estas dimensões referem-se à largura igual a 0,80 m e ao comprimento igual a 1,20 m. Os espaços de manobra sem deslocamento da cadeira de rodas devem ter as seguintes dimensões: largura $\geq 1,20$ m e comprimento $\geq 1,20$ m.

A largura livre mínima do passeio deve ser igual a 1,50 m; mas o mínimo admissível é de 1,20 m. A altura livre mínima em toda a largura dos percursos deve ser de 2,10 m. Para ser considerada *faixa livre*, esta deve ser completamente desobstruída. Esta faixa pode ser calculada em função do fluxo de pedestres, admitindo-se um tráfego de 25 pedestres/min (Equação 3.1):

$$L = (F/K) + \sum i \geq 1,20 \quad (3.1)$$

Em que

- L : largura da faixa livre;
- F : fluxo de pedestres estimado ou medido nos horários de pico (pedestres/min/m);
- K : 25 pedestres/min;
- $\sum i$: soma de valores adicionais, em metro, relativos a alguma impedância (vitrines ou comércio = 0,45 m; mobiliário urbano ou entrada de edificações no alinhamento da calçada = 0,25 m).

O piso deve ter superfície regular, firme, estável e antiderrapante sob qualquer condição. A *inclinação transversal* deve ser de até 3 % para pisos externos e a *inclinação longitudinal* máxima para que a via seja considerada horizontal é de 5 %, acima deste valor é considerada rampa. A *inclinação máxima em rampa* recomendada para vias de pedestres é de 8,33 % (para rotas acessíveis). Inclinações até 12,5 % são utilizadas com restrições, mas não fazem parte de rotas acessíveis.

As rampas devem ter largura mínima de 1,50 m, sendo admissível 1,20 m. Para inclinações 6,25 e 8,33% devem ser previstas áreas de descanso nos patamares a cada 50 m de percurso.

Os desníveis devem ser evitados nas rotas acessíveis, sendo que até 5 mm de altura não demandam tratamento especial, entre 5 e 15 mm devem ser tratados em forma de rampa com inclinação máxima de 50 % (chanfrados). Desníveis acima de 15 mm (1,5 cm) devem ser considerados degraus.

Os degraus devem estar associados a rampas ou outros dispositivos de transporte vertical. Os espelhos dos degraus não podem ser vazados. Devem ser evitados degraus com espelhos de altura entre 1,5 cm e 15 cm. As dimensões de pisos (p) e espelhos (e) devem ser constantes em toda a escada, em que: “ $28\text{ cm} < p < 32\text{ cm}$ ” e “ $16\text{ cm} < e < 18\text{ cm}$ ”. A associação de piso e espelho em uma escada deve ser obtida a partir da Equação 3.2:

$$63\text{ cm} < p + 2e < 65\text{ cm} \quad (3.2)$$

As escadas devem ter largura mínima para rota acessível igual a 1,50 m, sendo o mínimo admissível de 1,20 m. As escadas têm que ter no mínimo um patamar a cada 3,20 m de desnível e sempre que houver uma mudança de direção.

Os corrimãos devem ser contínuos e instalados em ambos os lados das escadas e rampas, devendo ter dimensões de 3 a 4 cm de diâmetro. Para degraus isolados e escadas, os corrimãos devem ser instalados a uma altura de 92 cm do piso e para rampas e opcionalmente para escadas, devem ser instalados a duas alturas: a 92 cm e a 70 cm do piso.

As faixas de pedestres devem ser aplicadas em seções de vias onde houver demanda de travessia no prolongamento das calçadas. A largura da faixa de pedestres é determinada pelo fluxo de pedestres no local, segundo a Equação 3.3:

$$L = (F/K) > 4 \quad (3.3)$$

Em que

L : largura da faixa em metros;

F : fluxo de pedestres estimado ou medido no horário de pico (pedestres/min/m);

K : 25 ped/min.

As guias das calçadas devem ser rebaixadas junto às travessias de pedestres, com inclinação até 8,33 %. A largura do rebaixamento deve ser igual a largura da faixa de travessia, quando o fluxo for superior a 25 pedestres/min/m. A largura mínima a ser rebaixada deve ser igual a 1,20 m.

As faixas elevadas de pedestres (lombo-faixas) devem ser aplicadas em travessias com fluxo de pedestre superior a 500 pedestres/hora e fluxo de veículos inferior a 100 veículos/hora; ou em travessias com largura inferior a 6 m.

As travessias de pedestres em desnível (passarelas) devem ter uma largura não inferior a 1,20 m, ter corrimãos duplos situados respectivamente a alturas do piso de 0,75 e 0,90 m. Caso não seja possível a construção de rampas nas passagens de pedestres em desnível, os desníveis devem ser vencidos por escadas e dispositivos mecânicos de elevação (por exemplo, elevadores ou plataformas elevatórias).

As rotas acessíveis devem dispor de sinalização tátil direcional e de alerta. A sinalização direcional deve ser utilizada quando nas áreas de circulação não existirem ou forem interrompidas as guias de balizamento, por exemplo, em espaços amplos.

3.2 Avaliação Qualitativa dos Espaços de Pedestres

Ao caminhar, o indivíduo está totalmente exposto ao meio ambiente que o circunda, interagindo muitas vezes com o tráfego de veículos e com as características do ambiente construído por onde passa. Por isto, ele geralmente planeja sua rota para alcançar seu destino por lugares que apresentem as melhores condições para sua mobilidade. Neste item, serão apresentadas algumas metodologias de avaliação dos espaços referentes à qualidade do deslocamento do pedestre.

Segundo o DENATRAN (1987), ao escolherem o caminho a percorrer durante uma viagem, os pedestres se baseiam fundamentalmente nos pontos de origem e destino da viagem. A preferência normalmente recai sobre o *caminho mais curto que liga os dois pontos* e, segundo o qual o *tempo de viagem é menor*. No entanto, outras considerações também têm seu peso na escolha deste caminho. Deseja-se sempre percorrer uma trajetória com continuidade, onde existam condições de fluidez para o tráfego de pedestres, com travessias seguras e rápidas, sem encontrar obstruções que dificultem ou impeçam a circulação e com condições mínimas de comodidade e

conforto. Nos trajetos percorridos à noite, são feitas também outras considerações, preferindo-se trajetos iluminados, passando por locais com maior movimentação de pessoas, onde se tenham garantias de segurança individual.

Vários são os métodos de avaliação da qualidade dos espaços de pedestres encontrados na bibliografia existente, alguns deles serão tratados aqui e serão distribuídos nas próximas duas seções apresentadas.

3.2.1 Métodos de Avaliação da Qualidade dos Espaços e Níveis de Serviço

Ferreira & Sanches (2001) citam que uma das principais dificuldades no tratamento das questões relacionadas à qualidade dos espaços urbanos é a definição de um instrumento para avaliar o nível de serviço oferecido por esses espaços.

Como dito anteriormente, ao caminhar o pedestre está sujeito a uma multiplicidade de fatores que afetam significativamente o seu sentimento de segurança, conforto e conveniência. Segundo Landis *et al.* (2001), alguns autores classificam estes fatores em três medidas gerais de desempenho, as quais descrevem o ambiente da via de pedestres: i) capacidade das vias de pedestre; ii) qualidade do ambiente de pedestre; e, iii) percepção da segurança e / ou do conforto do pedestre.

i) Capacidade das vias de pedestre

Quanto à capacidade da calçada, esta foi uma das primeiras medidas de desempenho a serem avaliadas, sendo desenvolvida por Fruin (1971). Embora o autor tenha citado que seu método é baseado em fatores quantitativos e qualitativos para avaliar o ambiente do pedestre, ele utilizou o conceito de capacidade oriundo dos princípios empregados na engenharia de tráfego de veículos (*Highway Capacity Manual* - HCM). Além desse autor, Pushkarev & Zupan (1975) e Mori & Tsukaguchi (1987) também utilizaram para expressar o nível de serviço apenas a densidade ou o seu inverso (espaço disponível por pedestre). Mesmo o HCM - 2000 (TRB, 2000) considera apenas aspectos quantitativos para avaliar o desempenho dos espaços de pedestres (fluxo, velocidade e densidade).

ii) Qualidade do ambiente de pedestre

Quanto à qualidade do ambiente de pedestre não existe uma abordagem única estabelecida. Vários trabalhos sugerem medidas qualitativas para avaliar a experiência de caminhada nos espaços públicos. Replogle (1990) utiliza fatores como existência de

calçadas e abrigos em pontos de ônibus, recuo de edificações e tipo de uso do solo. Holtzclaw (1994) apresenta fatores como continuidade das vias, existência de calçadas, recuo dos edifícios, velocidade do tráfego de veículos na via adjacente às calçadas e topografia. Dixon (1996) considera como fatores determinantes existência de calçadas, continuidade e largura das calçadas, conflitos de pedestres com veículos, amenidades existentes nas calçadas, nível de serviço para veículos na via, estado de conservação das calçadas e existência de medidas de moderação do tráfego.

Yuassa (2008) realizou um estudo de avaliação dos níveis de serviço de três modos de transporte (a pé, bicicleta e automóvel) para verificar se existe uma relação inversa entre o modo automóvel e os modos não motorizados. Isto é, se o planejamento direcionado ao modo automóvel deteriora os níveis de serviço dos modos não motorizados avaliados em um estudo de caso.

Um ponto em comum entre estes métodos a ser observado é que, para serem propostos níveis de serviço, as avaliações são sempre feitas por técnicos e não consideram a opinião dos usuários.

iii) Percepção de segurança e / ou conforto do pedestre

Quanto à percepção de segurança ou conforto do pedestre, esta é uma medida de desempenho gerada a partir da expressão comum do pedestre em relação à sua percepção do espaço. Nela também estão embutidos os conceitos de qualidade do ambiente de pedestres (citado acima). Geralmente o pedestre associa o caminho a um “lugar perigoso para andar” ou um “lugar seguro e confortável”. Esta é a forma como eles articulam os seus pontos de vista da via de circulação.

Mori & Tsukaguchi (1987) propuseram um método de avaliação utilizando como base a opinião de pedestres. Os fatores considerados foram largura da via de veículos e da calçada, largura efetiva da calçada (faixa livre), tipo de calçada, taxa de obstáculos, taxa de área verde, fluxo de tráfego de veículos, fluxo de pedestres e número de veículos estacionados. Khisty (1994) também considera a opinião dos pedestres em seu método e utilizou como fatores ou medidas de desempenho a atratividade, o conforto, a conveniência, a segurança, a seguridade, a coerência do sistema e a continuidade do sistema. Para estabelecer níveis de serviço, os trabalhos de Sarkar (1993, 1995a, 1995b e 1996), utilizam basicamente, fatores como segurança, seguridade, conforto, conveniência, continuidade, coerência e atratividade.

Ferreira & Sanches (2001) propuseram que o nível de serviço seja determinado através de um Índice de Qualidade das Calçadas (IQC). Alguns parâmetros, que caracterizam o ambiente das calçadas, foram incluídos na definição desse índice e ponderados de acordo com a importância atribuída a eles pelos usuários. Os parâmetros considerados foram: segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade e atratividade visual.

Landis *et al.* (2001) propuseram identificar os fatores no âmbito da caminhada de forma a influenciar significativamente a sensação de segurança e/ou conforto do pedestre. O uso destes fatores em uma expressão matemática, testada estatisticamente, forneceu uma medida de nível de serviço (NS) para pedestres em um trecho de via. Esta medida avalia as condições ao longo dos segmentos da via de pedestres entre as intersecções.

Modelos de NS propostos, quando combinados com análises de medidas de capacidade da via e com medidas de desempenho da qualidade da via para avaliar a experiência de caminhada - no caso de uma calçada existente completam a imagem do ambiente da caminhada.

Aguiar (2003) apresentou um estudo que aplica alguns dos métodos existentes para avaliação dos espaços de pedestres com o intuito de comparar os resultados e verificar quais têm melhor facilidade de aplicação em cidades brasileiras.

Contudo, apesar de a maioria dos trabalhos propor índices com pontuações que sejam compatíveis a uma escala de variação de níveis de serviço (NS) oferecidos, os trabalhos, até então citados, basicamente não consideram usuários com características específicas, como é caso dos usuários de cadeiras de rodas, cegos e idosos.

3.2.2 Métodos de Avaliação da Qualidade dos Espaços para PCDs e PRMs

Chesney & Axelson (1996) desenvolveram um método para medir o esforço que uma Pessoa com Deficiência (PCD), mais especificamente um cadeirante, faz para se locomover sobre diversos tipos de superfície. Os autores concluíram que o esforço necessário para ultrapassar uma determinada inclinação de rampa pode ser representado por um critério do tipo “passa / não passa” em curtas distâncias. Mas, em longas distâncias sugerem a necessidade de uma avaliação do impacto destas distâncias.

Axelson *et al.* (1999) descreveram um processo para avaliar as características de acessibilidade das calçadas para pessoas com deficiência física. Os aspectos geométricos considerados foram: largura das calçadas, declividade, material utilizado na superfície, inclinação longitudinal e transversal, mudanças de nível, dimensões geométricas e tipo de rampas nas guias, faixa de vegetação e aspectos relacionados a segurança nos cruzamentos das calçadas.

Kockelman *et al.* (2000) identificaram oito fatores que influenciam na percepção de conforto dos PCDs (cadeirantes): comprimento do trecho contínuo que excede 2 % de declividade transversal, proporção do comprimento total da calçada que excede 2 % de declividade transversal, volume de tráfego de veículos adjacentes, condição do pavimento da calçada (tipo, textura, estado de manutenção), declividade longitudinal da calçada, clima, largura da calçada, grau de estabilidade de toda a rota (cruzamento de vias sem degraus etc.). Um outro estudo realizado por Kockelman *et al.* (2002) determinou a declividade máxima admissível para as calçadas, tendo concluído que declividades transversais de até 6 % podem ser admissíveis para cadeirantes se a declividade longitudinal da calçada for inferior a 5 %.

Oeda *et al.* (2003) propuseram um método para avaliar a rugosidade das vias e as trincas do pavimento do ponto de vista dos cadeirantes. O nível de desconforto percebido é classificado em uma escala que varia de 1 a 5, onde o valor 5 representa o maior nível de desconforto. Os autores propuseram uma função que relaciona o nível de vibração ao nível de desconforto.

Orlandi (2003) propôs um estudo para identificar e analisar as características físicas e ambientais mais importantes das calçadas, segundo a percepção de técnicos e de usuários portadores de deficiência física ou com dificuldade de locomoção. O autor constatou que a opinião dos cadeirantes nem sempre acompanha a hierarquia (sobre a importância atribuída às variáveis analisadas) proposta por técnicos. Os cadeirantes priorizam mais as variáveis de caracterização física das calçadas, que oferecem as mínimas condições de locomoção, em detrimento daquelas que oferecem boas condições de qualidade de conforto e segurança e de aspectos ambientais. Ferreira & Sanches (2005) apresentaram um índice de acessibilidade (IA) que permite avaliar, com enfoque nas expectativas e necessidades dos cadeirantes, o desempenho da infraestrutura das calçadas, visando à definição de rotas acessíveis ao longo da malha urbana das cidades. Os autores consideraram como fatores de caracterização física dos

espaços: perfil longitudinal, estado de conservação do piso, tipo de material usado no piso, largura efetiva e adequação da travessia das vias.

Vizioli *et al.* (2005) avaliaram a circulação de pedestres nos espaços públicos da área central da cidade de São Paulo, incluindo o acesso para os principais modos combinados de transporte – ônibus e metrô – para usuários de cadeira de rodas (cadeirantes). A avaliação da acessibilidade realizada não foi somente do ponto de vista técnico, mas principalmente sob o aspecto comportamental dos usuários utilizando o método de avaliação pós-ocupação (APO).

Childs *et al.* (2005) propuseram a criação de um laboratório que simule ambientes de vias de pedestres para testar o movimento humano, considerando diferentes grupos de pessoas em várias situações (diferentes materiais de superfícies, topografias, iluminações e sons do cotidiano). A proposta dos autores foi de fornecer um entendimento de como as pessoas se locomovem nos ambientes de pedestres por meio de um estudo sobre movimento em espaços produzidos em laboratório com o intuito de determinar leiautes ideais e obter resultados que possam ser usados para alimentar modelos de simulação de pedestres.

Ishida *et al.* (2006) realizaram um estudo do perfil longitudinal e transversal das calçadas para propor um método de avaliação dos desníveis da superfície das calçadas, baseado na resistência imposta sobre as cadeiras de rodas. Um teste por um caminho com variação de inclinações foi realizado por membros de um júri composto por usuários de cadeira de rodas que também foram submetidos a uma avaliação subjetiva de desconforto. Os resultados revelaram uma forte correlação entre os valores calculados pelo método proposto para os desníveis da superfície e a classificação de desconforto fornecida pelos usuários avaliados.

Keppe Jr. (2007) propôs um método de avaliação dos espaços de calçadas e travessias considerando as PCDs como usuárias, principalmente cadeirantes. O autor utilizou como fatores relativos aos aspectos de segurança (existência de sinalização e rampas, percepção de aproximação de veículos, fluxo de veículos na intersecção, estado de conservação da superfície da rua e visão de aproximação dos veículos na travessia), conforto (largura efetiva, estado de conservação do piso da calçada, inclinação longitudinal, inclinação transversal e tipo de material do piso) e ambiente (arborização ao longo da calçada, estética do ambiente, localização da calçada, iluminação da calçada e visão em profundidade) e sugeriu um índice de acessibilidade de calçadas e

travessias (IACT) que considera o grau de mobilidade e acessibilidade oferecido aos cadeirantes.

Com base nos trabalhos citados neste item, é possível perceber que todos eles adotam, como parâmetros (critérios) a serem avaliados, dados referentes à caracterização física que influenciem a qualidade dos deslocamentos de pessoas com deficiência ou com restrições de mobilidade. Nota-se com isto que, quando se trata de pessoas desses grupos, o mais importante é a condição de “possibilidade” de deslocamento por um caminho, independente se este é atrativo ou confortável. Esta condição, apesar de básica, muitas vezes não é fornecida. Esta tese é fundamentada nestes trabalhos, sendo adotados dados de caracterização física dos espaços que possam influenciar na mobilidade dos grupos de pedestres avaliados.

3.2.3 Métodos de Avaliação da Qualidade dos Espaços e os Sistemas de Informação Geográfica

Beale *et al.* (2000) propuseram o uso de um SIG para fornecer aos cadeirantes uma ferramenta para seleção de rotas acessíveis no ambiente urbano. O SIG determina a rota ótima para o usuário com base na impedância cumulativa causada pelas barreiras urbanas e nas preferências pessoais.

Segundo Zambon *et al.* (2005), os SIGs têm sido amplamente utilizados para a estruturação e organização de variáveis espaciais na geração de alternativas para problemas de planejamento e gerenciamento do mundo real. Seu uso intenso justifica-se pelo fato de constituir uma poderosa ferramenta que integra o conjunto de rotinas de programação desenvolvidas para representar e manipular grandes quantidades de dados armazenados em bancos de dados, os quais contêm informações representativas do mundo real, através de coordenadas geográficas possibilitando análises espaciais.

Segundo Völkel & Weber (2007) um dos principais problemas relativos ao estudo de espaços para pedestres, principalmente para PCDs e PRMs, é a forma de aquisição de dados específicos que caracterizem a rota como, por exemplo, localização de obstáculos e marcos. Essas informações adicionais fornecem uma descrição exata da rota e são necessárias para calcular adequadamente o melhor caminho para usuários com mobilidade condicionada, permitindo o cálculo de rotas otimizadas através de sistemas de navegação. Para tanto, os autores sugerem anotar e enriquecer os dados

geográficos básicos com informações adicionais sobre o local fornecidas pelo usuário associadas ao perfil desse usuário já pré-definido, além de combinar dados referentes à localização, orientação e movimentação de usuários dentro do espaço tridimensional (sendo estes baseados na média dos resultados).

Yairi & Igi (2007) propuseram um sistema de apoio à mobilidade baseado em SIG com a finalidade de promover informações sobre acessibilidade de rotas para todos os pedestres, incluindo pessoas com deficiência e idosos. Foi desenvolvido um banco de dados com informações de localização dos obstáculos e dos espaços livres nas rotas para satisfazer as necessidades de todos os pedestres. A coleta de dados foi realizada na cidade de Korona e no roteiro dos principais pontos turísticos da cidade de Kyoto. O protótipo desenvolvido fornece dados de acordo com a condição física do usuário, ou seja, a rota de um idoso pode ser diferente da rota a ser realizada por um cadeirante.

Tanaka & Yoshikawa (2007), propuseram um sistema de informações espaciais para todos os tipos de pedestres. Para o sistema ser considerado como consistente, foi necessário adicionar informações de micro-escala para macro-escala na área de estudo. Para isso, os autores usaram o Sistema de Informação Geográfica (SIG) para conectar essas diferentes escalas. Eles afirmam que a ferramenta SIG combina com a filosofia do Desenho Universal, pois consegue unir dados, selecionar índices, processar valores numéricos e ainda renovar a base de dados facilmente. O objetivo final do estudo foi construir uma base de dados considerando o espaço e as demandas individuais (incluindo problemas no movimento e identificando obstáculos na base de dados) que pode ser consultada pela demanda individual. Foi utilizado um modelo tridimensional para analisar os dados em micro-escala para se compreender o movimento humano. Na base de dados foram adicionadas informações sobre inclinações, curvas, materiais utilizados, sinalização nos cruzamentos de grande fluxo etc.

Zeile *et al.* (2009) propuseram um estudo interdisciplinar que forneceu uma nova visão para a cidade. Para tanto, utilizaram ferramentas de visualização em 3D para mapeamento e investigação urbana, bem como, pesquisas nas áreas da psicologia.

3.2.4 Métodos de Avaliação Multicritério e Sistemas de Informação Geográfica

De acordo com Silva *et al.* (2008), os processos de análise que utilizam diversos critérios para serem avaliados e combinados podem ser realizados segundo uma

avaliação multicritério, que permite a obtenção de índices. Os mesmos autores citam que a integração de sistemas de informação geográfica (SIGs) e os métodos de decisão multicritério vêm proporcionando inúmeros benefícios para a resolução de problemas de planejamento e gerenciamento no mundo real. O SIG simplifica a análise, uma vez que tem capacidade de trabalhar grande quantidade de informação sobre o território. Isso permite facilidade na tomada de decisão, pois torna possível se visualizar os resultados obtidos em vários cenários de avaliação, quando aplicadas às técnicas de análise multicritério no processo de decisão.

Segundo Malczewski (1999), apesar dos SIGs e dos métodos de decisão multicritério serem duas áreas distintas de pesquisa, os problemas de planejamento e gerenciamento podem se beneficiar da combinação de suas técnicas e procedimentos.

Sob esta ótica, este trabalho se propõe a avaliar as alternativas geradas em ambiente SIG, no caso *SIG-T* (Sistema de Informação Geográfica para Transportes – *Trnascad*), para avaliar o nível de acessibilidade dos espaços garantindo a mobilidade de pedestres, aplicando técnicas de análise multicritério. O modelo desenvolvido contribui para a complexa tarefa de analisar locais que apresentam problemas de circulação de pedestres através de alguns critérios selecionados que envolvem o problema, principalmente de ordem ambiental (aspectos relativos à infraestrutura).

Como dito anteriormente, os modelos baseados em decisão multicritério são indicados para problemas onde existam vários critérios envolvidos na avaliação. A busca de uma solução para problemas relativos a “*mobilidade de pedestres*” envolve frequentemente critérios conflitantes, pois quando o planejamento é direcionado apenas para um grupo de usuários, o ganho para este grupo poderá causar uma perda para um outro grupo de usuários com características distintas.

Muitas situações de tomada de decisão relacionadas a planejamento urbano e de transportes envolvem a seleção de alternativas que podem conter pontos de vista conflitantes e diferentes juízos de valores por parte dos agentes tomadores de decisão. O método de análise multicritério aparece como uma opção para que estas diversidades sejam integradas.

O modelo multicritério permite comparar alternativas de projeto e também, analisar projetos específicos, identificando seu grau de impacto global, as ações mais eficazes e as que devem ser modificadas. Desta forma esse método dá subsídios

necessários para se obter uma solução que melhor se ajuste às necessidades iminentes. O modelo multicritério não visa apresentar uma solução ao problema, elegendo uma única verdade representada pela ação ou alternativa selecionada. Na realidade ele busca apoiar o processo decisório através da recomendação de ações ou cursos de ações a quem vai tomar decisão.

Através do modelo de avaliação multicritério é possível utilizar compensações (*trade-offs*) entre os objetivos conflitantes dos agentes envolvidos, levando à avaliação as opções de diferentes perspectivas.

A avaliação multicritério proporciona uma melhor adaptação aos contextos decisórios encontrados na prática, permitindo que grande número de dados, interações e objetivos sejam avaliados de forma integrada. Para o tema proposto o uso desta ferramenta em conjunto com os *SIGs* apresenta vantagens, pois é de fácil atualização de dados e auxilia no fornecimento de atuações necessárias para adaptar os espaços urbanos avaliados. Este procedimento fornece aos planos de ação municipais opções de estratégias de acordo com a determinação das prioridades (custos, usuários envolvidos etc.). Se o objetivo é fornecer adaptações adequadas de forma progressiva pode-se chegar a uma malha acessível cada vez mais densa.

Portanto este modelo é concebido para auxiliar planejadores urbanos e administradores que tenham a tarefa de avaliar, planejar e também, deferir ou não ações que digam respeito à mobilidade de pedestres no meio urbano.

MODELO DE AVALIAÇÃO

Neste capítulo é apresentado o processo de estruturação do modelo de avaliação da acessibilidade relativa dos espaços urbanos, considerando-se as condições de mobilidade potencial de pedestres. Como base para este processo foi utilizado o modelo de avaliação multicritério de acessibilidade, que também é apresentado, assim como as etapas necessárias para a sua implementação e utilização.

4.1 Considerações Iniciais sobre o Modelo de Avaliação

O modelo proposto foi desenvolvido com base em estudos urbanos e de transportes que avaliam espaços de circulação de pedestres quanto à sua acessibilidade. Para tanto foram selecionados quatro grupos de usuários com características específicas quanto à capacidade de locomoção. Este modelo permite a obtenção de índices de acessibilidade relativa dos espaços para os usuários envolvidos em cada contexto.

A proposta foi desenvolvida a partir do princípio que as condições de mobilidade potencial dos pedestres devem ser consideradas na avaliação da acessibilidade pois envolvem, dentre outros aspectos, a capacidade de locomoção dos indivíduos (Figura 4.1). Assim, a acessibilidade relativa de um determinado espaço avaliado pode ser obtida a partir do nível de acessibilidade estabelecido de forma específica, de acordo com as condições de mobilidade potencial de cada grupo dentro dos contextos avaliados. Portanto, pode ser medida segundo usuários e espaços urbanos envolvidos.

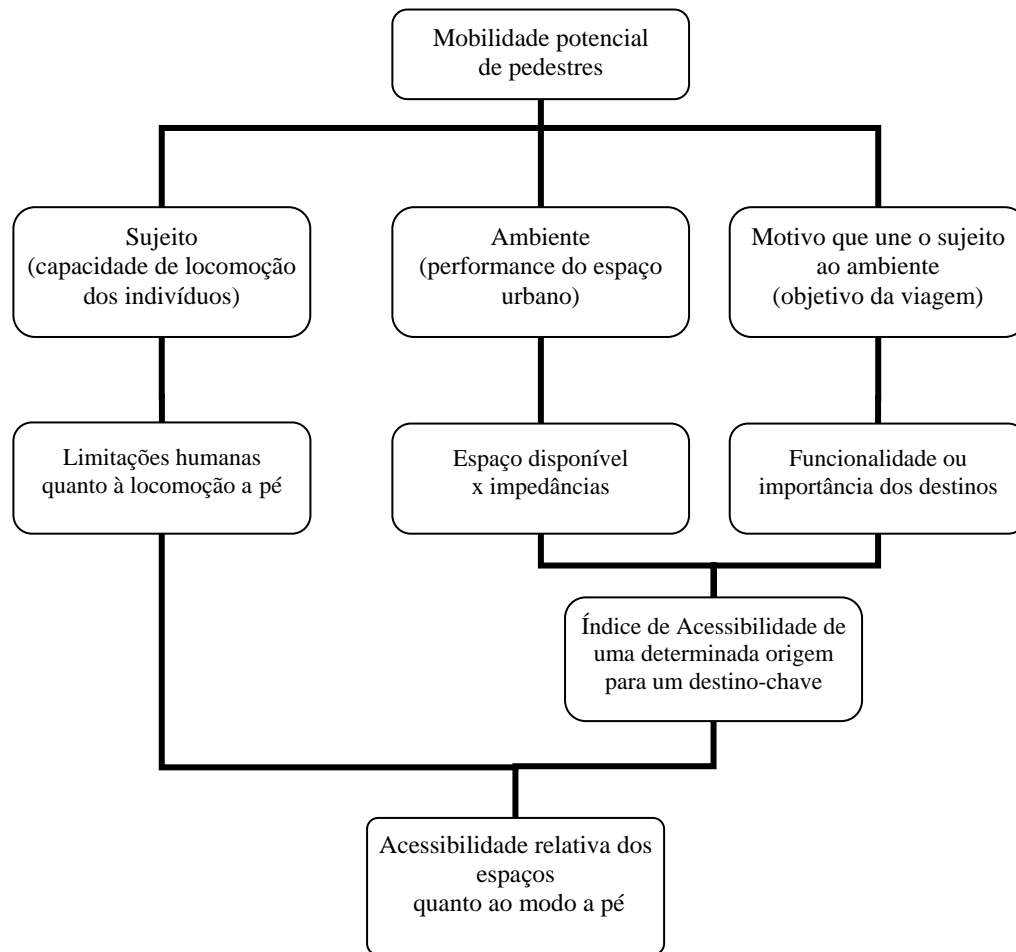


Figura 4.1: Organograma simplificado contendo os fatores envolvidos na avaliação da acessibilidade relativa e sua ligação com a mobilidade potencial de pedestres

A inclusão de grupos de indivíduos com características distintas indica, de antemão, a necessidade de envolvimento de vários critérios. A avaliação e a combinação destes critérios, por sua vez, devem servir de base para satisfazer um ou vários objetivos dentro dos processos de decisão. No caso específico do presente trabalho, o objetivo da avaliação proposta é determinar índices de acessibilidade relativa de acordo com uma escala de nível de acessibilidade disponível para cada grupo de indivíduos.

Assim o modelo proposto neste trabalho tem como diretriz o modelo de Avaliação Multicritério que permite calcular níveis de acessibilidade de um determinado local para cada grupo de indivíduos de forma específica. Este segue as bases do modelo proposto por Mendes (2000) e posteriormente adotado nos trabalhos

de Ramos (2000), Rodrigues (2001 e 2007) e Silva *et al.* (2008). No entanto, uma vez que anteriormente não tenha sido utilizado com a componente relativa às características dos indivíduos, neste trabalho acrescenta-se ao modelo alguns critérios que caracterizam os usuários quanto às suas capacidades de locomoção. Para tanto, foram selecionados quatro grupos de usuários: 1) sem restrições de locomoção, 2) cadeirantes, 3) cegos e 4) idosos.

O modelo adotado pôde ser integrado ao ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), uma vez que a utilização do SIG no planejamento é cada vez mais freqüente. A principal vantagem desta ferramenta é a facilidade de análise de grandes quantidades de informações sobre o território. Desta forma, é possível mapear os resultados obtidos para cenários de avaliação.

Em resumo, podem ser citados os principais temas que serviram de base para o desenvolvimento do modelo de avaliação abordado neste capítulo:

- i) Análise Multicritério - segundo a combinação de alguns critérios relativos ao indivíduo, ao ambiente e ao motivo que une o sujeito ao ambiente, que envolvem a avaliação da acessibilidade dos espaços (em termos de tempo de deslocamento e objetivo da viagem);
- ii) Sistemas de Informação Geográfica - segundo o processamento e a análise espacial através de modelos cartográficos;

4.2 O Modelo de Acessibilidade Relativa e Mobilidade Potencial

O modelo proposto de avaliação da acessibilidade relativa foi desenvolvido basicamente em duas partes. Na primeira delas foi adotado um estudo de avaliação multicritério de acessibilidade já utilizado em outros trabalhos para verificar espaços de pedestres (Rodrigues, 2001). Na segunda parte foi proposto um método de obtenção de uma escala de níveis de acessibilidade dos espaços de pedestres. Esta escala considera, para tanto, a mobilidade potencial dos grupos de indivíduos selecionados neste estudo combinada a um fator de referência aqui adotado.

Na primeira parte, foi observado que nos trabalhos de Mendes (2000) e Ramos (2000), o modelo original havia sido aplicado à avaliação da acessibilidade para localização industrial baseado na medição de afastamento, incluindo para isto, o efeito

da *distância*. Posteriormente, nos trabalhos de Rodrigues (2001) e Silva *et al.* (2008) o modelo foi aplicado para a avaliação da acessibilidade em um *campus* universitário, entretanto ainda foi adotado tão somente o efeito da *distância* como medida de impedância. Para esta tese, em uma primeira etapa, foi feita uma pequena adaptação em alguns dos pontos teóricos abordados no modelo original de avaliação da acessibilidade, principalmente no que diz respeito ao efeito da distância, pois aqui foi utilizado o efeito do *tempo de caminhada (tempo de viagem)*. Estes principais pontos, já adaptados, são enumerados a seguir:

i) a acessibilidade pode ser avaliada em relação a um determinado objetivo; a título de exemplo, o objetivo pode ser a localização industrial em uma região ou a localização de pontos no interior de um *campus* universitário;

ii) o índice de acessibilidade a ser calculado resulta da combinação dos *tempos de caminhada* a um conjunto de destinos-chave, no caso específico deste trabalho representados por pontos (por exemplo, edificações). Estes *tempos de viagem* resultam das condições de locomoção relativas a cada grupo específico de usuários. A definição dos pontos de origem, para os quais são medidos os níveis de acessibilidade dentro de uma determinada área, depende da forma como o espaço é modelado. No caso deste trabalho foi adotada a modelagem em rede, onde são consideradas origens todos os nós existentes na sua definição;

iii) os destinos-chave estão relacionados com o objetivo e podem possuir importâncias diferentes (pesos);

iv) os meios que permitem alcançar os destinos-chave podem apresentar diferentes níveis de resistência ao movimento (fricção) que condicionam os *tempos de caminhada*. A título de exemplo, e do ponto de vista do modo a pé, a fricção advirá das “dificuldades” encontradas no percurso, como é o caso de escadas ou rampas. Como consequência, de acordo com as características de locomoção de cada indivíduo, um mesmo trecho pode apresentar diferentes níveis de resistência para cada grupo de usuários;

v) os tempos de caminhada aos destinos-chave resultam da combinação dos tempos reais (provenientes da razão entre distâncias reais e velocidades adotadas), considerando o nível de fricção da superfície para cada grupo de usuários;

vi) os tempos de caminhada aos destinos-chave podem ser normalizados através de funções *fuzzy* que, após a aplicação dos pesos, representam a sua contribuição para o índice de acessibilidade.

Nesta etapa, portanto, o modelo teve como base a medição da acessibilidade a um conjunto de destinos incluindo o efeito de agravamento no “*tempo de viagem*” resultante das condições de locomoção de cada grupo específico de usuários (de forma separada). Este tempo é condicionado por níveis de resistência ao movimento, admitindo-se as oportunidades disponibilizadas pelo espaço urbano. E, os destinos estão relacionados ao objetivo de cada usuário, podendo possuir importância relativa (ou peso) diferente.

Como citado anteriormente, o modelo de acessibilidade utilizado por Mendes (2000 e 2001) é proveniente da avaliação multicritério. O autor adotou a avaliação da acessibilidade em duas partes: na primeira foi aplicado o método de Combinação Linear Ponderada (WLC, derivado do inglês *Weighted Linear Combination*), que permite aos critérios compensar entre eles as suas qualidades (tal compensação é denominada *trade-off*). Acontece assim, que uma qualidade muito fraca pode ser compensada pela existência de um número de fortes qualidades. Na segunda parte foi utilizado o método de Média Ponderada Ordenada (OWA, do inglês *Ordered Weighted Average*), que permite definir cenários de avaliação considerando-se diferentes combinações de valores. Esta combinação é possibilitada por meio de vetores denominados *order weights*.

Para o modelo proposto nesta tese, adotou-se apenas o procedimento de *Combinação Linear Ponderada* (WLC). O procedimento OWA não foi utilizado devido às informações, referentes à acessibilidade para cada grupo de usuários selecionados na pesquisa, serem facilmente desvinculados. Isto faz com que se perca a identificação destes grupos, pois os cenários resultantes passam a considerar diversas situações (desde a pior à melhor) por meio de cenários pessimistas a cenários otimistas. Aguiar *et al.* (2008) e Aguiar *et al.* (2009) mostram resultados com o uso do procedimento OWA.

Uma componente muito importante nesta etapa do modelo que utiliza a avaliação multicritério diz respeito à escolha dos diversos critérios intervenientes. Para este caso, os critérios se relacionam ao tempo de caminhada até os destinos-chave. Outra componente importante diz respeito às prioridades/importâncias associadas aos

critérios, os quais são medidos através da atribuição de pesos aos destinos-chave. O objetivo de envolver pesos na avaliação é o de quantificar a importância relativa de cada um dos critérios no conjunto de destinos-chave considerado.

Outra componente importante é o processo de normalização a se adotar. Neste caso e por ser o mais adequado para variáveis contínuas (por exemplo, tempos), optou-se pela utilização de uma variação gradual através da aplicação da função *fuzzy*. Para efeito de simplificação do modelo, pode ser adotada a função linear de *fuzzification* (ou normalização). Assim, para todos os destinos-chave, qualquer escala de avaliação (referente ao tempo de caminhada) é transformada em uma comparável, onde os valores se enquadrem em um intervalo normalizado entre 0,0 e 1,0. Através desta função *fuzzy* é possível delinear uma variação contínua desde a não pertinência (ponto de controle 0,0 - nenhuma acessibilidade) até a completa pertinência (ponto de controle 1,0 - acessibilidade total).

Finalmente, nesta primeira etapa do modelo proposto, o qual tem o intuito de introduzir índices de acessibilidade relativa, os destinos-chave devem ser agrupados de acordo com uma determinada característica comum, por exemplo, a funcionalidade (no caso de *campi* universitários: setores pedagógico, serviços etc.) ou o uso (no caso de áreas urbanas: comércios, serviços etc.). Neste trabalho é sugerida a funcionalidade, pois se trata de uma avaliação que será aplicada para verificar o nível de acessibilidade de cada local para um determinado grupo de destinos dentro de *campi* universitários. A adoção da funcionalidade pode simplificar a avaliação, pois enfoca determinados objetivos da caminhada sem ser necessária a inclusão de todos os destinos-chave existentes na área em estudo. Assim, nesta primeira parte do modelo proposto é aplicada a avaliação multicritério por meio do método de combinação WLC, através da Equação 4.1, para o caso específico da acessibilidade de espaços para pedestres.

$$A_i^u = \sum f^u(c_{ij})w_j \quad (4.1)$$

Em que A_i^u : índice de acessibilidade de um local i para o grupo de usuários u ;
 $f^u(c_{ij})$: função linear tempo-custo para o grupo de usuários u entre o local i e o destino-chave j (função do tempo normalizado);
 w_j : peso do destino-chave j .

Ao serem considerados os grupos de destinos-chave, os respectivos pesos são definidos em relação ao grupo em que estão inseridos, isto é, o somatório dos pesos será sempre igual a um, dentro de cada grupo de destinos utilizado.

A segunda parte da avaliação destina-se ao cálculo do índice de acessibilidade relativa. Este índice é definido nesta tese como a porcentagem de acessibilidade que os usuários com algum tipo de restrição apresentam em relação ao usuário sem deficiência aparente ou restrição de locomoção, ou seja, este índice representa diretamente o nível de acessibilidade que as pessoas com restrições de mobilidade têm em relação aos usuários sem restrições.

Obtido o resultado dos índices de acessibilidade de forma separada para cada grupo de pessoas selecionadas por meio da avaliação multicritério, é proposto um estudo que contenha estas possíveis relações para análise. Para tornar o estudo possível foi necessário considerar que o peso para o grupo de destinos-chave (por funcionalidade) fosse o mesmo, independente do grupo de usuários. Esta foi uma maneira de simplificar o uso do modelo. Isto significa que um determinado destino deve receber peso igual (devido à sua importância de utilização) para os quatro grupos de usuários.

A partir desse procedimento foi gerado o que se denominou de *mobilidade potencial*, definido pelo quociente extraído da relação entre a acessibilidade de um determinado grupo com restrição e a acessibilidade do grupo de pessoas sem restrição de mobilidade (adotado como referência). Esta denominação se enquadra no conceito anteriormente explorado nesta tese, o qual considera que a mobilidade a pé depende diretamente de dois fatores: as características de locomoção de um indivíduo e o desempenho do espaço (Figura 1.1). Estes dois fatores são contemplados no primeiro termo da Equação 4.1, que diz respeito à função custo de viagem em relação ao tempo despendido.

A mobilidade potencial é relativa, pois é obtida a partir de determinado grupo adotado como referência (grupo de pessoas sem restrições de locomoção). Ela representa, portanto, um percentual de mobilidade de um determinado grupo com restrição, ou seja, representa o quanto um idoso, um cadeirante ou um cego consegue se deslocar de uma determinada origem a um destino em relação a uma pessoa sem restrição de locomoção. Uma escala linear composta por cinco níveis de serviço que represente esta medida de mobilidade foi proposta. Entretanto, visto isoladamente, esse

resultado não representa um valor adequado para a proposição de uma escala de nível de serviço, pois pode ser erroneamente interpretado. De forma a evitar esse problema, foi necessário utilizar outra medida, combinada com a primeira.

Assim, a acessibilidade do grupo de referência (grupo de pessoas sem restrições de mobilidade) foi normalizada, para ser combinada com a mobilidade potencial. A finalidade desta normalização foi estabelecer uma medida relativa de acessibilidade para as áreas em estudo. Foram utilizados então, os valores mínimo e máximo, por meio de um processo de variação linear (de 0 a 1), para definir a segunda escala adotada nesta etapa. Obtidas as duas escalas lineares, o índice de acessibilidade relativa pode finalmente ser determinado através de uma combinação de coordenadas em um espaço bidimensional (Figura 4.13), assim representada matematicamente:

$$A_{Ri}^u = \left(\frac{A_i^{srm}}{A_{i_{máx}}^{srm}}, \frac{A_i^u}{A_i^{srm}} \right)$$

Em que A_{Ri}^u : índice de *acessibilidade relativa* de um local i para o grupo de usuários u ;

A_i^{srm} : índice de acessibilidade de um local i para pessoas sem restrição de mobilidade (srm);

$A_{i_{máx}}^{srm}$: valor máximo de acessibilidade de um local i para pessoas sem restrição de mobilidade (srm);

A_i^u : índice de acessibilidade de um local i para o grupo de usuários u .

4.3 Etapas para Implementação do Modelo

A utilização de um maior número de critérios na avaliação pode proporcionar resultados mais acurados quanto ao nível de acessibilidade dos espaços e quanto às condições de mobilidade potencial. Os critérios utilizados nesta pesquisa foram relacionados ao tempo de caminhada (ou tempo de viagem).

Para a implementação do modelo, deve ser definido o espaço urbano a ser avaliado. Em seguida, devem ser cumpridas as seguintes etapas: caracterizar a rede de pedestres, identificar os destinos-chave e seus respectivos pesos, adotar velocidades para cada grupo de usuários, obter o tempo de viagem para todos os percursos,

determinar impedâncias nos trechos e, por fim, calcular e representar espacialmente os índices de acessibilidade relativa, conforme detalhado nos itens que seguem.

4.3.1 Rede de Pedestres

Numa primeira fase, é necessário efetuar o reconhecimento da área através de levantamento de campo: com estudos de observação e análise técnica. Desta forma é possível identificar e caracterizar os trajetos efetuados pelos pedestres, medindo-se as inclinações transversais e longitudinais, larguras mínimas efetivas, tipo e estado do piso, existência de degraus e outros obstáculos. Assim, a análise técnica é compreendida basicamente por uma avaliação física que pode caracterizar a infraestrutura das circulações de pedestres, tanto quantitativa como qualitativamente. Esse levantamento permite estruturar a rede e respectivos atributos em ambiente *SIG-T* (nos estudos de caso foi adotado o *software TransCAD*).

Na Figura 4.2 é mostrada uma das etapas do levantamento de campo referente à aferição das inclinações dos espaços de circulação de pedestres.

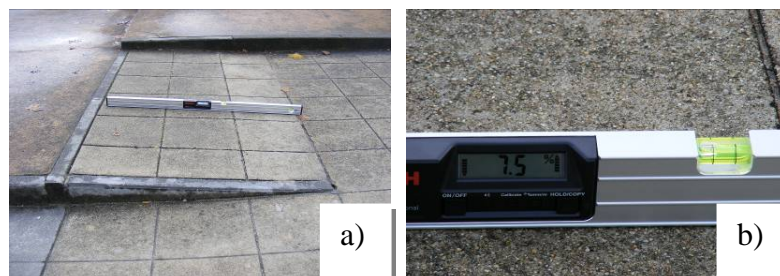


Figura 4.2: Exemplo de aferição da inclinação de uma calçada com inclinômetro digital (a) e detalhe do valor aferido em porcentagem (b)

Convém utilizar uma base cartográfica já existente. Desta forma, são adicionadas tais informações levantadas a respeito dos trechos.

4.3.2 Destinos-chave e seus Pesos

Através da aplicação de pesquisas de opinião é possível se obter valores dos pesos decorrentes da importância atribuída pelos usuários aos prédios ou destinos-chave de acordo com sua utilização. Nesta pesquisa devem ser incluídas questões sobre quais os destinos que mais frequentam (em uma determinada ordem de importância), distância ou tempo de caminhada que costumam realizar em percursos diários, valores

dos percursos máximos, em termos de distância ou tempo, que os usuários estariam dispostos a percorrer para alcançar cada um destes destinos. Se o valor for dado em distância, posteriormente é possível se obter o valor em tempo de percurso de acordo com a velocidade adotada por grupo de usuários.

Para uma análise em áreas onde os destinos são facilmente identificados (por exemplo, dentro de um *campus* universitário ou dentro dos limites de um bairro), a pesquisa de opinião deve ser realizada com o auxílio de um questionário que contemple esses destinos-chave a serem analisados, ou seja, devem ser apresentados no questionário todos os possíveis destinos envolvidos. O usuário, por sua vez, deve numerá-los por ordem de importância.

Caso o sítio a ser analisado possua grandes extensões de área - comportando assim, uma quantidade de destinos acima de um número aceitável para compor o questionário – é sugerido que o respondente elenque um determinado número de destinos em ordem de importância. Para grandes áreas urbanas, como por exemplo, o estudo da acessibilidade de espaços de pedestres em cidades, sugere-se o uso de pesquisas Origem-Destino (OD) como base para análise dos principais destinos-chave pontuados nestas pesquisas. Vale ressaltar, entretanto, que neste trabalho o modelo proposto de avaliação foi aplicado em *campi* universitários, por isto não foi utilizado um grande número de destinos.

Uma vez aplicado o questionário com os destinos-chave, pode-se determinar o peso de cada destino em função da pontuação atribuída pelos usuários. A obtenção dos pesos dos destinos passa a ser de fundamental importância no estudo da acessibilidade, tendo em vista que os destinos mais pontuados devem ser priorizados.

4.3.3 Velocidade e Tempo de Percorso

Para cada um dos quatro grupos de usuários considerados, as velocidades adotadas devem corresponder a um valor médio relacionado às características de locomoção desses pedestres. Isto pode ser feito através da adoção de valores por testes de amostragem ou adoção de valores referidos na bibliografia existente sobre o tema.

O teste de amostragem aleatória e não probabilística sobre as velocidades foi a opção escolhida para a determinação das velocidades, principalmente pela escassez de referências bibliográficas relativa às pessoas com deficiência física (cadeirantes).

Para a realização do teste foi utilizada uma amostra de 24 pessoas, sendo dez pessoas sem restrições de mobilidade, seis pessoas com deficiência física (cadeirante), duas pessoas com deficiência visual total e seis pessoas com restrição de mobilidade (idosos). Para a aquisição dos dados foi utilizado o GPS *logger* (Figura 4.3) que registrou o tempo de percurso, a distância, a localização e principalmente, a velocidade do transeunte a cada segundo. Todos os grupos de usuários puderam utilizar o aparelho durante os testes devido a seu fácil manuseio e seu peso e tamanho apropriados.



Figura 4.3: Equipamento utilizado na aquisição dos dados de velocidade (GPS *logger*)

Além do *GPS logger* foram marcados alguns trechos para verificação da velocidade. Estes trechos com seis metros de comprimento foram seccionados em faixas a cada metro, onde foi verificado o tempo que cada transeunte gastou para percorrer o comprimento demarcado com o auxílio de cronômetro analógico. As faixas foram posicionadas em pontos de inclinação longitudinal de 0%, 2%, 3%, 4%, 6% e 8% (dentro dos limites recomendados pelas normas). A inclinação transversal dos pontos escolhidos variou entre 0% e 6%, sendo que o valor de 6% está bem acima do limite máximo aceitável e ocorreu em pontos isolados. A maior parte possuía 0% de inclinação.

Em alguns casos, os locais dos percursos realizados pelos transeuntes puderam ser determinados de acordo com a conveniência de cada usuário, desde que obedecessem as mesmas características (inclinações longitudinais e transversais, tipo de piso e largura mínima) já que, nesta fase, o objetivo era estabelecer velocidades médias a serem adotadas. Entretanto, se conseguiu utilizar um mesmo percurso com 18 destes 24 voluntários, sendo eles: dez pessoas sem restrição de mobilidade, três cadeirantes, dois cegos e três idosos. Desta forma se pôde fazer uma análise aleatória não probabilística sobre as velocidades.

Na Figura 4.4 é apresentado o teste realizado com dois dos voluntários sem restrições de mobilidade. Podem ser vistas também as faixas demarcadas a cada metro em alguns trechos do percurso. A idade dos voluntários deste grupo variou entre 17 e 46 anos, sendo este grupo composto por 40% do gênero feminino e 60% do gênero masculino. O grupo, quase que em sua totalidade (90%), foi constituído por pessoas sedentárias. O peso dos indivíduos teve uma variação entre as classes normal à obesidade moderada (dentro de classificações de Índices de Massas Corporais), mas os voluntários com sobrepesos não apresentaram dificuldades de locomoção nem diferenças de velocidade devido a este fator.



Figura 4.4: Teste realizado com dois dos voluntários sem restrição de mobilidade (a) e (b). Detalhe mostrando um dos trechos demarcados no percurso (c) e (d).

Na Figura 4.5 é apresentado o teste com dois dos voluntários com deficiência física, usuários de cadeira de rodas. Todos os voluntários deste grupo pertenceram ao gênero masculino, com idade variando entre 25 e 35 anos. Também podem ser vistas as faixas demarcadas a cada metro no percurso, seguindo a mesma metodologia descrita anteriormente.



Figura 4.5: Teste realizado com dois cadeirantes (a) e (b). Detalhe da marcação de faixas a cada metro (c) e (d).

O teste realizado com um dos voluntários com deficiência visual (cego) é apresentado na Figura 4.6, onde também podem ser vistas as faixas demarcadas a cada metro no percurso. Os voluntários deste grupo apresentaram idades de 32 e 36 anos, sendo todos do gênero masculino. Além disso, um deles é sedentário e o outro participa ativamente de atividade esportiva.

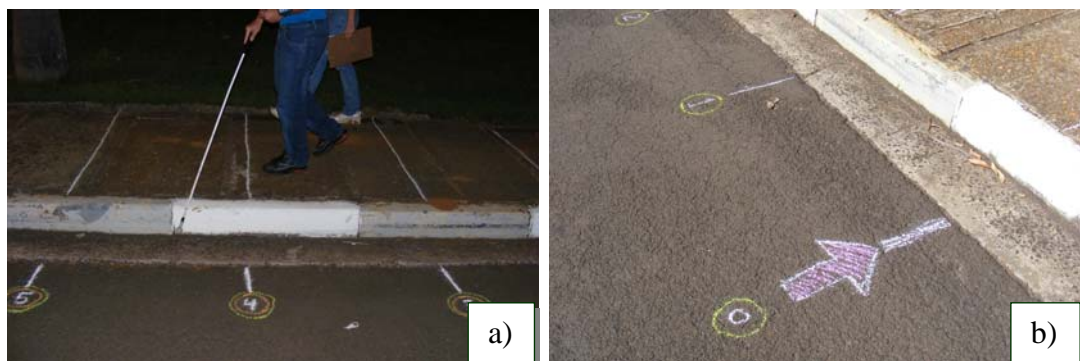


Figura 4.6: Teste realizado com um dos voluntários com deficiência visual e detalhe dos trechos demarcados no percurso (extensão de cada trecho igual a 6 m)

Na Figura 4.7 é apresentado o teste realizado com dois dos idosos voluntários. As idades dos idosos variaram entre 60 e 69 anos. Todos os idosos que participaram do

teste apresentaram autonomia suficiente para realizar a caminhada sem auxílio de terceiros (acompanhantes) nem aparelhos (andadores ou bengalas).

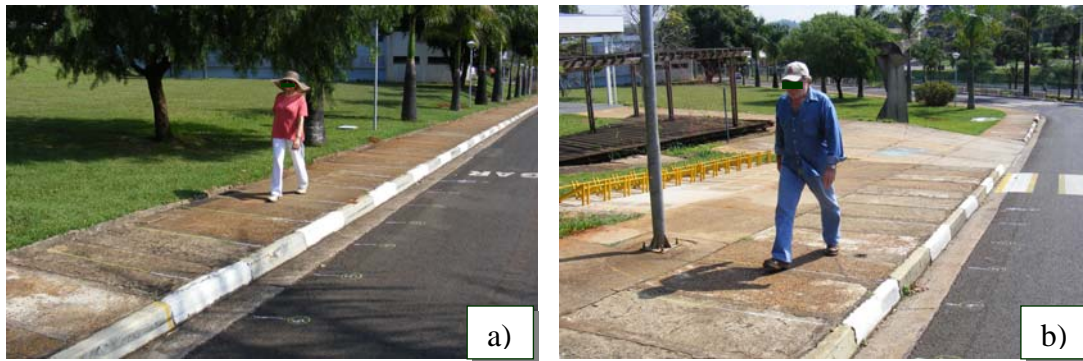


Figura 4.7: Teste realizado com dois idosos e detalhe mostrando trechos demarcados no percurso (extensão de cada trecho igual a 6 m)

Os dados obtidos com o uso do *GPS logger* foram analisados separadamente para cada trecho dos percursos determinados. Cada voluntário percorreu um comprimento próximo de 200 metros, onde foram medidas as inclinações ao longo do percurso, com ajuda de um inclinômetro. Os trechos que foram demarcados encontravam-se no meio do percurso e os participantes não foram informados sobre o significado de sua demarcação visando evitar interferências nos resultados obtidos.

De posse dos dados, foram gerados gráficos que representassem a velocidade e a inclinação ao longo do percurso. No caso de pessoas sem restrições de mobilidade, quase não foi observada redução de velocidade nos trechos inclinados (Figura 4.8). A velocidade média no trecho plano horizontal foi cerca de 1,38 m/s e para a inclinação de 8%, a média foi de 1,37 m/s nas subidas.

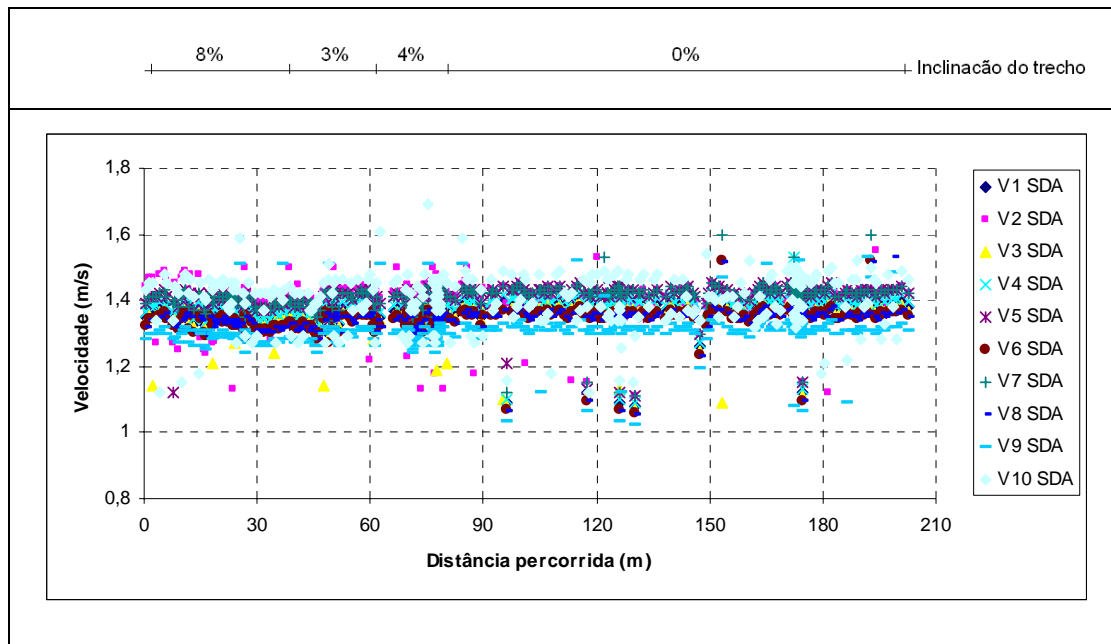


Figura 4.8: Variação da velocidade das pessoas sem restrições de mobilidade (pessoas sem deficiência aparente - SDA) ao longo do percurso

A inclinação influenciou de forma considerável a velocidade do grupo de pessoas com deficiência física - cadeirantes (Figura 4.9). É importante citar que a velocidade no trecho de inclinação igual a 8% declinou ao longo do comprimento da rampa, sendo em média 0,7 m/s. Pode ser observado também na Figura 4.9 que mesmo quando o transeunte saiu de um trecho mais íngreme para um menos íngreme, ou seja, de 8% para 3%, não houve aumento considerável na velocidade, talvez pelo grande esforço despendido na subida mais íngreme.

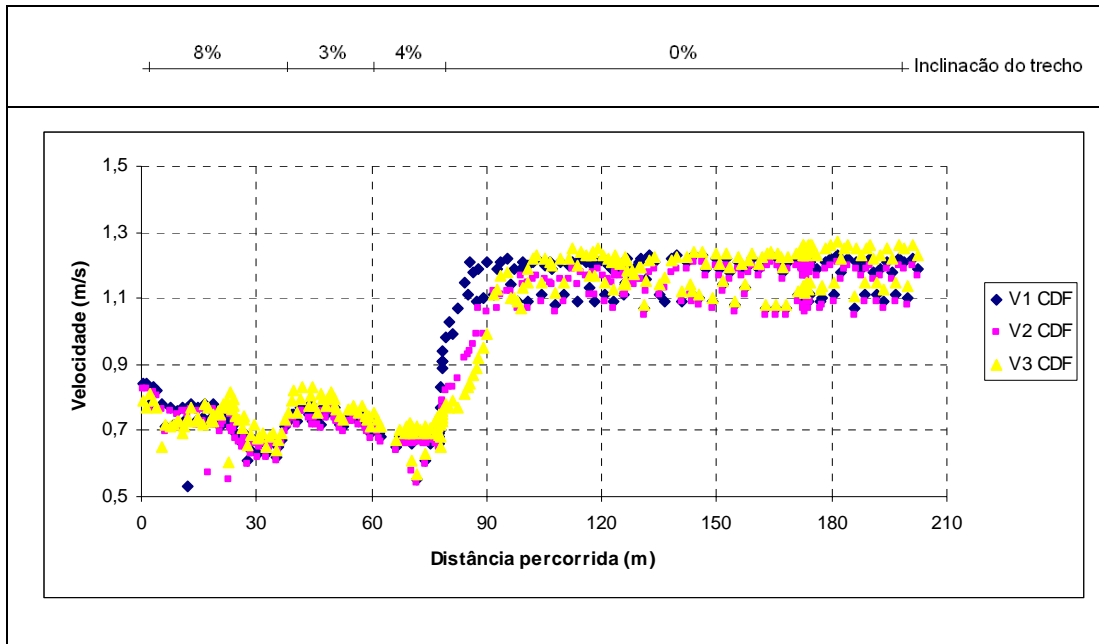


Figura 4.9: Variação da velocidade dos cadeirantes (pessoas com deficiência física – CDF) ao longo do percurso

Para o trecho plano horizontal, a velocidade média observada no caso das pessoas com deficiência física (cadeirantes) foi de 1,20 m/s. Desta forma, se forem comparadas as velocidades médias entre o trecho horizontal e inclinado a 8%, verifica-se que existe uma redução de cerca de 42% na velocidade do trecho inclinado. É importante registrar também que o comprimento da rampa exerce grande influência na velocidade do pedestre. Quanto maior o comprimento, menor foi a velocidade medida no final da rampa.

A Figura 4.10 mostra a variação da velocidade ao longo do percurso para as duas pessoas com deficiência visual total (cegos). Baseado nos dados colhidos foi observado que para o trecho plano horizontal a velocidade média foi de 0,86 m/s. Para a inclinação de 8%, a velocidade média observada foi reduzida em cerca de 20%, ficando em torno de 0,69 m/s.

Para o caso de pessoas com restrição de mobilidade (idosos), a inclinação do trecho também exerceu influência na velocidade de caminhada (Figura 4.11), porém não de forma tão acentuada quanto o observado nas pessoas com deficiência física (cadeirantes). A velocidade média observada para os idosos em trecho plano horizontal foi de 1,19 m/s. Para a inclinação de 8%, a velocidade média foi de 1,11 m/s.

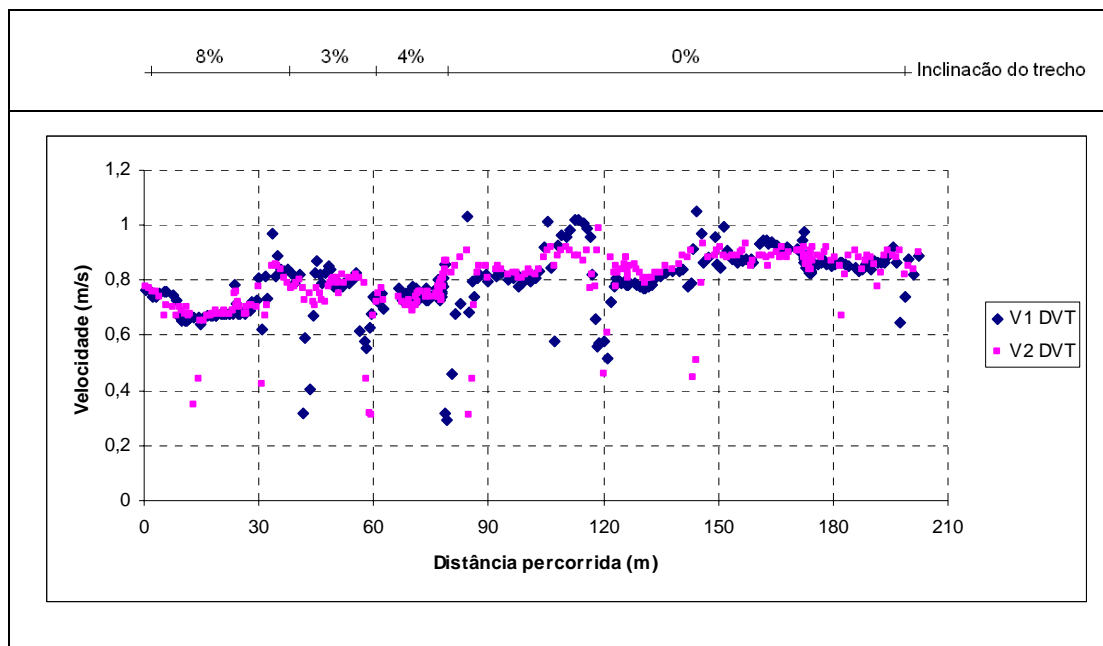


Figura 4.10: Variação da velocidade dos cegos (pessoas com deficiência visual total – DVT) ao longo do percurso

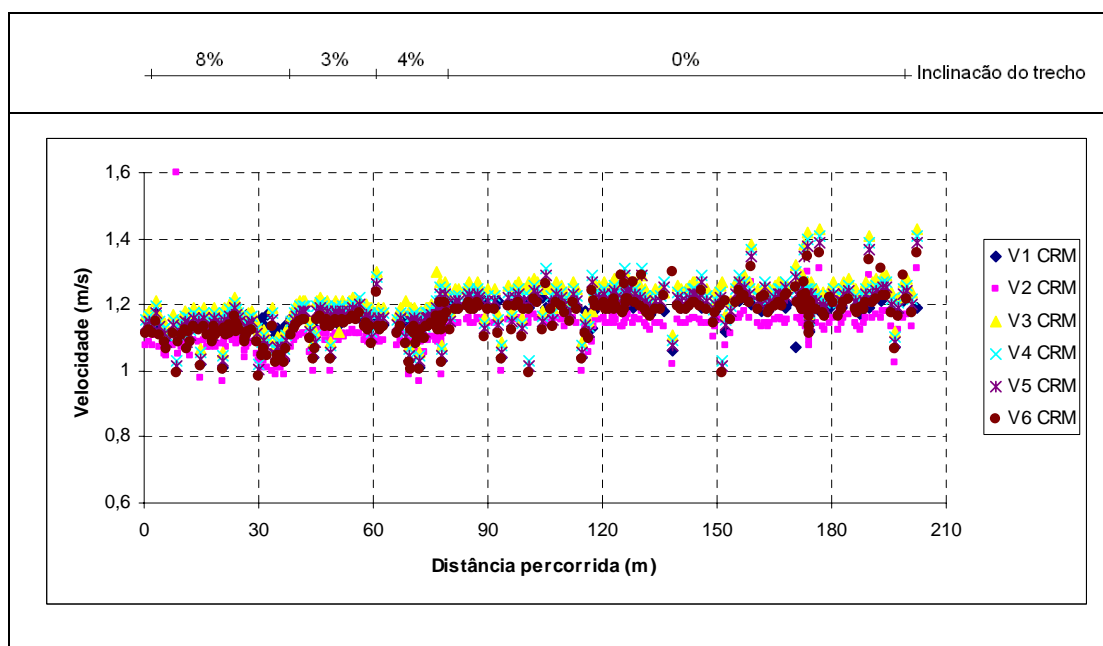


Figura 4.11: Variação da velocidade dos idosos (pessoas com restrições de mobilidade - CRM) ao longo do percurso

Além do percurso apresentado anteriormente, foram realizadas medidas ao longo de trechos isolados, sendo as velocidades médias apresentadas na Tabela 4.1. Baseado nos valores apresentados, sentiu-se a necessidade de relacionar as inclinações

longitudinais (i_L) e transversais (i_T) com a velocidade média, por meio de regressão linear de duas variáveis.

Tabela 4.1: Velocidades médias obtidas em campo para cada grupo pesquisado

| INCLINAÇÃO (%) | | VELOCIDADE MÉDIA (m/s) | | | |
|----------------|-------------|------------------------|------|------|------|
| Longitudinal | Transversal | PSRM | PCDF | PCRM | PCDV |
| 0 | 0 | 1,38 | 1,20 | 1,19 | 0,86 |
| 0 | 2 | 1,38 | 1,20 | 1,19 | 0,86 |
| 0 | 3 | 1,38 | 1,18 | 1,18 | 0,84 |
| 0 | 4 | 1,38 | 1,13 | 1,17 | 0,81 |
| 2 | 0 | 1,38 | 1,19 | 1,19 | 0,86 |
| 2 | 3 | 1,38 | 1,17 | 1,18 | 0,84 |
| 3 | 0 | 1,38 | 0,75 | 1,14 | 0,81 |
| 3 | 3 | 1,38 | 0,71 | 1,12 | 0,78 |
| 4 | 0 | 1,38 | 0,72 | 1,14 | 0,77 |
| 4 | 3 | 1,38 | 0,68 | 1,10 | 0,71 |
| 6 | 0 | 1,37 | 0,71 | 1,12 | 0,75 |
| 6 | 3 | 1,37 | 0,70 | 1,09 | 0,72 |
| 6 | 6 | 1,36 | 0,53 | 1,04 | 0,68 |
| 8 | 0 | 1,37 | 0,70 | 1,11 | 0,69 |
| 8 | 2 | 1,37 | 0,69 | 1,11 | 0,69 |
| 8 | 3 | 1,36 | 0,64 | 1,08 | 0,64 |
| 8 | 6 | 1,35 | 0,38 | 1,01 | 0,56 |

Assim, a Equação 4.2 representa a função velocidade para o grupo de pessoas sem restrições de mobilidade (PSRM), cujo R^2 foi igual a 0,80.

$$V_{PSRM} = 1,3866 - 0,00218.i_L - 0,00195.i_T \quad (4.2)$$

Para o grupo de cadeirantes (pessoas com deficiência física - PCDF), a função velocidade é dada pela Equação 4.3, sendo o R^2 igual a 0,78.

$$V_{PCDF} = 1,1923 - 0,07376.i_L - 0,02561.i_T \quad (4.3)$$

A Equação 4.4 representa a variação da velocidade para o grupo de idosos (pessoas com restrições de mobilidade - PCRM), cujo R^2 foi igual a 0,88.

$$V_{PCRM} = 1,20639 - 0,01318.i_L - 0,0119.i_T \quad (4.4)$$

E para o grupo de cegos (pessoas com deficiência visual - PCDV), a velocidade média pode ser obtida pela Equação 4.5. O valor de R^2 para esse grupo foi igual a 0,92.

$$V_{PCDV} = 0,8869 - 0,02394.i_L - 0,01524.i_T \quad (4.5)$$

Para efeito de aplicação do modelo no presente estudo, as velocidades adotadas em plano horizontal foram: 1,3866 m/s (cerca de 5 km/h) para pessoas sem restrição de mobilidade; 1,1923 m/s para cadeirantes; 1,20639 m/s para idosos; e 0,8869 m/s para cegos. No caso de planos inclinados, escadarias ou outros obstáculos, para cada grupo foram consideradas impedâncias. Isto influenciou os tempos de percurso de cada grupo (ver item 4.3.4).

Estes valores de velocidade foram adotados na pesquisa, pois os encontrados na bibliografia consultada (item 2.5) não convergiram para os mesmos resultados. Isto pode ser explicado devido a cada contexto e cada tipo de pessoa avaliada ter recebido enfoques diversificados nas pesquisas realizadas. Refere-se aqui que os valores adotados tiveram caráter de referência média envolvendo situações de locais de circulação de pedestres com pisos com revestimento apropriado, largura adequada e diferentes inclinações (citadas anteriormente). Estes resultados foram obtidos através de testes em ambiente estéril (livre de outras interferências).

Em seguida pôde-se definir o tempo de percurso da caminhada, que deriva das diferentes velocidades dos usuários e das distâncias reais de cada percurso medidas na rede elaborada. Entretanto, devido à existência de obstáculos e à consideração de grupos distintos de usuários, este tempo é condicionado à velocidade adotada para cada grupo quando da existência de alguma impedância.

4.3.4 Impedâncias nos Trechos

O menor caminho para cada destino-chave é identificado automaticamente no *SIG-T*, onde o tempo de percurso é condicionado pelas impedâncias resultantes das características físicas (performance) dos espaços avaliados de acordo com as restrições à locomoção de cada grupo de usuários. Como exemplo de impedância, pode ser citada a existência de escadarias ou guias sem rebaixamento. Para um usuário sem restrições de mobilidade, a escadaria pode representar apenas um pequeno acréscimo de esforço e pequena diminuição de tempo, já para um cadeirante representa uma barreira intransponível, ou seja, ele não pode ultrapassar esse trecho e tem que buscar uma rota alternativa, geralmente mais longa e demorada. Assim, o modelo adota para os trechos com impedância infinita (barreira intransponível) uma velocidade nula e nos casos

restantes ajusta a velocidade em função do acréscimo de esforço necessário ao usuário, baixando-se a velocidade padrão (considerada em plano horizontal).

A Figura 4.12 mostra parte de uma rede de pedestres e a análise realizada sobre o menor caminho entre dois pontos em função do tempo despendido pelo grupo de pessoas sem restrições de mobilidade e o com deficiência física (cadeirante). Considerando que ambos partem da mesma origem e chegam ao mesmo destino, o tempo do cadeirante é quase duas vezes maior pelo fato de existir uma escadaria. A alternativa, para ele, é contornar essa barreira optando por um percurso que se evidencia mais longo. Em outras situações os percursos alternativos podem apresentar um tempo de viagem ainda maior.

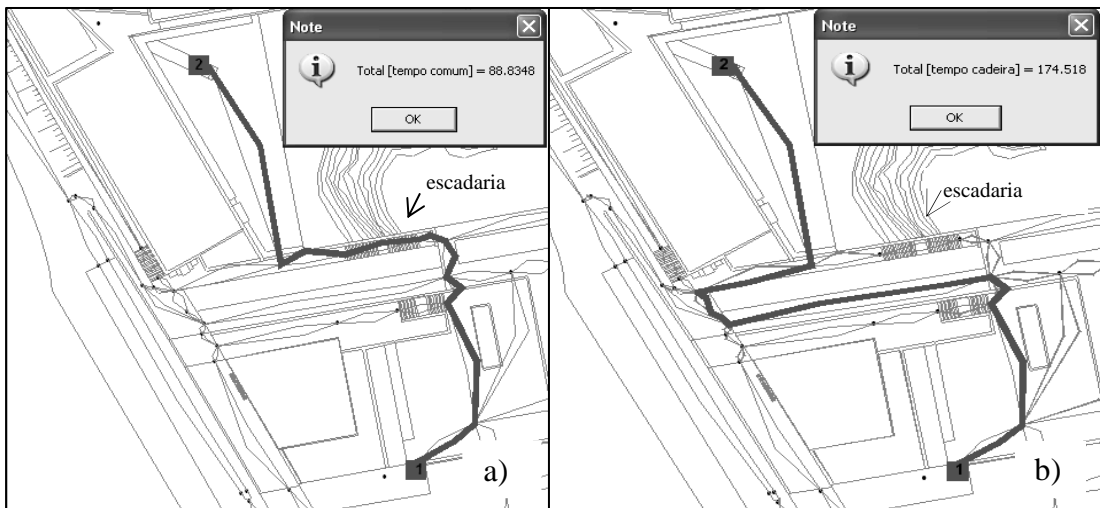


Figura 4.12: Tempo despendido por pessoas sem restrições de mobilidade (a) e por pessoas com deficiência física - cadeirantes (b) quando existe uma impedância significativa (escadaria)

Inclinações de rampas, largura efetiva das calçadas e textura do piso também devem ser consideradas no item “impedância”, quando estas não estiverem de acordo com as normas de acessibilidade (Capítulo 3).

4.3.5 Índices de acessibilidade

O procedimento de combinação de critérios utilizados nesta pesquisa para análise no processo de decisão foi a Combinação Linear Ponderada (WLC). A avaliação através do procedimento WLC, que combina os critérios segundo uma média ponderada, permite uma compensação das qualidades entre os critérios.

A média dos tempos máximos (T_m), para cada destino-chave, é calculada de acordo com a média das distâncias máximas indicadas pelos usuários nas pesquisas de opinião (Aguiar *et al.*, 2008). Os tempos reais (T_r) são extraídos da matriz de menores caminhos em função do menor tempo. Com base nestes dois valores (T_m e T_r), é possível se obter o tempo normalizado (T_n) para cada grupo de usuários. Neste caso, a normalização é efetuada adotando-se uma função linear para cada destino-chave pelo processo de *fuzzification* (Silva *et al.*, 2008). Portanto, a função *fuzzy* aplicada ao custo de viagem considerada nesta pesquisa é relativa ao *tempo de percurso*.

Os pesos dos destinos-chave utilizados também foram obtidos das pesquisas de opinião (Aguiar *et al.*, 2008; Aguiar *et al.*, 2009) como citado no item 4.3.2 deste Capítulo. Portanto, de acordo com Mendes (2000), o índice de acessibilidade, de todos os locais do espaço urbano em relação aos destinos-chave analisados, pode ser obtido através da Equação 4.1.

O cálculo do índice de acessibilidade deve ser efetuado para cada grupo de usuários “ u ” uma vez que o tempo de percurso para cada grupo é considerado diferente, como já foi referido anteriormente. Assim, a Equação 4.1 é aplicada de forma a identificar os níveis de acessibilidade que cada grupo possui.

Obtido o valor dos índices de acessibilidade A^u_i de cada localização “ i ” para cada grupo de usuários “ u ” pelo procedimento WLC, seria possível determinar o nível de acessibilidade global pelo procedimento OWA (Silva *et al.*, 2008). Este último possibilitaria a definição de cenários através de combinações de diferentes vetores *order weights*. Entretanto, este último procedimento não foi aqui recomendado segundo o que já foi exposto no item 4.2.

4.3.6 Nível de Acessibilidade Relativa

Por meio da obtenção dos índices de acessibilidade que também podem ser apresentados em mapas de fácil interpretação é possível verificar as condições de acessibilidade relativa dos espaços avaliados. É sugerida a representação dos níveis de acessibilidade relativa nos mapas referentes a estes espaços de pedestres utilizando-se as faixas adotadas no gráfico da Figura 4.13. Esta representação, quando transferida para estes mapas, deve ser interpretada como uma extrapolação da rede de circulação levantada. Desse modo a sua visualização é semelhante a mapas de superfícies

topográficas, onde o valor da terceira dimensão é dado pela medida de acessibilidade e não por uma cota.

A acessibilidade relativa de um determinado grupo com deficiência ou com restrição de mobilidade foi considerada, neste trabalho, como uma porcentagem em relação ao grupo com maiores valores de índices de acessibilidade.

Portanto o termo acessibilidade relativa foi assim designado devido à obtenção deste índice ser dada a partir de um grupo referencial. No modelo proposto neste trabalho o referencial adotado foi o grupo de usuários sem restrição de mobilidade. A proposta de adoção deste grupo se justifica por se admitir que pessoas sem restrições de mobilidade geralmente encontrem maior facilidade de deslocamento ao realizarem uma caminhada. Entretanto, torna-se necessário mensurar o quanto de facilidade de deslocamento (mobilidade potencial) este grupo de usuários apresenta em relação aos demais grupos.

Para tanto, foi introduzido o termo mobilidade potencial. Uma forma de mensurar a mobilidade potencial é por meio da relação entre os índices de acessibilidade para grupos com e sem restrição de locomoção. É importante comentar que somente a relação entre esses índices não conduziria a resultados satisfatórios, uma vez que sendo os dois índices iguais e próximos de zero, por exemplo, implicaria em 100% de mobilidade para o usuário com restrição em relação ao sem restrição. Este resultado adquire, portanto um caráter parcial para a análise.

Desta forma, tornou-se necessária a combinação da referida relação com o índice de acessibilidade normalizado para o usuário sem restrição de mobilidade (grupo de referência). Assim, a definição de um índice de acessibilidade relativa deve contemplar tanto a relação entre as acessibilidades dos grupos com e sem restrição (mobilidade potencial), como a acessibilidade normalizada do grupo de referência.

Como o índice de acessibilidade relativa é expresso com base em duas variáveis mensuráveis linearmente (duas escalas lineares foram elaboradas), tornou-se necessário combinar este índice em um plano (ou um espaço bidimensional), conforme apresentado na Figura 4.13. No eixo das abscissas está representada a acessibilidade normalizada do grupo de referência, sendo que a mobilidade potencial é representada no eixo das ordenadas.

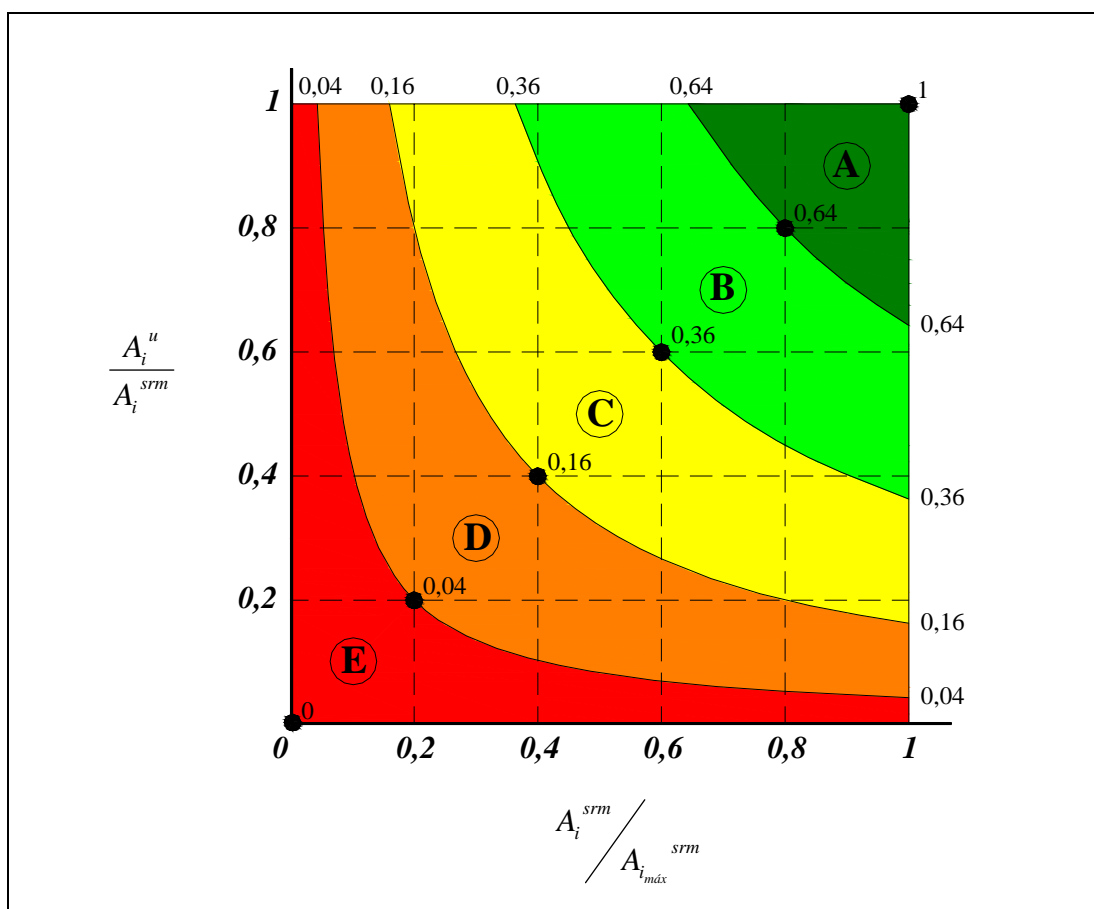


Figura 4.13: Escala proposta de Níveis de Serviço para a acessibilidade relativa

Nos dois eixos foram definidas cinco faixas (de 0 a 1) tanto para a mobilidade potencial quanto para a acessibilidade normalizada do grupo de referência. Da combinação destas faixas foram obtidos cinco níveis de serviço (de A até E), em que “A” é a melhor situação e “E”, a pior. Cada nível foi delimitado por “*pontos de controle*” definidos na diagonal (resultado da combinação de valores dos dois eixos), conforme apresentado na Figura 4.13. A partir daí, foram geradas as superfícies (agora representadas por faixas diagonais) que contemplam os limites definidos por estes pontos de controle.

Assim, o índice proposto de acessibilidade relativa pôde ser determinado por meio da relação das condições de mobilidade potencial de um determinado grupo de usuários com restrições de mobilidade e o grupo sem restrição. Este índice é obtido pelo par ordenado já apresentado no item 4.2 (página 56), sendo o nível de serviço determinado com o auxílio da Figura 4.13, onde o nível A representa a melhor situação e o nível E, a pior situação.

A escala proposta resultou na diagonal principal, onde os pontos de controle sofrem uma variação de valor crescente não linear. Já as faixas sofrem uma diferença com relação ao tamanho de suas áreas, proporcionando equilíbrio para a avaliação.

APLICAÇÃO DO MODELO

Neste capítulo é apresentada a aplicação do modelo proposto de avaliação da acessibilidade relativa dos espaços urbanos de circulação de pedestres considerando as condições de mobilidade potencial de quatro grupos de pessoas. No que diz respeito à avaliação, são apresentados dois estudos de caso. Para tanto, as caracterizações das áreas avaliadas assim como os resultados obtidos são descritos a seguir.

5.1 Caracterização das Áreas Avaliadas

Para a aplicação do modelo foram realizados dois estudos de caso: 1) dentro da área I do *campus* da Universidade de São Paulo na cidade de São Carlos, São Paulo, Brasil; 2) dentro do *campus* da Universidade do Minho em Gualtar, Braga, Portugal.

Convém salientar que a denominada Área II do *campus* da USP em São Carlos está localizada em outra região da cidade (zona periférica) e seu interior ainda está em processo de ocupação. Também no *campus* de Gualtar existe uma zona de expansão (a oeste e noroeste do *campus*) que ainda está em processo de consolidação e cujos acessos e caminhos de pedestres ainda não foram concluídos. Por este motivo as referidas áreas não são objeto de estudo desta pesquisa.

A determinação destes dois sítios escolhidos para análise ocorreu devido ao *campus* de Gualtar já ter sido objeto de estudo em pesquisa anterior realizada por Rodrigues (2001), que efetuou uma avaliação multicritério da acessibilidade aos diversos destinos-chave no interior deste *campus*, do ponto de vista do pedestre. Naquela ocasião, entretanto a pesquisa realizada considerou apenas um grupo de usuários (os sem restrições de mobilidade). Assim, no presente trabalho foi realizada uma pesquisa no *campus* de São Carlos que considerou quatro grupos de usuários para

uma primeira análise de resultados e em seguida foi realizada outra pesquisa no *campus* de Gualtar considerando também os quatro grupos de usuários para uma análise final.

Assim, o objetivo da aplicação do modelo nesta etapa do trabalho é fornecer um entendimento através da análise dos resultados comparativos entre os grupos de usuários nesses dois sítios.

Embora ambos os *campi* não apresentem tanta diversificação de características como as encontradas no meio urbano em termos de uso do solo (por exemplo, uso residencial, comercial etc.) e hierarquia viária (por exemplo, vias expressas, principais, locais etc.) algumas características foram relevantes para a aplicação do modelo nestas áreas. A principal foi em relação ao modelo físico dos ambientes externos destinados a pedestres (por exemplo, travessias de ruas, calçadas, degraus, rampas, obstáculos etc.) o qual apresentou configuração similar à encontrada no meio urbano.

Para a caracterização dos sítios, alguns dados evidenciam significativamente as diferenças entre os contextos em que estão inseridas as avaliações. São eles: i) área total de cada *campus* e ii) população total de usuários (incluindo alunos, docentes e funcionários). Estes dados demonstram em termos proporcionais que o *campus* da USP de São Carlos tem uma densidade populacional consideravelmente menor que o *campus* da UM de Gualtar (Tabela 5.1).

Tabela 5.1: Dados de caracterização dos *campi*

| | Área Total | População Total |
|--------------------------|------------|-------------------|
| <i>Campus</i> Gualtar | 12 ha | cerca de 12.000 * |
| <i>Campus</i> São Carlos | 32 ha | cerca de 8.000 ** |

Fonte: (*) Universidade do Minho: Relatório de Atividades 2008 <http://www.uminho.pt/uploads/Relatorio_Actividades-2008.pdf>; (**) Universidade de São Paulo: Sobre a USP São Carlos <http://www.saocarlos.usp.br/index.php?option=com_content&task=view&id=61&Itemid=87>

Algumas similaridades entre os contextos também foram identificadas, como por exemplo, ambos os *campi* estão inseridos em regiões urbanizadas, isto é, possuem entorno edificado e consolidado, o que possibilita a integração de suas áreas com a malha urbana de suas respectivas cidades.

No que diz respeito aos destinos-chave, ambos os *campi* foram divididos em três grupos, de acordo com a sua funcionalidade principal: i) pedagógico (salas de aula, laboratórios, departamentos etc.); ii) serviços (acadêmicos, bancários, de alimentação etc.); iii) acessos (portões de entrada e saída dos *campi*). A disposição destes destinos,

em ambos os *campi*, não é concentrada por grupo e sim, dada de forma dispersa dentro de cada *campus*.

Na Figura 5.1 são apresentados os mapas de ambos os *campi* com a distribuição dos grupos de funcionalidade dos destinos-chave. Para o estudo de caso, foram apenas considerados os destinos-chave do grupo pedagógico, de forma a simplificar a aplicação do modelo.

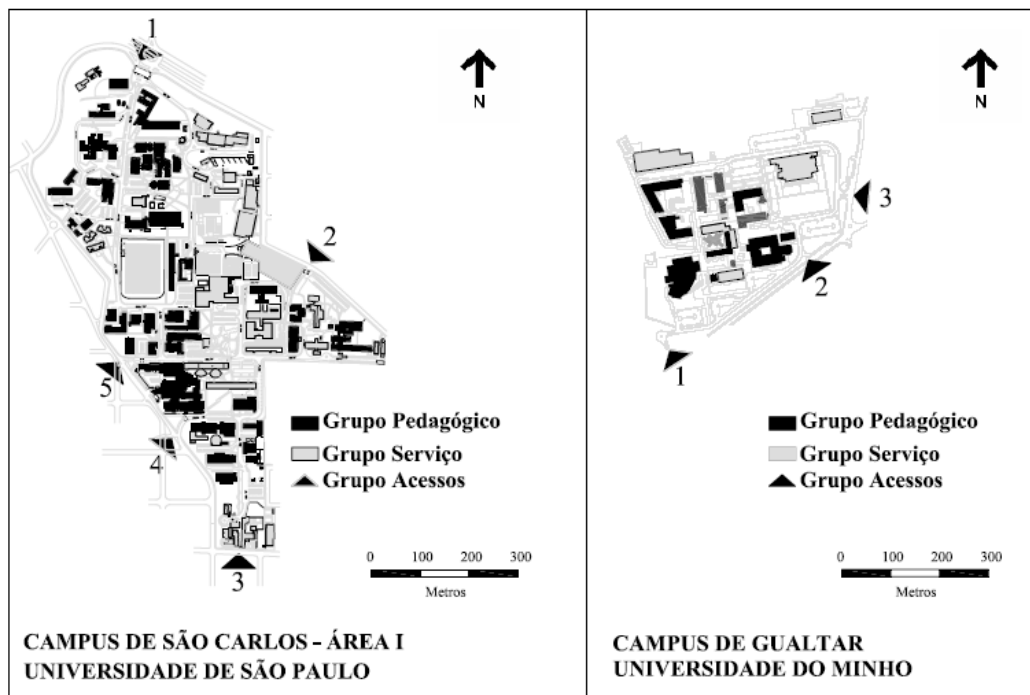


Figura 5.1: Distribuição dos grupos de funcionalidades dentro dos *campi* avaliados

O acesso aos *campi*, pelo modo a pé, pode ser realizado por qualquer uma das entradas mostradas na Figura 5.1. Dentro dos *campi*, os deslocamentos podem ser feitos a pé, por bicicleta ou por modo motorizado. Entretanto, para ambos os *campi* não é previsto um espaço adequado para o uso de bicicleta, fazendo com que os ciclistas utilizem as vias destinadas aos veículos motorizados e às vezes, as calçadas. Em algumas áreas de pedestres o uso de bicicleta não é permitido.

Como a topografia em ambos os sítios analisados é bastante acidentada, a ocorrência de rampas e escadarias é frequente (Figura 5.2). No caso das escadarias foram verificadas as dimensões de piso, espelho e corrimão e comparadas às normas vigentes de cada país. O não cumprimento destas regras origina risco principalmente para pessoas com deficiência visual e para idosos, pelo que as situações irregulares foram consideradas nesta análise, como obstáculos intransponíveis. Entretanto, para o

grupo de cadeirantes, o simples fato de existir escada foi considerado como obstáculo intransponível (mesmo que esta esteja dentro dos padrões recomendados por normas), a não ser que haja algum dispositivo acoplado à escada que garanta a mobilidade destes usuários (por exemplo, plataformas elevatórias acopladas às escadas). Na Figura 5.2 é mostrado um exemplo de escada fora dos padrões de acessibilidade por não possuir corrimãos e outro exemplo que atende as normas por possuir corrimãos e ainda uma plataforma elevatória acoplada a ela (detalhe na lateral esquerda da Figura 5.2b).



Figura 5.2: Exemplo de dois dos vários modelos de escadarias existentes no *campus* de São Carlos (a) e no *campus* de Gualtar (b)

No caso de calçadas em rampas, foram medidas as inclinações longitudinais e transversais dos trechos para comparação com as normas vigentes. Os trechos que tiveram valores acima do recomendado foram considerados na análise como obstáculos para os grupos de cadeirantes, pessoas com deficiência visual e idosas. Estas inclinações puderam definir as velocidades usadas pelos grupos de acordo com a sua capacidade de locomoção.

A maioria das calçadas encontra-se em bom estado de conservação, contudo nem todas possuem largura efetiva adequada por existirem obstáculos que reduzem sua faixa livre (Figura 5.3).



Figura 5.3: Exemplo de obstáculos que reduzem a largura efetiva das calçadas no *campus* de São Carlos (a) e no *campus* de Gualtar (b)

Em vários pontos das vias foram implantadas faixas de travessia com guias rebaixadas nas calçadas ou faixas de travessia elevadas ditas lombo-faixas, que proporcionam ao pedestre maior segurança e conforto quando cruzam as vias de veículos (Figura 5.4).



Figura 5.4: Exemplo de cruzamentos de vias de veículos com faixas de pedestres apropriadas no *campus* de São Carlos (a) e (b) e no *campus* de Gualtar (c) e (d)

Entretanto foram observados alguns pontos de travessia sem esse tratamento, ou seja, algumas faixas de travessia de pedestres não possuem continuidade em relação à calçada (Figura 5.5). A falta de continuidade na travessia pode por em risco as pessoas com deficiência visual e os idosos e ainda pode interromper a mobilidade das pessoas com deficiência física (cadeirantes) devido à altura da guia. Estas situações foram consideradas na análise como obstáculos intransponíveis para o grupo de cadeirantes.

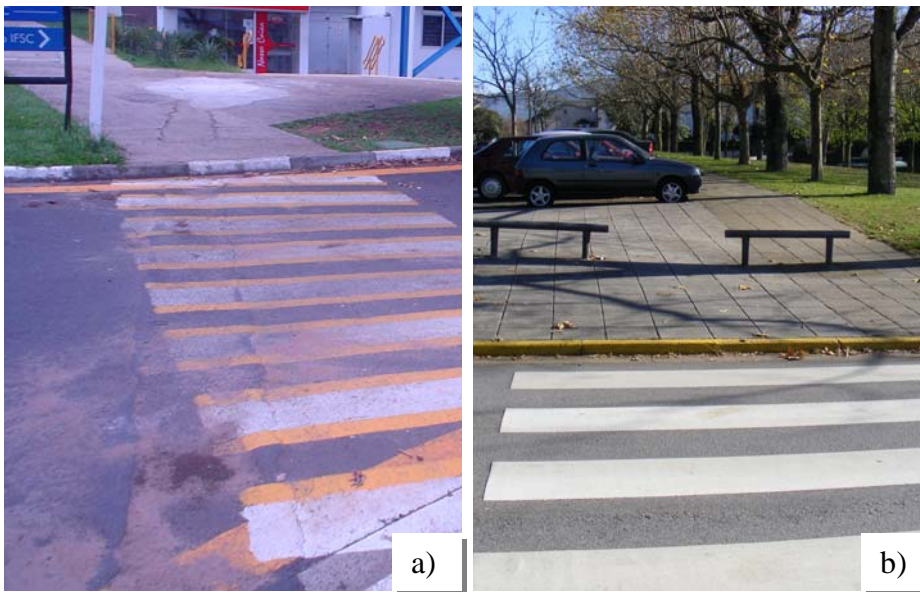


Figura 5.5: Exemplo de cruzamentos de vias de veículos com faixas de pedestres, mas sem guias rebaixadas no *campus* de São Carlos (a) e no *campus* de Gualtar (b)

Embora em algumas circunstâncias observadas os pedestres circulem pelo leito carroçável (por exemplo, devido ao baixo fluxo de automóveis), a rede criada para análise foi definida a partir do critério de existência de calçadas. Logo, foi considerada a faixa lateral da via de veículos (margem do leito carroçável) como um caminho de pedestres apenas em locais onde não existe calçada (Figura 5.6).

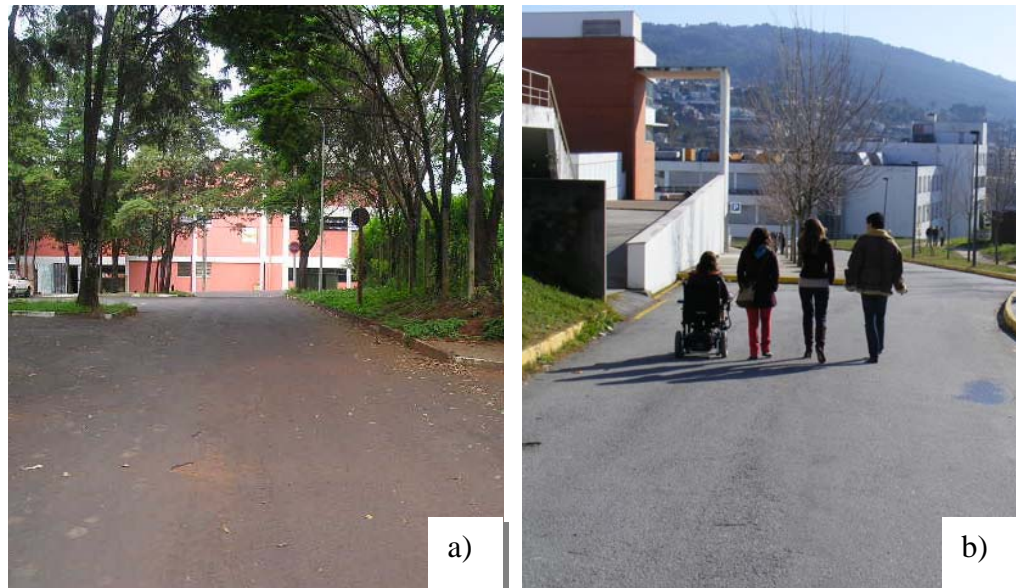


Figura 5.6: Exemplo de trechos de vias sem calçadas laterais no *campus* de São Carlos (a) e no *campus* de Gualtar (b)

Na Figura 5.7 é mostrada a rede de circulação para pedestres, levantada em ambos os *campi* nesta pesquisa. Optou-se por utilizar dois sentidos de fluxo em todos os trechos da rede de pedestres devido à diferença de velocidade entre aclives e declives causada pela topografia acidentada nos *campi*.



Figura 5.7: Mapa dos *campi* e suas respectivas redes de pedestres

5.2 Aplicação do Modelo

O modelo de avaliação proposto foi aplicado em ambos os *campi* conforme os critérios descritos no Capítulo 4. Inicialmente foi realizado o reconhecimento e posterior levantamento das condições físicas dos dois *campi*. Na etapa de elaboração da rede de pedestres foram identificados os trajetos efetuados pelos pedestres, sendo medidas as inclinações longitudinais e transversais, além das larguras mínimas efetivas. O tipo de piso e seu estado de conservação também foram levantados. Foi verificada a existência de degraus e outros obstáculos.

Os locais avaliados, por se tratarem de áreas de circulação de pedestres dentro de dois *campi*, de forma geral, apresentaram grande parte destes fatores adequada às normas recomendadas para acessibilidade. Entretanto, como ambos estão localizados em regiões acidentadas, os fatores que mereceram atenção especial foram a inclinação de rampas e a existência de degraus/escadarias.

Na etapa de identificação dos destinos-chave e seus pesos foi realizada uma pesquisa de opinião com os usuários do *campus* de São Carlos. Para o *campus* de Gualtar, este dado já havia sido pesquisado e publicado em Rodrigues (2001) e Silva *et al.* (2008). No que se refere a este dado obtido, é oportuno comentar que o questionário adotado na pesquisa de opinião aplicada em São Carlos seguiu o mesmo modelo do questionário aplicado em Gualtar.

Para a aplicação do modelo proposto neste trabalho, foram utilizados apenas os destinos-chave do setor pedagógico. Na pesquisa o usuário apontava os destinos que mais frequentava em ordem de importância (1 – menos importante; 10 – mais importante).

Na Tabela 5.2 são apresentados os principais destinos-chave do setor pedagógico para o *campus* de São Carlos, sendo também apresentados os pesos dos destinos calculados de acordo com a opinião dos usuários.

Para o *campus* de Gualtar, os destinos-chave e os pesos de cada destino do setor pedagógico são apresentados na Tabela 5.3, conforme publicado em Rodrigues (2001) e Silva *et al.* (2008).

Tabela 5.2: Destinos-chave e pesos para o *campus* de São Carlos

| Grupos de Funcionalidade | Local (Destino-chave) | Peso |
|---|--|------|
| Complexos Pedagógicos, Departamentos e Institutos | Departamento de Arquitetura - SAP/EESC | 0,02 |
| | Laboratório de maquetes - SAP/EESC | 0,02 |
| | Blocos G e G1 - SAP/EESC | 0,01 |
| | Departamento de Estruturas - SET/EESC | 0,04 |
| | LAMEM - SET/EESC | 0,02 |
| | Laboratório - SET/EESC | 0,02 |
| | Salas de aula bloco D - EESC | 0,05 |
| | Salas de aula matadouro - EESC | 0,03 |
| | Departamento de Transportes - STT/EESC | 0,03 |
| | Pesquisas em melhorias de solos - SGS e STT/EESC | 0,02 |
| | Departamento de Geotecnia - SGS/EESC | 0,03 |
| | Departamento de Eletricidade - SEL/EESC | 0,02 |
| | Salas de aula e laboratórios - SEL/EESC | 0,02 |
| | Laboratório de eletricidade - SEL/EESC | 0,02 |
| | Salas de aula bloco C - EESC | 0,04 |
| | Departamento de Mecânica - SEM/EESC | 0,03 |
| | Laboratório de combustão, térmica e fluidos - SEM/EESC | 0,02 |
| | Laboratório de refrigeração e motores - SEM/EESC | 0,02 |
| | Lamafe - Laboratório CAD/CAM - SEM/EESC | 0,02 |
| | Serviços de motores, oficina mecânica - SEM/EESC | 0,02 |
| | Laboratório de termodinâmica e dinâmica - SEM/EESC | 0,02 |
| | Laboratório de tribologia e Lamafe - SEM/EESC | 0,02 |
| | Materiais, aeronáutica e automobilística - SMM/EESC | 0,02 |
| | Departamento de Hidráulica - SHS/EESC | 0,02 |
| | Laboratório de hidráulica e saneamento - SHS/EESC | 0,02 |
| | Laboratórios - SHS/EESC | 0,02 |
| | Área de pesquisa (quiosques provisórios) - SHS/EESC | 0,02 |
| | Salas de aula bloco B - Produção/EESC | 0,02 |
| | Dep.de Eng.de Materiais,Aeronáutica e Automobilística-SMM/EESC | 0,02 |
| | Bioengenharia - Interunidades/EESC | 0,01 |
| | Instituto de Química - IQSC | 0,03 |
| | Eletroquímica - IQSC | 0,02 |
| | Salas de aula - IQSC | 0,03 |
| | Laboratórios e salas de professores - IQSC | 0,03 |
| | Oficina mecânica - IQSC | 0,02 |
| | Laboratórios de cristalografia e cromatografia - IQSC | 0,02 |
| | Instituto de Física - IFSC | 0,04 |
| | Administração - IFSC | 0,03 |
| | Laboratório didático de física - IFSC | 0,04 |
| | Instituto de Ciências, Matemáticas e Computação - ICMC | 0,03 |
| Salas de aula - ICMC | 0,03 | |
| Laboratórios ensino e pesquisa - ICMC | 0,03 | |
| | | 1,00 |

Tabela 5.3: Destinos-chave e pesos para o *campus* de Gualtar

| Grupos de Funcionalidade | Local (Destino-chave) | Peso |
|--|---|------|
| Complexos Pedagógicos, Departamentos e Institutos | Complexo Pedagógico 1 - CP1 | 0,14 |
| | Complexo Pedagógico 2 - CP2 | 0,17 |
| | Complexo Pedagógico 3 - CP3 | 0,08 |
| | Escola de Engenharia - EE | 0,06 |
| | Ciências da Terra - EC | 0,07 |
| | Instituto de Educação e Psicologia - IEP | 0,06 |
| | Departamento de Informática - EE | 0,08 |
| | Engenharia Biológica - EE | 0,05 |
| | Escola de Economia e Gestão e Direito - EEGD | 0,09 |
| | Escola de Ciências - EC | 0,08 |
| | Instituto de Letras e Ciências Humanas - ILCH | 0,07 |
| | Instituto de Ciências Sociais - ICS | 0,07 |
| | | 1,00 |

Na etapa de identificação dos tempos de percurso para o caso do *campus* de Gualtar, foram adotados os valores de distância obtidos no questionário aplicado por Rodrigues (2001) e Silva *et al.* (2008) em que o usuário também informava a *distância máxima* que estaria disposto a percorrer até alcançar cada destino. De posse das distâncias máximas e das funções de velocidade propostas no Capítulo 4, foram calculados os tempos máximos (T_m) para cada destino-chave e para cada grupo de usuários selecionado.

Para o caso do *campus* de São Carlos, o questionário aplicado sofreu alteração a respeito do modelo do questionário original, pois neste caso, o usuário foi perguntado sobre o *tempo máximo* (não mais sobre a distância) que ele estaria disposto a percorrer até alcançar cada destino. Com o uso das funções de velocidade propostas no Capítulo 4, também neste caso foi possível calcular os tempos máximos (T_m) para cada destino-chave e para cada grupo de usuários selecionado.

Com a rede de pedestres já elaborada foi possível identificar as distâncias reais no mapa extraídas da matriz de menores caminhos gerada pelo *software TransCAD*. Com isto, também foi possível propor valores de tempos denominados aqui de “*tempos reais*” de caminhada (T_r) utilizando-se também as funções de velocidades propostas. Com base nestes dois valores (T_m e T_r) para cada grupo de usuários e para ambos os *campi*, foi possível, por fim, obter os tempos normalizados (T_n) para cada grupo de usuários.

Na Tabela 5.4 são apresentados os valores de tempos máximos (T_m) indicados pelos usuários do *campus* de São Carlos para o setor pedagógico. Para o *campus* de Gualtar, os tempos máximos (T_m) calculados através dos valores de distâncias máximas indicadas por seus usuários para o setor pedagógico são apresentados na Tabela 5.5.

Tabela 5.4: Destinos-chave e tempos máximos admitidos por usuários do grupo sem restrições de mobilidade para o *campus* de São Carlos

| Grupos de Funcionalidade | Local (Destino-chave e respectiva unidade de vínculo) | Tempo Máximo (minutos) |
|--|--|------------------------|
| Complexos Pedagógicos, Departamentos e Institutos | Departamento de Arquitetura - SAP/EESC | 10 |
| | Laboratório de maquetes - SAP/EESC | 8 |
| | Blocos G e G1 - SAP/EESC | 5 |
| | Departamento de Estruturas - SET/EESC | 11 |
| | LAMEM - SET/EESC | 9 |
| | Laboratório - SET/EESC | 9 |
| | Salas de aula bloco D - EESC | 11 |
| | Salas de aula matadouro - EESC | 9 |
| | Departamento de Transportes - STT/EESC | 10 |
| | Pesquisas em melhorias de solos - SGS e STT/EESC | 5 |
| | Departamento de Geotecnia - SGS/EESC | 9 |
| | Departamento de Eletricidade - SEL/EESC | 9 |
| | Salas de aula e laboratórios - SEL/EESC | 9 |
| | Laboratório de eletricidade - SEL/EESC | 9 |
| | Salas de aula bloco C - EESC | 10 |
| | Departamento de Mecânica - SEM/EESC | 9 |
| | Laboratório de combustão, térmica e fluidos - SEM/EESC | 8 |
| | Laboratório de refrigeração e motores - SEM/EESC | 5 |
| | Lamafe - Laboratório CAD/CAM - SEM/EESC | 5 |
| | Serviços de motores, oficina mecânica - SEM/EESC | 8 |
| | Laboratório de termodinâmica e dinâmica - SEM/EESC | 8 |
| | Laboratório de tribologia e Lamafe - SEM/EESC | 8 |
| | Materiais, aeronáutica e automobilística - SMM/EESC | 8 |
| | Departamento de Hidráulica - SHS/EESC | 11 |
| | Laboratório de hidráulica e saneamento - SHS/EESC | 9 |
| | Laboratórios - SHS/EESC | 4 |
| | Área de pesquisa (quiosques provisórios) - SHS/EESC | 8 |
| | Salas de aula bloco B - Produção/EESC | 9 |
| | Dep.de Eng.de Materiais,Aeronáutica e Automobilística-SMM/EESC | 9 |
| | Bioengenharia - Interunidades/EESC | 8 |
| | Instituto de Química - IQSC | 11 |
| | Eletroquímica - IQSC | 10 |
| | Salas de aula - IQSC | 6 |
| | Laboratórios e salas de professores - IQSC | 10 |
| | Oficina mecânica - IQSC | 6 |
| | Laboratórios de cristalografia e cromatografia - IQSC | 9 |
| Instituto de Física - IFSC | 13 | |
| Administração - IFSC | 12 | |
| Laboratório didático de física - IFSC | 12 | |
| Instituto de Ciências, Matemáticas e Computação - ICMC | 11 | |
| Salas de aula - ICMC | 8 | |
| Laboratórios ensino e pesquisa - ICMC | 10 | |

Tabela 5.5: Destinos-chave e tempos máximos admitidos por usuários do grupo sem restrições de mobilidade para o *campus* de Gualtar

| Grupos de Funcionalidade | Local (Destino-chave e respectiva unidade de vínculo) | Tempo Máximo (minutos) |
|---|---|------------------------|
| Complexos Pedagógicos, Departamentos e Institutos | Complexo Pedagógico 1 - CP1 | 4 |
| | Complexo Pedagógico 2 - CP2 | 4 |
| | Complexo Pedagógico 3 - CP3 | 3 |
| | Escola de Engenharia - EE | 1 |
| | Ciências da Terra - EC | 3 |
| | Instituto de Educação e Psicologia - IEP | 2 |
| | Departamento de Informática - EE | 2 |
| | Engenharia Biológica - EE | 2 |
| | Escola de Economia e Gestão e Direito - EEGD | 2 |
| | Escola de Ciências - EC | 2 |
| | Instituto de Letras e Ciências Humanas - ILCH | 2 |
| | Instituto de Ciências Sociais - ICS | 2 |

Os resultados apresentados nas duas tabelas demonstram que os usuários do *campus* de Gualtar são relutantes a se deslocarem, pois os tempos obtidos são extremamente baixos, principalmente quando comparados aos resultados do *campus* de São Carlos. Tais respostas servem também para caracterizar o perfil dos usuários de um determinado local, que por sua vez pode estar relacionado a fatores socioeconômicos, culturais etc. ou ainda, pode servir para indicar como as pessoas costumam utilizar determinado espaço (de acordo com uso, ocupação, distribuição espacial etc.)

Estes dados certamente indicarão respostas de índices de acessibilidade diferentes para os dois *campi* avaliados. Por esta razão, torna-se evidente que não é possível obter comparações diretas entre os dois *campi*, ou seja, não se pode indicar, por meio dos resultados finais da aplicação do modelo proposto, qual dos *campi* apresenta maior acessibilidade. Esta, aliás, não é a finalidade deste modelo. A intenção de realizar dois estudos de caso, em dois *campi*, serve para identificar possíveis limitações do modelo e para indicar as etapas essenciais para a realização do processo de avaliação para cada caso específico (região a ser avaliada).

Portanto, o modelo aplicado nestes dois *campi* teve como objetivo principal a verificação dos resultados da acessibilidade relativa em contextos de usos similares, porém em ambientes diversificados (distribuição espacial, escala, extensão de cada rede etc.) para identificar tais limitações.

Na etapa de identificação de impedâncias nos trechos foi assumido que cada grupo de usuários selecionado possui necessidades específicas, dependendo do tipo de obstáculo. Como um dos principais critérios adotados no modelo envolve fatores relacionados a tempo de caminhada, na fase de definição do modelo proposto foram sugeridos alguns fatores a serem analisados como impedância que possam proporcionar “*desvantagem*” (Quadros 2.1 e 2.2) para algum grupo de usuários.

Na etapa de determinação dos índices de acessibilidade foi utilizado o procedimento WLC de combinação de critérios mediante a Equação 4.1 para cada grupo de usuários e para ambos os *campi*. Assim, foram obtidos os valores dos índices de acessibilidade de cada origem *i* para cada destino-chave do setor pedagógico dos dois *campi*, de acordo com o grupo de usuários selecionado. Os resultados destes índices de acessibilidades são comentados no item 5.3.

Na etapa de determinação do nível de acessibilidade relativa foram obtidos os resultados finais do modelo, cujo objetivo principal era *determinar o quanto uma pessoa com deficiência ou com restrição de mobilidade é mais prejudicada (punida) que outra em termos de acessibilidade aos espaços urbanos, ou seja, indicar o quanto um espaço é mais acessível ou menos acessível para cada indivíduo, dependendo de suas condições de locomoção.*

Os resultados dos índices de acessibilidade relativa obtidos na avaliação dos *campi* de acordo com os grupos de usuários selecionados também são apresentados no item 5.3.

5.3 Análise dos Resultados

Através do modelo de avaliação multicritério e das técnicas a ele associadas, somando-se ainda a sua implementação em ambiente *SIG-T*, foi possível representar os resultados em mapas de fácil interpretação e análise.

Pelo procedimento WLC de avaliação, os mapas referentes aos resultados obtidos para cada grupo de usuários apresentam os níveis de acessibilidade divididos em cinco classes normalizadas no intervalo entre zero e um. A faixa entre 0,00 e 0,20 representa o nível de menor acessibilidade e a faixa entre 0,80 e 1,00, o nível de maior acessibilidade. Os valores máximos, as médias e os desvios padrões dos níveis de

acessibilidade, partindo-se de cada origem analisada para todos os destinos-chave do setor pedagógico, são mostrados na Tabela 5.6, de acordo com o grupo de usuários, permitindo uma breve visualização dos valores obtidos antes da normalização.

Tabela 5.6: Resumo dos valores do nível de acessibilidade obtidos por usuário aos destinos-chave em ambos os *campi*

| <i>Campus</i> São Carlos | A _i sem restr. mobil. | A _i com def. físico | A _i com def. visual | A _i com restr. mobil. |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Máximo | 0,17 | 0,08 | 0,14 | 0,16 |
| Média | 0,05 | 0,01 | 0,03 | 0,04 |
| Desvio Padrão | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| <i>Campus</i> Gualtar | A _i sem restr. mobil. | A _i com def. físico | A _i com def. visual | A _i com restr. mobil. |
| Máximo | 0,47 | 0,33 | 0,42 | 0,46 |
| Média | 0,25 | 0,14 | 0,21 | 0,24 |
| Desvio Padrão | 0,12 | 0,09 | 0,12 | 0,12 |

Pela Tabela 5.6, pode-se verificar que o *campus* de Gualtar possui níveis de acessibilidade mais elevados para todas as classes de usuários, resultado de ser um *campus* mais compacto, entretanto estes valores ainda estão longe do valor máximo (igual a 1,0). Contudo, a dispersão de resultados espacialmente é maior, refletindo-se em valores superiores de desvio padrão. Os mapas das Figuras 5.8 a 5.11 ilustram estes resultados normalizados individualmente para se perceber onde estes maiores níveis se localizam dentro dos *campi*. Esta análise permite verificar quais as zonas que têm melhores ou piores condições de acessibilidade para os grupos de pedestres considerados, sugerindo potencialmente a necessidade de algumas intervenções de melhorias na performance do espaço.

Tais mapas, além de apresentarem os níveis de acessibilidade obtidos, também identificam a localização dos destinos-chave do grupo pedagógico (grupo utilizado na análise) representados por pontos. Assim, os resultados da aplicação do modelo podem ser visualizados com mais facilidade.

As Figuras 5.8a (*campus* de São Carlos) e 5.9a (*campus* de Gualtar) apresentam os resultados dos níveis de acessibilidade aos destinos-chave do setor pedagógico para o grupo de usuários sem restrição de mobilidade. Como as análises foram feitas em função dos tempos de deslocamento, os espaços com menor nível de acessibilidade (0,00 a 0,20) indicam que tais tempos superam a média dos tempos máximos verificados para esse grupo de usuários. Os espaços com maior nível de acessibilidade

(faixa que compreende os valores de 0,80 a 1,00) encontram-se situados em zonas pontuais em forma de bolsões. Estes bolsões concentram um maior número de destinos e apresentam um menor número de impedâncias nas rotas de pedestres, o que diminui o tempo gasto nos trechos percorridos durante a caminhada.

Para aplicação do modelo e simplificação da análise, como citado anteriormente, foram adotados fatores de redução de velocidade nos percursos que possuem rampas e escadas. Tanto para o grupo sem restrição de mobilidade quanto para o grupo de usuários com restrição de mobilidade (idosos), o fator de redução adotado foi o mesmo e corresponde a menos 30 % da velocidade em plano horizontal, o que representa um aumento de 30 % no tempo percorrido.

Os mapas das Figuras 5.8b (São Carlos) e 5.9b (Gualtar) apresentam os resultados dos níveis de acessibilidade aos destinos-chave do setor pedagógico para o grupo de usuários com restrição de mobilidade (idosos). Como para este grupo o fator de impedância considerado foi igual ao fator usado para o grupo anterior, logo os mapas de acessibilidade (após normalização) do grupo de idosos (Figuras 5.8b e 5.9b) assumiram valores bem próximos ao grupo de pessoas sem restrições de mobilidade (Figuras 5.8a e 5.9a). A única diferença é que os mesmos níveis de acessibilidade são obtidos com tempos de percurso um pouco mais elevados, visto que a velocidade deste grupo de usuários é menor.

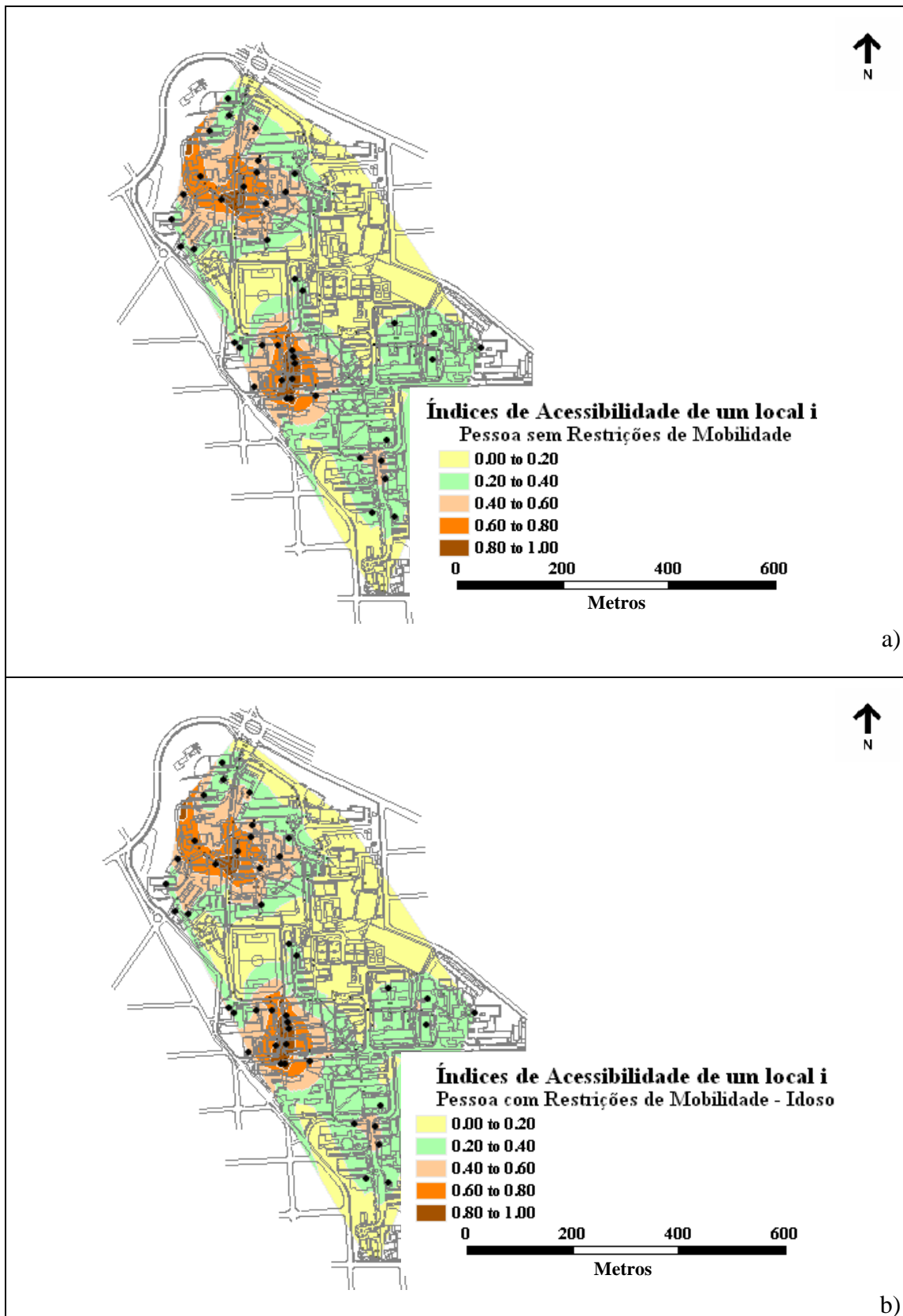


Figura 5.8: *Campus* de São Carlos - Níveis de acessibilidade aos destinos-chave do setor pedagógico para o grupo de usuários sem restrições de mobilidade (a) e para o grupo de usuários com restrições de mobilidade - idosos (b)

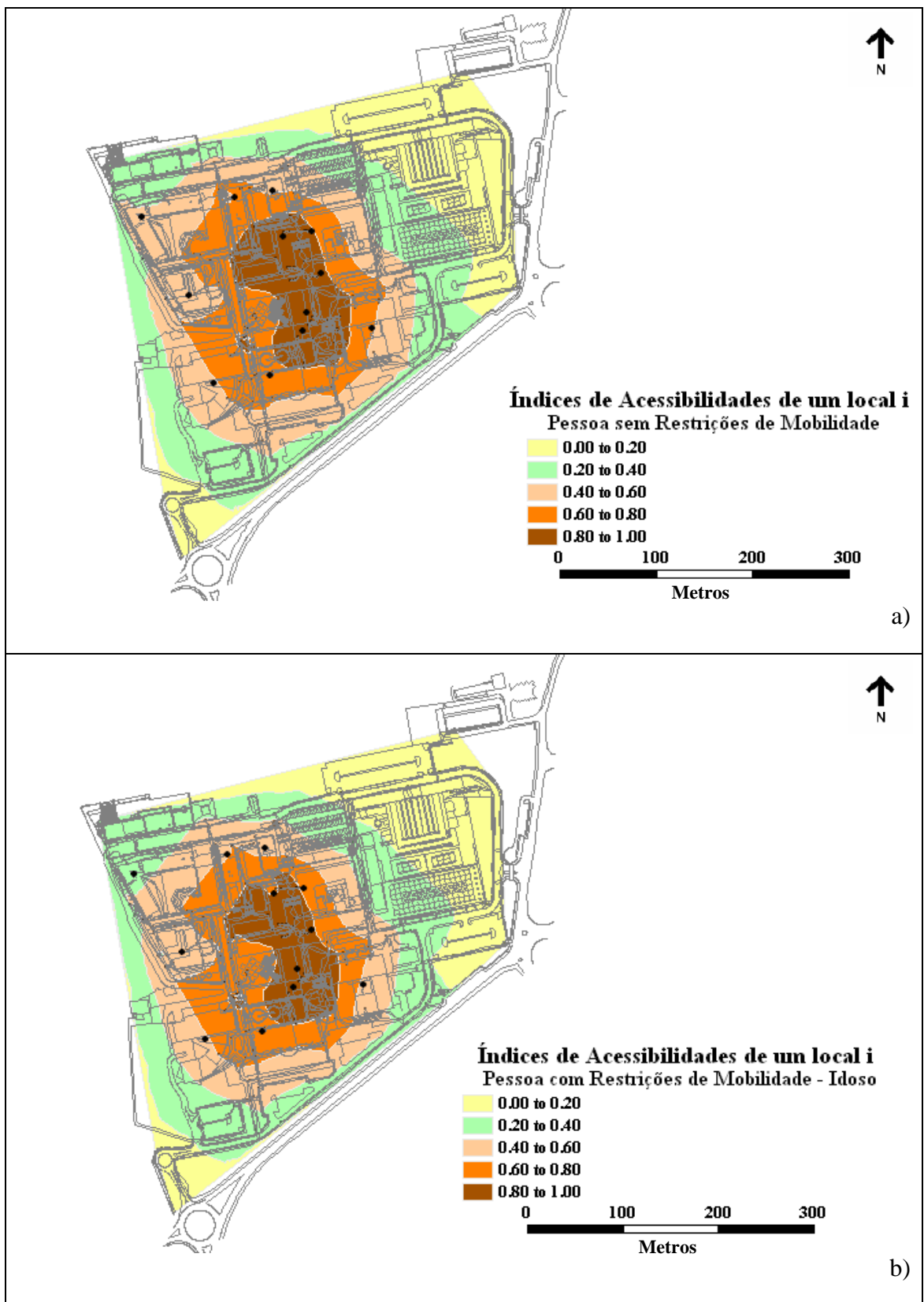


Figura 5.9: Campus de Gualtar - Níveis de acessibilidade aos destinos-chave do setor pedagógico para o grupo de usuários sem restrições de mobilidade (a) e para o grupo de usuários com restrições de mobilidade - idosos (b)

Os resultados da acessibilidade para o grupo de pessoas com deficiência visual (cegos) podem ser vistos nas Figuras 5.10a (São Carlos) e 5.11a (Gualtar). A área com o nível de acessibilidade mais elevado para esse grupo é ligeiramente menor que a obtida para os dois grupos de usuários anteriormente mencionados (Figuras 5.8 e 5.9). Este fato pode ser explicado devido aos tempos de percurso indicarem valores que superam a média dos tempos máximos atribuídos pelas pessoas com deficiência visual. Também, neste caso, foram adotadas impedâncias em rampas, escadas e travessias de ruas sem sinalização adequada para este grupo, que correspondeu a uma velocidade 20 % menor que em trechos horizontais de calçada.

Na análise do mapa de acessibilidade para o grupo de usuários com deficiência física – cadeirantes, Figuras 5.10b (São Carlos) e 5.11b (Gualtar), podem ser observadas reduções significativas do tamanho das zonas com nível de maior acessibilidade (0,80 a 1,00). Pôde ser verificado que esse nível mais alto ocorre nas áreas mais planas do entorno dos prédios do setor pedagógico. Para aplicação do modelo considerou-se que os cadeirantes não conseguem circular nos trechos em escada e em travessias de ruas com guias sem rebaixamento.

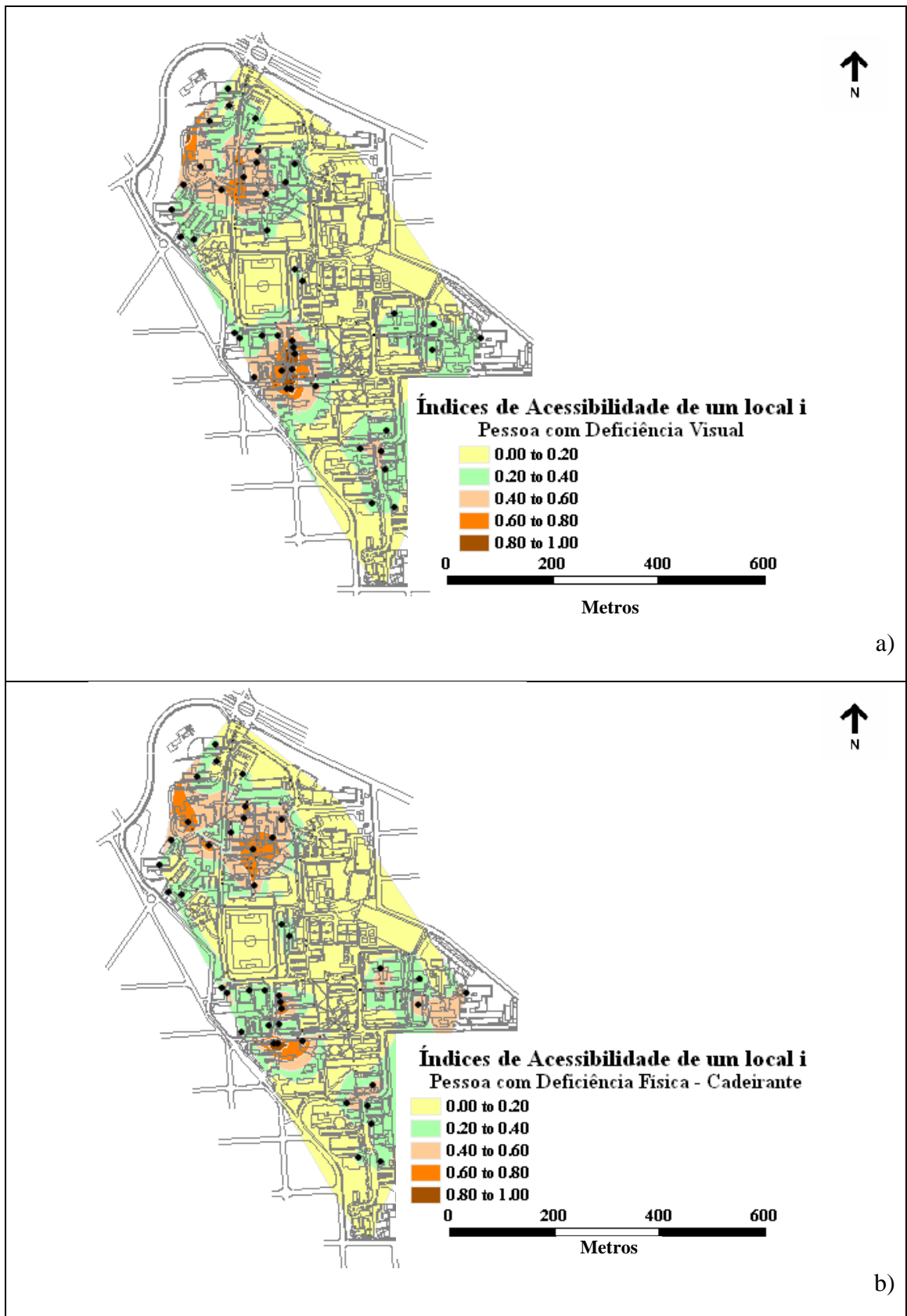


Figura 5.10: *Campus* de São Carlos - Níveis de acessibilidade para pessoas com deficiência visual (a) e para pessoas com deficiência física - cadeirantes (b)

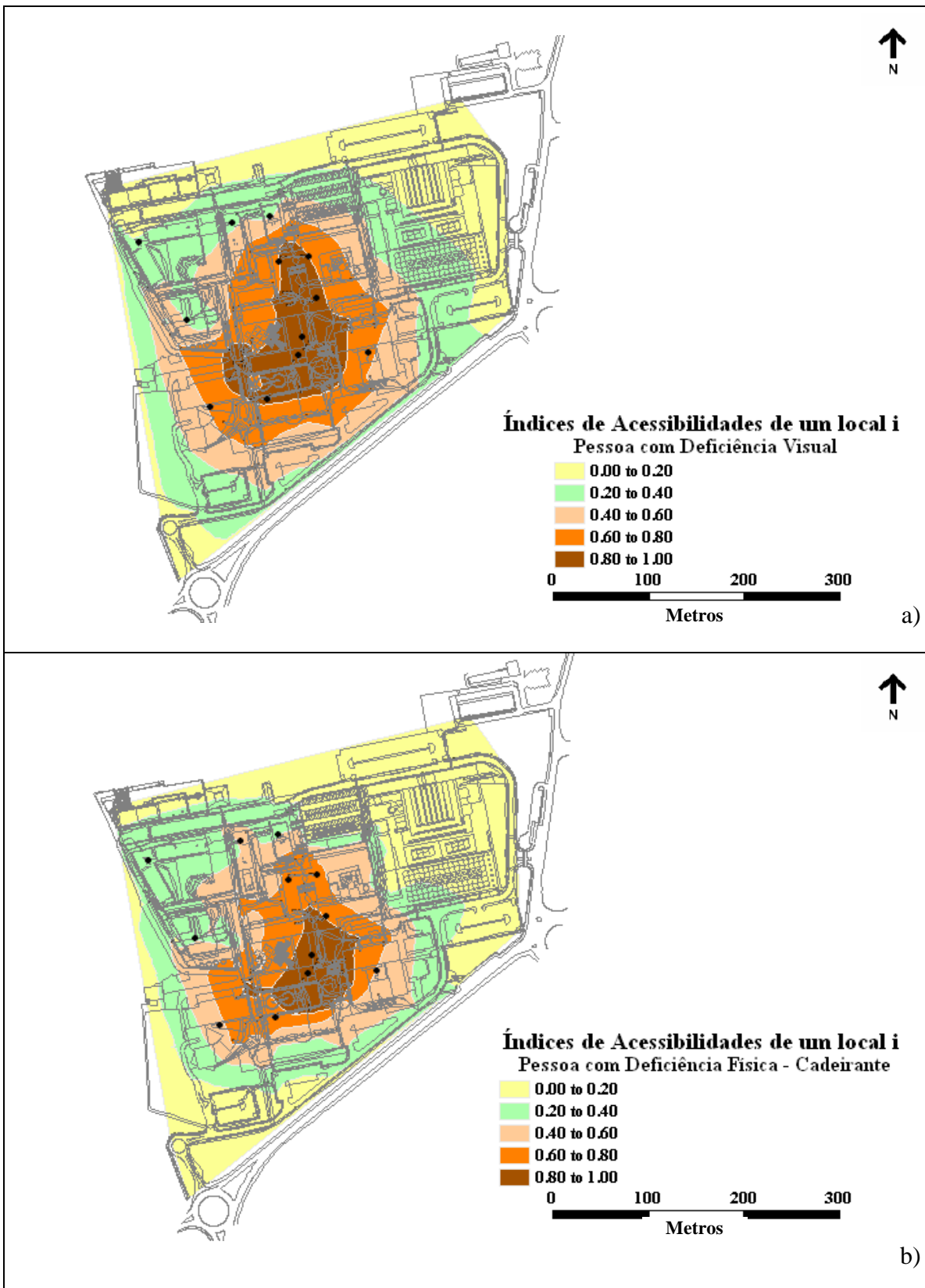


Figura 5.11: *Campus* de Gualtar - Níveis de acessibilidade para pessoas com deficiência visual (a) e para pessoas com deficiência física - cadeirantes (b)

De posse dos níveis de acessibilidade reais de cada grupo, sem normalização, foi possível determinar o índice de mobilidade potencial dos usuários com algum tipo de restrição em relação aos usuários sem restrições de mobilidade. Desta forma, o referido índice representa a porcentagem de mobilidade que o usuário com restrição apresenta em relação ao usuário sem restrição, considerando a acessibilidade do trecho para cada grupo.

Na Figura 5.12 são apresentados os mapas dessas relações (definidas neste trabalho como mobilidade potencial), no *campus* de São Carlos. Assim, são apresentados os mapas para os cadeirantes (Figura 5.12a), cegos (Figura 5.12b) e idosos (Figura 5.12c).

Para o *campus* de Gualtar, os mapas de mobilidade potencial são apresentados na Figura 5.13. Também para este *campus*, foram gerados mapas para os cadeirantes (Figura 5.13a), cegos (Figura 5.13b) e idosos (Figura 5.13c).

É oportuno comentar que o mapa de mobilidade potencial fornece uma porcentagem baseada na acessibilidade do usuário sem restrição de locomoção, e por isso se deve ter atenção ao interpretá-lo. Assim, caso as acessibilidades (A_i) de algum local analisado sejam iguais para os dois usuários (com e sem restrições de mobilidade) e sejam baixas, a mobilidade potencial fornecerá porcentagens altas para aquele local, não devendo ser confundido com locais de maior nível de acessibilidade. Desta forma, 100% de mobilidade potencial significa apenas que o usuário com restrição possui as mesmas condições de mobilidade de um usuário sem restrições de locomoção (Figuras 5.12c e 5.13c). Isto não implica necessariamente que se trata de uma boa mobilidade.

A partir da mobilidade potencial dos usuários com alguma restrição e da acessibilidade normalizada dos usuários sem restrição de locomoção (que são os adotados como referência), pode-se determinar a acessibilidade relativa dos usuários com restrições de mobilidade, de acordo com o modelo apresentado no Capítulo 4.

Nas Figuras 5.14 e 5.15 são apresentadas, respectivamente, as acessibilidades relativas para os usuários do *campus* de São Carlos e do *campus* de Gualtar, expressas na forma de níveis de serviço, conforme definido também no Capítulo 4 deste trabalho.

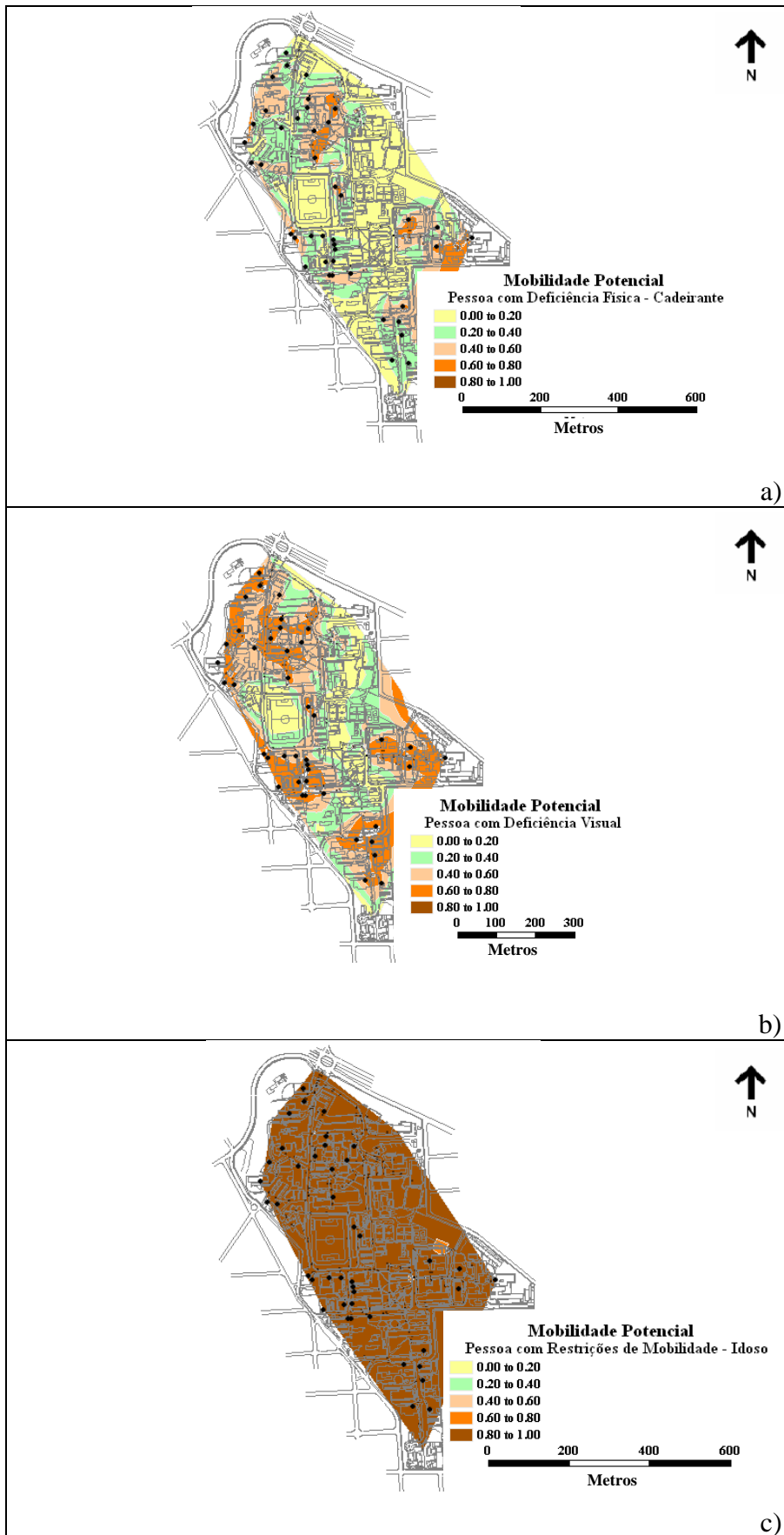


Figura 5.12: *Campus* de São Carlos – Mobilidade potencial para pessoas com deficiência física (a); pessoas com deficiência visual (b) e pessoas com restrições de mobilidade (c)



Figura 5.13: *Campus* de Gualtar – Mobilidade potencial para pessoas com deficiência física (a); pessoas com deficiência visual (b) e pessoas com restrições de mobilidade (c)

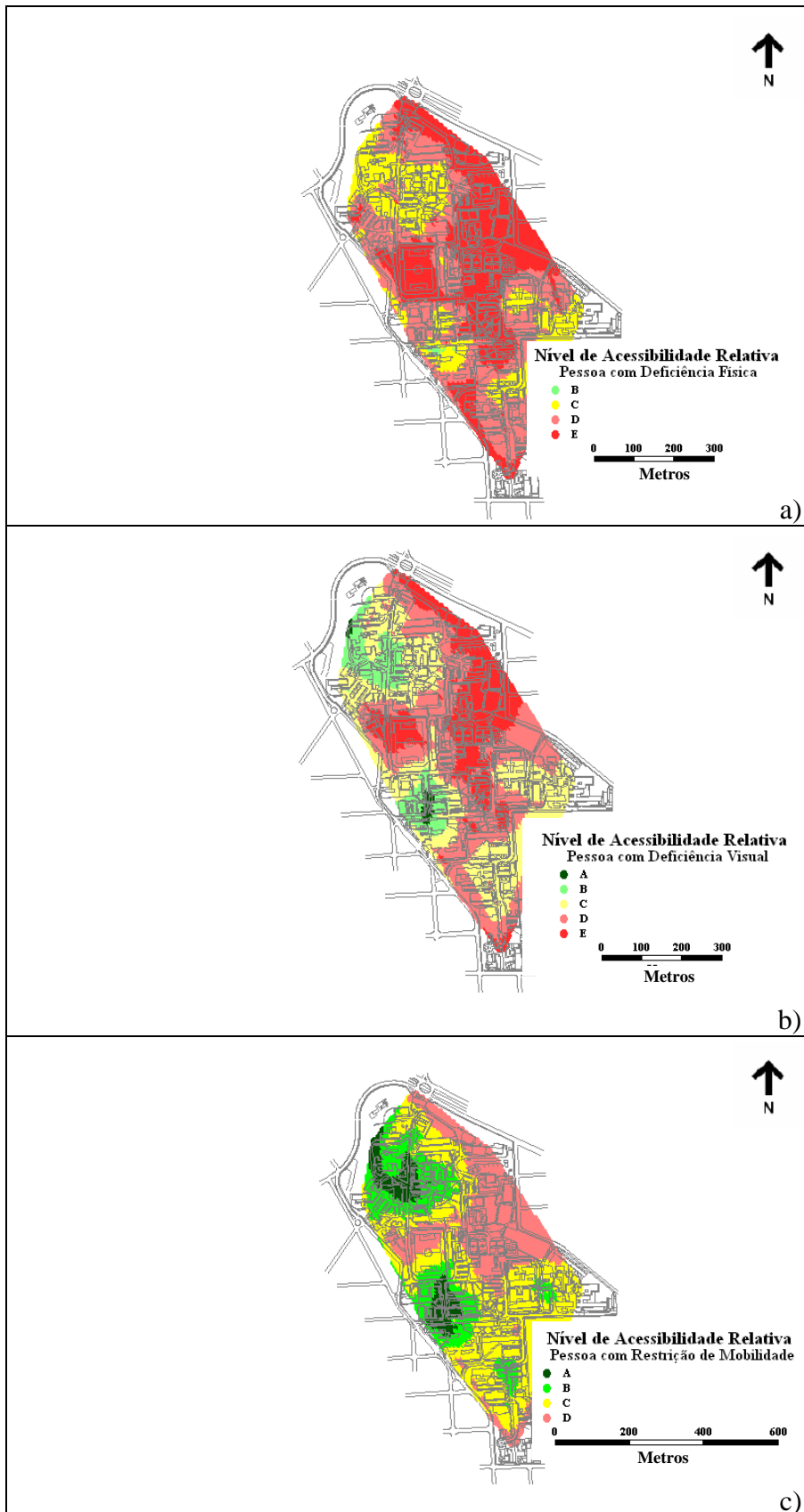


Figura 5.14: *Campus* de São Carlos – Acessibilidade relativa para pessoas com deficiência física (a); pessoas com deficiência visual (b) e pessoas com restrições de mobilidade (c)

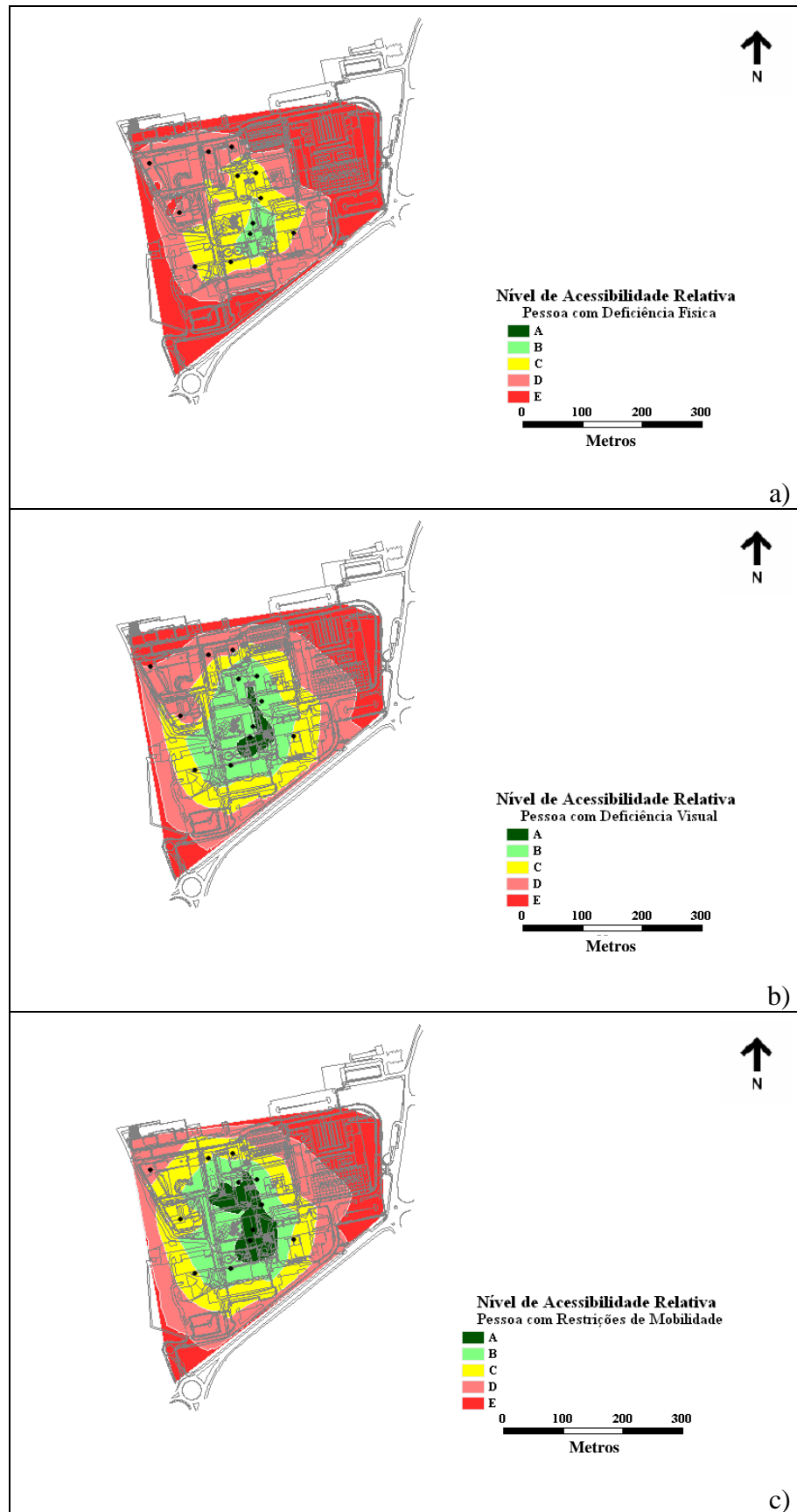


Figura 5.15: *Campus* de Gualtar – Acessibilidade relativa para pessoas com deficiência física (a); pessoas com deficiência visual (b) e pessoas com restrições de mobilidade (c)

Com relação às pessoas com deficiência física – cadeirantes, tanto no *campus* de São Carlos (Figura 5.14a) quanto no *campus* de Gualtar, os mapas não apresentaram nível de acessibilidade relativa “A”. Foi observado que a maior parte das áreas de ambos os *campi* possui níveis “D” e “E”, o que denota a necessidade de intervenções para melhoria da acessibilidade desse grupo de usuários.

No *campus* de São Carlos, para os usuários com deficiência visual – cegos (Figura 5.14b), pode ser verificada uma melhora na acessibilidade relativa, sendo observadas áreas com níveis “A” e “B”, embora ainda haja predominância dos níveis “D” e “E”. Para o caso das pessoas com restrições de mobilidade - idosos (Figura 5.14c), o *campus* de São Carlos não apresentou áreas com nível “E” de acessibilidade relativa, sendo observada uma predominância dos níveis “B” e “C”.

No *campus* de Gualtar, tanto para os usuários com deficiência visual (cegos) quanto para os com restrição de mobilidade (idosos), respectivamente Figuras 5.15b e 5.15c, foi verificada quase que a mesma configuração para os mapas de níveis de acessibilidade relativa. Para estes dois casos os níveis “A” e “B” representam a área central do *campus*, e os níveis “D” e “E”, a parte periférica. Assim, pode ser observada a necessidade de melhoria nos acessos ao *campus*, com o intuito de integrar a parte central à periférica.

Outro mapa ainda pode ser elaborado para verificar situações combinadas. Na Figura 5.16 é mostrado o mapa de acessibilidade relativa combinada para os usuários com deficiência física (cadeirantes) e com deficiência visual (cegos), os quais apresentaram resultados menos satisfatórios no *campus* de São Carlos. Desta forma foi possível identificar as áreas com os melhores e piores resultados para esses dois grupos de usuários de forma simultânea.

Como os usuários analisados apresentam características distintas, não se conseguiu gerar uma combinação simplificada de níveis de serviço, sendo então geradas 15 combinações. Para as combinações onde pelo menos um dos usuários apresentava nível de serviço “D” ou “E”, optou-se por representar a área no mesmo nível de escala (representado na cor vermelha). Assim, verifica-se que a maior parte do *campus* de São Carlos necessita de intervenções para a melhoria da acessibilidade desses grupos de usuários. Nesta análise combinada é possível identificar qual grupo apresenta a pior situação, pois os níveis foram conservados e apresentados par a par. Esta foi uma forma de visualização que garantiu uma combinação sem a ponderação entre os dois usuários.

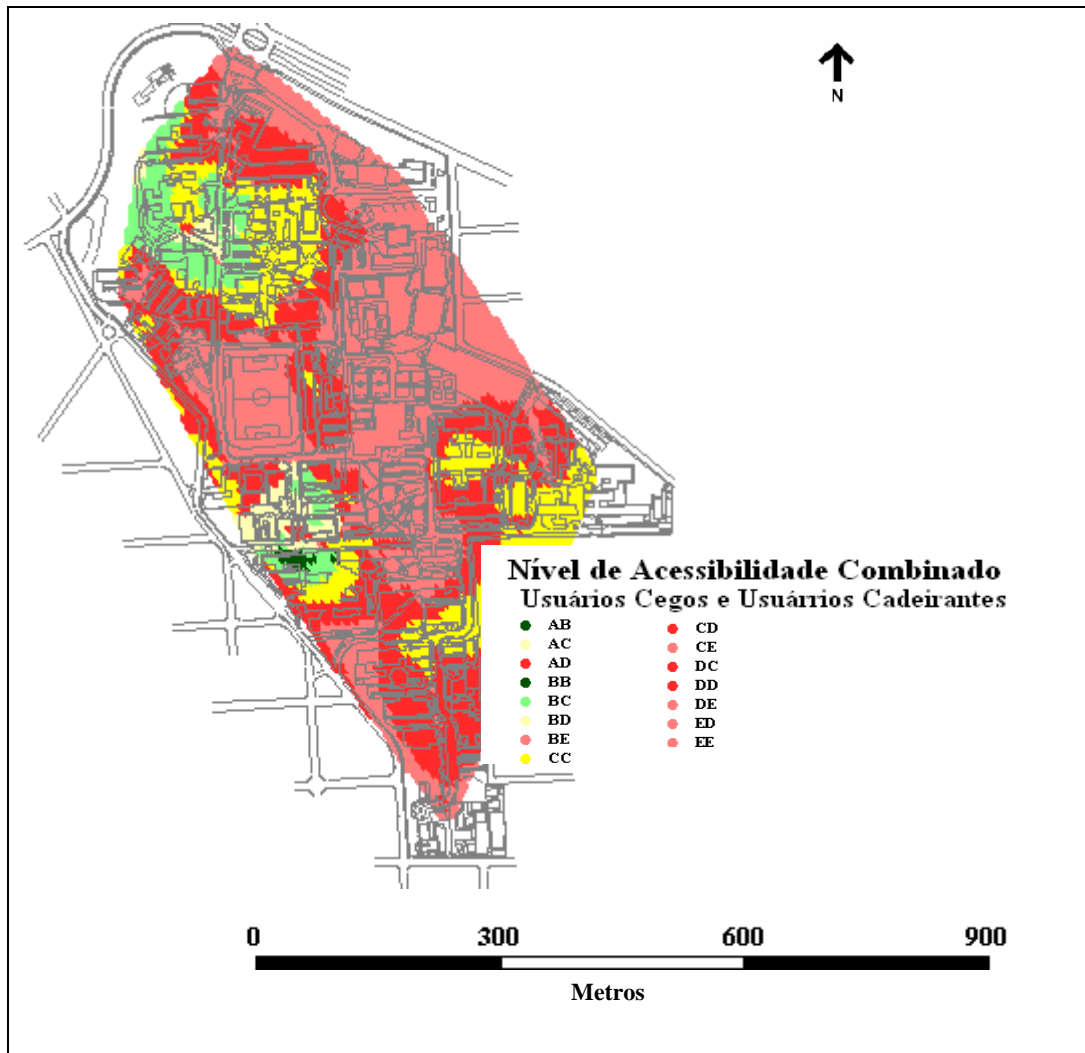


Figura 5.16: *Campus* de São Carlos – Níveis combinados de acessibilidade relativa para pessoas com deficiência física e pessoas com deficiência visual

Todos os mapas também podem ser apresentados de forma a ilustrar apenas as vias analisadas, o que facilita a visualização para estudos de intervenções localizadas. Entretanto, as representações anteriores são também recomendadas para a verificação dos níveis em determinada área de forma geral (níveis apresentados por regiões e não somente por vias). Um exemplo da representação de vias é mostrado na Figura 5.17, que foi gerada a partir dos resultados combinados.

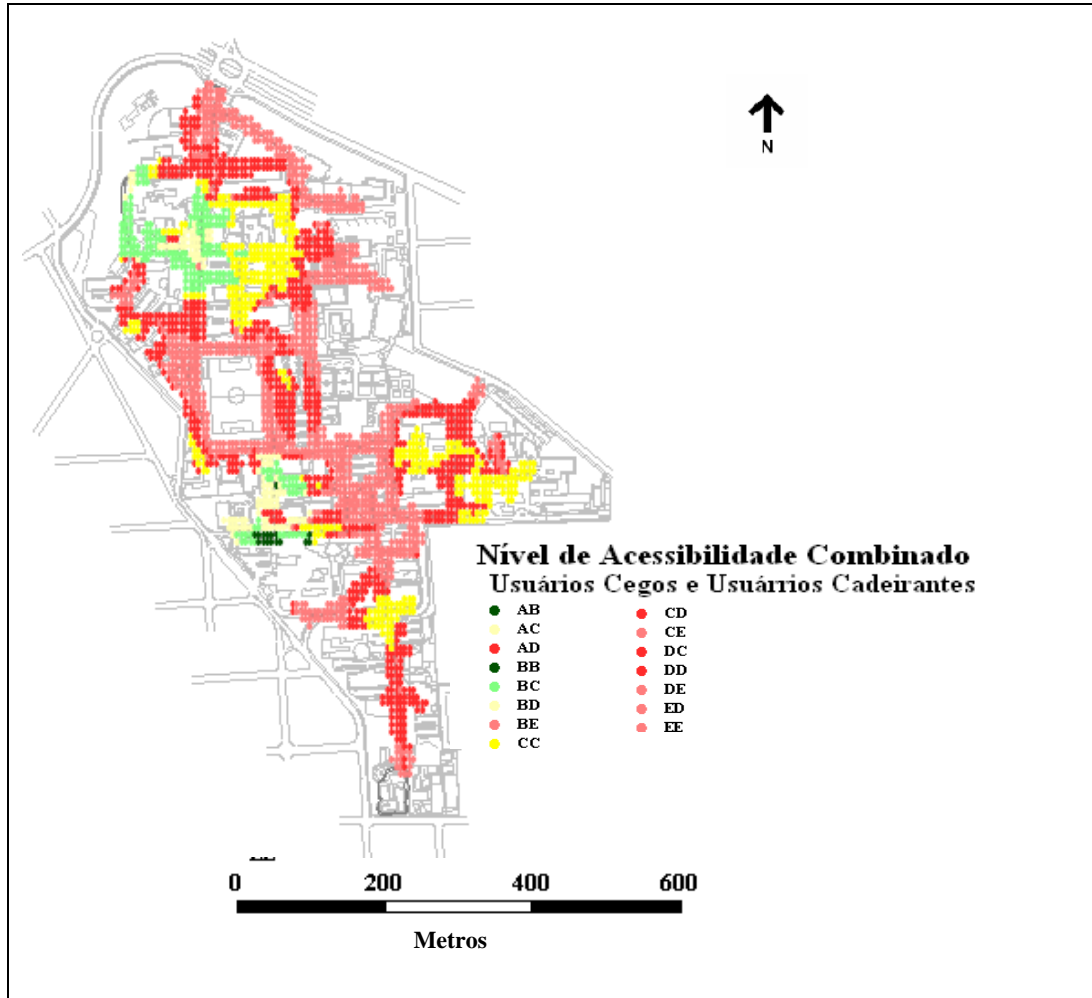


Figura 5.17: *Campus* de São Carlos – Níveis combinados de acessibilidade relativa das vias de circulação de pedestres para pessoas com deficiência física e pessoas com deficiência visual

Com base na apresentação e análise dos resultados, é possível observar que a aplicação do modelo permite que as deficiências e/ou ineficiências dos espaços de circulação urbana destinados ao pedestre sejam apresentadas de acordo com o grau de especificidade dos dados coletados (critérios adotados). O modelo pode servir de apoio à decisão para planejadores e administradores urbanos.

Capítulo **VALIDAÇÃO DO MODELO 6**

Este capítulo apresenta o procedimento adotado para análise do modelo proposto de avaliação da acessibilidade relativa dos espaços urbanos que considera as condições de mobilidade potencial de pedestres. Para tanto, são descritos os processos de validação utilizados e os resultados obtidos.

6.1 Considerações sobre o Modelo Proposto para Validação

Uma vez estruturado o modelo de avaliação das condições de mobilidade potencial de pedestres quanto à acessibilidade relativa dos espaços (Capítulo 4), as etapas seguintes consistiram em duas aplicações do modelo para obtenção de resultados (Capítulo 5) e, finalmente, na sua análise para validação ou refutação.

Segundo Morrow *et al.* (2005) a validade de um conteúdo é a evidência da veracidade de um teste, baseada na decisão lógica dos procedimentos e de sua execução. Com base nesta visão, a opinião de comissões julgadoras formadas por pessoas envolvidas na área em questão (avaliadores), pode ser utilizada no processo de validação. Assim, o processo de validação, segundo Hellinga (1998) pode determinar se o modelo calibrado representa corretamente o sistema real.

O processo de análise de validação do modelo foi realizado em duas partes. Este procedimento permitiu uma análise mais rigorosa, no que diz respeito a fatores estáticos e dinâmicos que possam influenciar o modelo. Em ambas as partes desta etapa, alguns grupos de pessoas capazes de participar do processo de validação, como avaliadores, foram selecionados.

A primeira parte do processo de análise de validação diz respeito ao aspecto estático do modelo de avaliação multicritério de acessibilidade a um determinado espaço urbano.

Assim, foi proposta a realização de uma “*avaliação direta*” por meio da aplicação de um questionário simplificado que verificou os principais aspectos abordados no modelo proposto. Esta avaliação direta teve como objetivo principal fornecer dados que pudessem legitimar ou refutar o modelo descrito no Capítulo 4 e aplicado no Capítulo 5.

A análise do processo de validação foi possível a partir da verificação do nível de consistência entre os resultados obtidos na aplicação do modelo (Capítulo 5) e a avaliação direta.

De acordo com Kiss (1987), a objetividade de um instrumento de medida se relaciona ao grau de consistência dos resultados. Para verificar a consistência do procedimento adotado nos estudos de caso tanto no *campus* de São Carlos quanto no *campus* de Gualtar, foi realizada uma análise de correlação (R) entre os resultados do modelo de avaliação multicritério adotado e os resultados da avaliação direta. No caso da avaliação direta, os resultados foram obtidos por três diferentes formas de ordenamento de critérios.

O grau de consistência utilizado como condição preestabelecida para validar e legitimar o modelo de avaliação multicritério, quando comparado aos resultados da avaliação direta, compreendeu valores de $R = 0,75$ a $1,00$. Segundo Costa (2005) estes valores são definidos estatisticamente dentro dos níveis de correlação forte a perfeita. Valores de $R = 0,50$ a $0,75$ correspondem a uma faixa de correlação média a forte.

Esta parte do processo de análise de validação também pode fornecer subsídios que permitam aprimorar o processo de cálculo dos indicadores ou critérios utilizados ou, ainda, pode permitir a identificação de eventuais discrepâncias provenientes dos resultados obtidos entre a aplicação do modelo adotado e a avaliação direta.

A segunda parte do processo de análise de validação diz respeito ao aspecto dinâmico do modelo proposto de avaliação da acessibilidade relativa que envolve as condições de mobilidade potencial dos usuários de um determinado espaço urbano.

Assim, além de se realizar a avaliação por meio do questionário direto, foi proposta outra forma de avaliação subjetiva. Para tanto, foi adotada uma abordagem que utilizasse o conceito de mapa emocional dos percursos.

A avaliação subjetiva sugerida teve como objetivo principal fornecer parâmetros complementares que também pudessem legitimar ou refutar o modelo em itens que não puderam ser contemplados na avaliação direta (referente à parte estática). Portanto, a metodologia adotada sugere estabelecer mais respostas para a seguinte questão: “*como as pessoas se sentem nos percursos urbanos?*”

Com base no trabalho de Zeile *et al.* (2009), foi possível utilizar uma forma de mensurar estes dados subjetivos para tentar traçar uma correlação entre os resultados obtidos desta avaliação e os resultados do modelo proposto realizado no estudo de caso. Esta proposta complementar de validação do modelo sugere uma discussão enriquecedora sobre a forma de coleta de dados, já que foi utilizado um aparelho (ainda protótipo) desenvolvido na Alemanha pelo pesquisador *Dr. Georgios Papastefanou*, o qual mede dados vitais geo-referenciados através de sensores e de um GPS.

O aparelho utilizado, denominado *smartband* (<http://www.bodymonitor.de>), foi projetado em forma de “bracelete”, o qual mede principalmente a resistência e a temperatura da pele. Segundo Zeile *et al.* (2009) a resistência da pele, que é influenciada pela atividade glandular em função da regulação térmica do organismo em situações emocionais, pode ser parâmetro de medidas subjetivas. Os dados adquiridos podem levar a um método de identificação de impulsos emocionais quando submetidos a um ambiente urbano (por exemplo, bem-estar, tensão ou relaxamento ao realizar uma caminhada).

Ainda segundo Zeile *et al.* (2009), os dados obtidos sugerem um método que identifique áreas positivas e negativas em uma cidade. Portanto, nesta etapa do presente trabalho o uso desse método foi direcionado para se obter tais respostas em um determinado percurso de caminhada. Estas respostas (áreas positivas e negativas dentro do percurso) podem indicar a carga de acessibilidade dos espaços e elas são obtidas através dos dados de excitação do estado emocional (estresse) das pessoas que utilizam o aparelho.

É importante salientar que o modelo proposto nesta etapa do trabalho foi considerado complementar por dois principais motivos:

1) este modelo de avaliação utiliza uma ferramenta ainda em fase de ajustes (protótipo). Assim sua aplicação deve ser expandida e seus resultados necessitam ser mais analisados para que seja constatada sua eficácia na área de avaliação trabalhada.

2) o modelo proposto avalia apenas as reações subjetivas dos usuários em relação ao espaço físico do percurso. Neste procedimento, não é analisada a questão dos pesos que os usuários atribuem aos destinos. Isto significa que apenas uma parte da avaliação multicritério utilizada na fase de estudo de caso pôde ser colocada em análise de validação.

6.2 Processo de Validação do Modelo – Parte 1

Para realizar a avaliação direta foi necessário determinar o grupo de avaliadores envolvidos, o tamanho da amostra de avaliadores, o formato do questionário de avaliação direta a ser adotado e a estratégia de análise dos resultados desta avaliação. Todos estes itens são descritos a seguir.

6.2.1 Determinação do Grupo de Avaliadores

Dois pontos foram determinantes para a escolha do grupo de avaliadores que participou desta etapa. A seguir estes pontos são comentados:

1) A etapa anterior (aplicação do modelo – Capítulo 5) foi realizada em dois *campi* universitários - *campus* de São Carlos/USP e *campus* de Gualtar/UM. De acordo com o modelo adotado de avaliação multicritério, naquela etapa foram considerados não somente a capacidade de locomoção dos indivíduos e a performance do espaço, como ainda o objetivo da viagem, conforme o esquema ilustrado na Figura 4.1.

Na fase de elaboração da etapa de validação do modelo, tais variáveis também tiveram que ser consideradas para que a avaliação direta pudesse contemplar todos os possíveis quesitos a serem validados.

Assim, os dois *campi* foram considerados para a etapa de validação. Além disso, a determinação do grupo convidado a participar da avaliação direta foi feita partindo-se

do princípio que os usuários dos *campi* são as pessoas mais indicadas para avaliarem a acessibilidade dos espaços de circulação que afetem suas próprias condições de mobilidade. Esta linha de raciocínio se deve à seguinte justificativa: se fossem convidadas pessoas de fora do *campus* para avaliar estes espaços - tais como especialistas no assunto ou mesmo, pedestres com características semelhantes às características utilizadas na estruturação e na aplicação do modelo - elas não seriam aptas a validar a pesquisa plenamente, pois não considerariam o peso quanto à importância relativa de utilização dos destinos-chave envolvidos. Assim, a etapa de validação proposta foi definida a partir da consulta a um determinado número de usuários cativos destes dois sítios para posterior comparação dos resultados.

2) Em ambos os *campi*, a população de maior representatividade é composta pelo grupo de usuários sem deficiência ou restrições de mobilidade. Deste modo, foi necessário considerar esta situação para a escolha do grupo de indivíduos que deveria fazer parte da avaliação direta. Convém ressaltar, conforme consta no Capítulo 2, que os aspectos referentes ao espaço não podem ou não devem ser compreendidos a partir de referenciais de pessoas que não apresentam dificuldade em sua locomoção (Duarte e Cohen, 2004).

Portanto, a proposta de validação descrita nesta etapa, que adotou a avaliação apenas dos usuários sem restrições de mobilidade, não pretende ir de encontro à linha de pensamento das autoras acima citadas. O procedimento utilizado para a escolha desse grupo na avaliação direta foi determinado partindo-se do princípio que estes usuários, no papel de avaliadores, têm a competência de julgar apenas a mobilidade referente às suas próprias capacidades de locomoção. Assim, os resultados da avaliação direta podem ser comparados com os resultados da avaliação multicritério apenas quanto a um determinado grupo de usuários: os sem restrições de mobilidade.

A análise desta comparação, ainda que somente para o grupo de usuários considerado, pode então definir se o modelo proposto de avaliação multicritério será validado ou refutado. A resposta obtida para este grupo pode, no entanto, pelo menos em tese, ser estendida para os outros grupos de usuários em consequência de o processo de aplicação do modelo ser o mesmo para todos os grupos envolvidos. O que diferencia cada um é a possibilidade de uso de critérios com valores diferentes de acordo com as características específicas levantadas a respeito das limitações quanto à locomoção desses grupos.

Em resumo, o grupo de avaliadores definido para a realização desta etapa foi composto, em sua totalidade, por usuários dos dois *campi*, pertencentes ao grupo sem restrições de mobilidade - dentre alunos, funcionários e docentes (Figura 6.1). Essa avaliação direta permitiu a verificação da opinião individual dos avaliadores convidados sobre as suas condições de mobilidade quanto à acessibilidade de alguns locais pré-determinados.

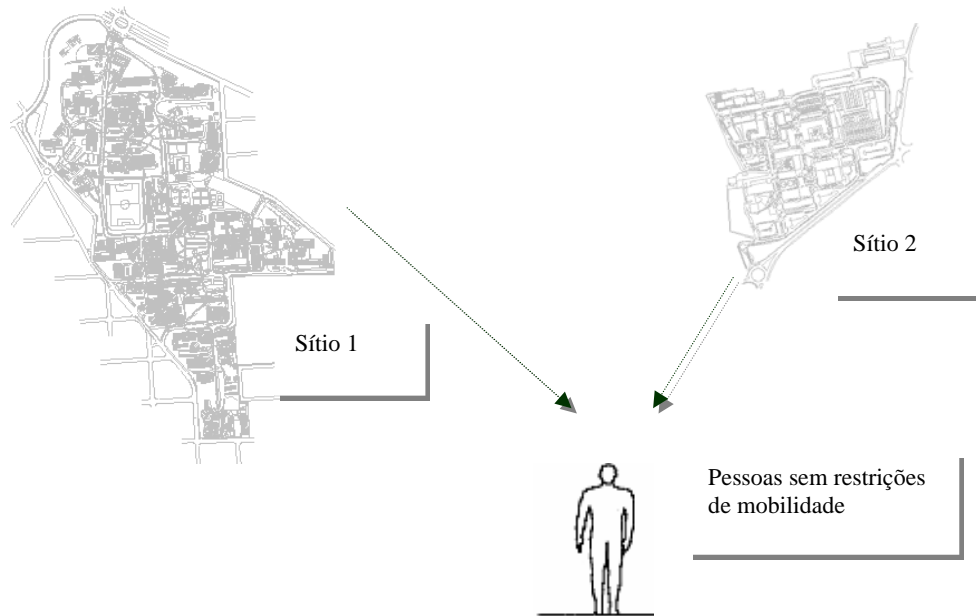


Figura 6.1: Esquema simplificado para o processo de validação pelo método direto – lugares e pessoas envolvidas

6.2.2 Determinação do Tamanho da Amostra

A determinação do tamanho da amostra de avaliadores foi realizada utilizando-se o cálculo para populações finitas. O tamanho da amostra (N) foi obtido pela Equação 6.1.

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2(N-1) + Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q} \quad (6.1)$$

Em que

- n : tamanho da amostra (número de indivíduos);
- N : tamanho da população;
- p : 0,5 (proporção da população com determinada característica);
- q : $1 - p$ (proporção populacional de indivíduos que não pertence à determinada característica);

$Z_{\alpha/2}$: 1,96 (valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado);
 e : 5% (erro máximo de estimativa: corresponde à diferença máxima tolerada entre a proporção amostral e a proporção populacional).

Foram utilizadas as proporções de frequentadores de cada uma das unidades (Escolas/Institutos) que compõem os *campi* para constituir a amostra. Desta forma, cada unidade teve seu tamanho amostral calculado pela seguinte expressão (Equação 6.2):

$$n_i = \frac{n}{N} N_i \quad (6.2)$$

Em que n_i : tamanho amostral da unidade i ;
 N_i : tamanho populacional da unidade i .

6.2.3 Determinação do Questionário de Avaliação Direta

Para realizar a avaliação direta de forma a obter resultados que pudessem ser confrontados com os resultados obtidos anteriormente foi necessário elaborar um questionário objetivo e simplificado, direcionado para cada *campus* em questão.

Assim, a forma adotada para o questionário direto foi baseada no mapa de cada *campus* contendo locais determinados para que os respondentes pudessem pontuá-los. Foram definidos nove locais em ambos os *campi* e os respondentes (usuários de cada *campus*) puderam classificar (ordenar em uma escala de prioridades) estes locais de acordo com a sua importância (frequência de uso) e o nível de acessibilidade do seu entorno.

Basicamente, além de questões para a caracterização do respondente, foi elaborada uma única questão pertinente ao ponto de vista do usuário do *campus* quanto às suas condições de mobilidade e acessibilidade dentro do espaço avaliado, contendo o seguinte:

Imagine que você está em cada um dos pontos assinalados no mapa ao lado e pretende identificar quais desses pontos estão mais próximos (em termos de tempo) dos seus destinos principais (locais que mais frequenta no campus).

Assim, ordene os 9 pontos assinalados no mapa, atribuindo a classificação de 1 (ao de maior acessibilidade aos seus destinos principais) até

9 (ao de menor acessibilidade). Considere na análise a sua facilidade de deslocamento e a importância dos destinos mais próximos.

A determinação dos nove locais dentro de cada *campus* foi definida a partir dos resultados da avaliação multicritério aplicada nos estudos de caso (sendo utilizados os resultados do grupo de pessoas sem restrições de mobilidade). Cada um desses nove locais refere-se a uma pontuação recebida naquela avaliação (multicritério). Entretanto, os respondentes do questionário direto (para a validação) não tiveram conhecimento desta pontuação.

O número limitado de pontos no mapa (apenas nove locais no *campus*) se deu pela escolha de utilização do Método de Ordenação (*Rank Order*) ou Ordenamento de Critérios. Este método foi utilizado porque, de acordo com Guilford (1954) *apud* Fontana (2005), é um dos mais utilizados devido à sua simplicidade de aplicação. Tem como característica principal a produção de uma escala ordinal com a atribuição de valores. Os pontos em questão são julgados tendo como referência um ao outro. Assim, a ordenação de valores para a avaliação delimitada entre 1 e 9, possibilitou este julgamento de forma simplificada.

Na escala de classificação adotada na avaliação direta, o local identificado pelo respondente como o de maior acessibilidade (ou de maior facilidade de deslocamento) aos destinos que ele considera mais importantes (que mais frequenta), recebeu pontuação igual a 1. Por outro lado, o local que ele considera o de menor acessibilidade aos destinos que mais frequenta ou, ainda, o local que tem acessibilidade aos destinos que o respondente considera os de menor importância, recebeu pontuação 9.

Com o objetivo de garantir a qualidade dos dados coletados, foram cuidadosamente avaliadas as decisões operacionais, tais como a utilização de questionários e a forma de aplicação dos mesmos. Assim, duas formas de aplicação do questionário de avaliação direta foram adotadas neste trabalho.

Para o *campus* de São Carlos/USP foi proposta a forma de questionário impresso preenchido pelo próprio usuário e aplicado dentro da área do *campus*, mediante a presença do pesquisador. A vantagem desta forma de aplicação é a de possibilitar o esclarecimento de dúvidas devido ao contato face a face.

Para o *campus* de Gualtar/UM foi proposta a aplicação de questionários por meio da *Internet*. Para a realização desta pesquisa foi disponibilizada uma página virtual

em que foram coletadas as informações requeridas. A grande vantagem da utilização desse meio é o fato de que as informações podem ser cadastradas diretamente em um banco de dados (facilidade de tabulação).

6.2.4 Determinação da Estratégia de Análise dos Resultados

Os resultados obtidos na aplicação dos questionários necessitam de uma metodologia de análise que possa transformar os valores coletados em valores de referência.

Assim, após a compilação dos dados de ordenação dos pontos mapeados de acordo com a importância atribuída pelos usuários do *campus*, foram adotados pesos levando-se em consideração tal ordenação.

Os pesos podem ser gerados por vários processos, dentre os quais podem ser destacados dois métodos citados por Malczewski (1999): o *rank sum* e o *rank reciprocal*. No *rank sum* é utilizada a ordem real no *ranking*, sendo o vetor peso dado pela expressão que segue (Equação 6.3):

$$w_j = \frac{n - r_j + 1}{\sum_k (n - r_k + 1)} \quad (6.3)$$

Em que w_j : Peso normalizado do critério j ;
 r_j : Posição no *ranking* do critério j ;
 n : Número de critérios.

Ainda de acordo com Malczewski (1999) a Equação (6.3) pode ser reescrita se o numerador e o denominador forem elevados ao quadrado, tomando a seguinte forma (Equação 6.4):

$$w_j = \frac{(n - r_j + 1)^2}{\sum_k (n - r_k + 1)^2} \quad (6.4)$$

O *rank reciprocal* utiliza o inverso da ordem, sendo os pesos calculados pela expressão que segue (Equação 6.5):

$$w_j = \frac{1/r_j}{\sum_k (1/r_k)} \quad (6.5)$$

No caso específico da avaliação direta, os três métodos de determinação dos pesos foram utilizados. Na Figura 6.2 é mostrada a forma gráfica de distribuição dos pesos, de acordo com a ordenação escolhida, para cada método adotado.

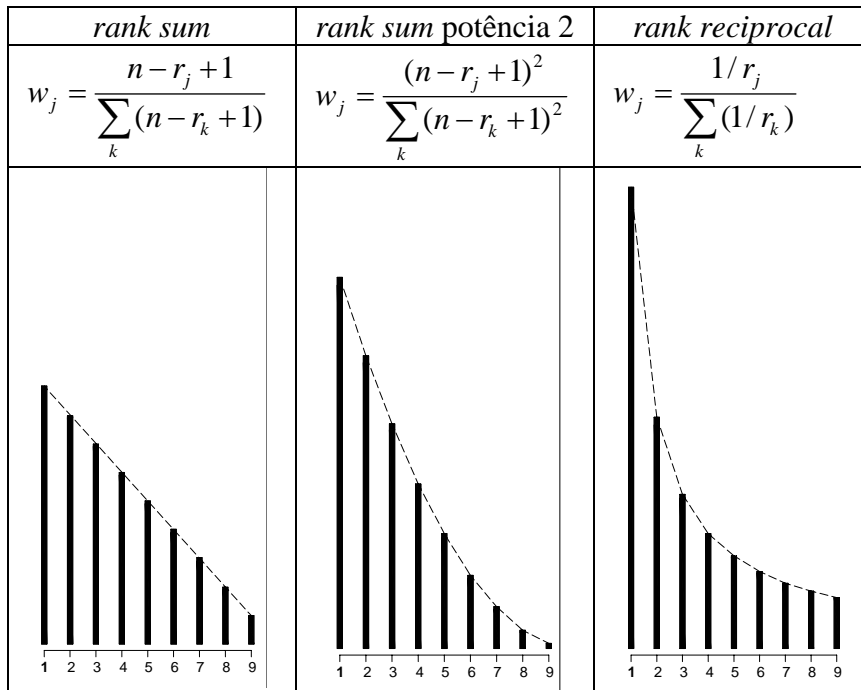


Figura 6.2: Métodos de atribuição de pesos por ordenação - comparação entre funções

6.3 Aplicação de Testes de Validação do Modelo – Parte 1

Uma vez determinado o grupo de avaliadores, a validação do modelo proposto foi realizada, para cada *campus*, através do seguinte procedimento: i) cálculo da amostra populacional; ii) elaboração do questionário de avaliação direta; iii) aplicação do questionário junto aos participantes da avaliação; iv) compilação dos resultados; e, v) comparação dos resultados da avaliação direta com a avaliação multicritério adotada. Cada parte desse procedimento de validação é descrito a seguir.

6.3.1 *Campus* de São Carlos/USP

Para a validação do modelo multicritério no *campus* de São Carlos/USP foi realizada a avaliação direta conforme os itens abaixo.

6.3.1.1 Cálculo da amostra – campus de São Carlos

O *campus* de São Carlos/USP possui uma população de cerca de 8.000 usuários, distribuída entre alunos, docentes e funcionários (Tabela 6.1).

Tabela 6.1: Distribuição de usuários do *campus* de São Carlos/USP por função

| Especificação | Total |
|---------------|-------|
| Alunos | 6522 |
| Professores | 481 |
| Funcionários | 1020 |

Fonte: www.saocarlos.usp.br/index.php?option=com_content&task=view&id=61&Itemid=87

Esse valor total considera as quatro unidades da Universidade de São Paulo em São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Instituto de Ciências Matemáticas e Computação (ICMC), Instituto de Física de São Carlos (IFSC) e Instituto de Química de São Carlos (IQSC). Na Tabela 6.2 é mostrada a distribuição dessa população por unidade.

Tabela 6.2: Distribuição da população total do *campus* de São Carlos em 2008 por unidade

| | EESC | ICMC | IFSC | IQSC | Total |
|------------------|------|------|------|------|-------|
| <i>População</i> | 4389 | 1693 | 1138 | 793 | 8013 |

Fonte: Dados disponibilizados pela Coordenadoria do *Campus* de São Carlos/USP (CCSC)

Para o caso do *campus* de São Carlos/USP foram obtidos, utilizando-se as Equações 6.1 e 6.2, os valores da amostra total ($n = 367$), e da amostra por unidade (n_i) respectivamente, mostrados na Tabela 6.3.

Tabela 6.3: Valores de n e n_i calculados por unidade para o *campus* de São Carlos/USP

| | EESC | ICMC | IFSC | IQSC | Total (n) |
|--------------------------|------|------|------|------|-----------|
| <i>Amostra calculada</i> | 201 | 77 | 52 | 36 | 367 |

6.3.1.2 Elaboração do questionário para avaliação direta no campus de São Carlos

Na fase de aplicação do modelo (Capítulo 5) foram obtidos valores de acessibilidade para cada local dentro do *campus* que variaram entre $A_i = 0$ e $A_i = 0,17$

(valores mínimo e máximo, respectivamente) para o grupo de pessoas sem restrições de mobilidade. Estes valores foram normalizados (entre 0 e 1) e apresentados em um mapa dentro de cinco faixas (Figura 5.8a).

A faixa de pontuação (0,00 a 0,17) obtida naquela fase serviu como referência para a construção do questionário a ser aplicado na avaliação direta. Assim, foram eleitos nove locais com pontuação dentro dessa escala de 0,00 e 0,17. A escolha destes nove locais foi dada pela distribuição da pontuação de forma a assegurar uma escala gradual sem repetição de valores (Figura 6.3) e pela distribuição espacial mais homogênea possível dentro do *campus*, (Figura 6.4).

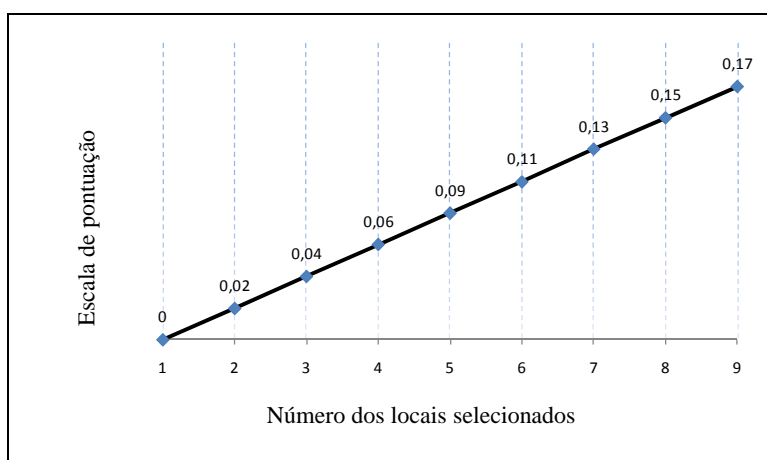


Figura 6.3: *Campus* de São Carlos - Intervalo homogêneo de distribuição da pontuação obtida na avaliação multicritério

Ainda na Figura 6.4 também são mostrados como os locais estão identificados com seus respectivos IDs (número de identificação dos pontos) e valores de acessibilidade (A_i) obtidos na avaliação multicritério.

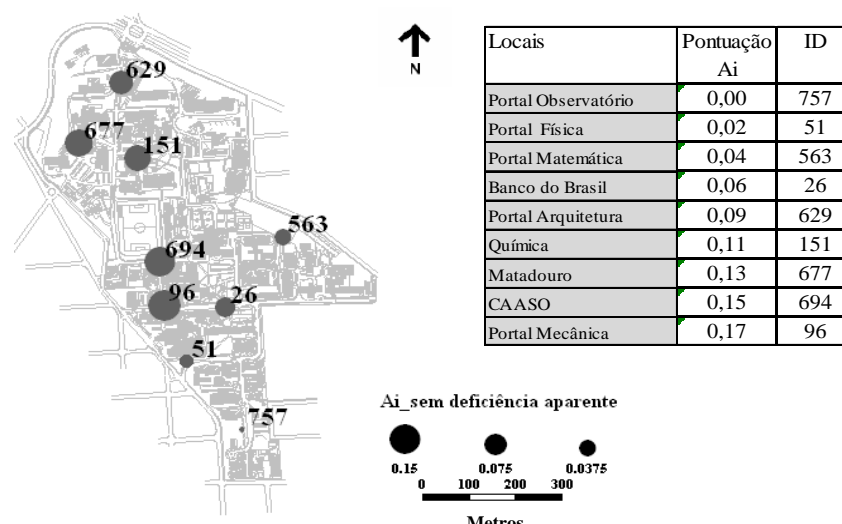


Figura 6.4: Distribuição espacial dos pontos no *campus* de São Carlos e suas respectivas acessibilidades obtidas a partir da avaliação multicritério realizada na fase de aplicação do modelo

A interpretação dos valores obtidos na avaliação multicritério para estes 9 locais selecionados no mapa (Figura 6.4), significa que o local considerado de menor acessibilidade foi o denominado “portal do observatório” (portão localizado ao sul do *campus*). Por outro lado, o local considerado de maior acessibilidade foi o denominado “portal da mecânica” (um dos portões localizados a oeste do *campus*). Esta pontuação resultou da análise de critérios como: facilidade de deslocamento (decorrente do tempo gasto devido à distância/velocidade e existência ou não de obstruções) e importância dos destinos-chave envolvidos (devido à frequência de utilização e sua funcionalidade).

Definidos os pontos a serem validados, partiu-se para a elaboração do questionário de avaliação direta. Importante ressaltar que as pontuações e os IDs mostrados na Figura 6.4 foram retirados do questionário para se evitar comprometer o julgamento dos respondentes. Na Figura 6.5 é apresentado o formato da folha de questionário adotada na avaliação direta utilizada no *campus* de São Carlos/USP.

Durante a elaboração do questionário foi importante definir a forma de normalização desses valores que pudesse resultar em um conjunto de pesos a serem comparados com os resultados da avaliação multicritério (item 6.2.4).

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Transportes

Mobilidade e Acessibilidade no *Campus* de São Carlos/USP

Função:

Aluno () Docente () Funcionário ()

Se Aluno:

Graduação () Mestrado () Doutorado ()

Edifício que mais frequenta: _____

Curso a que está vinculado: _____

Gênero:

Masculino () Feminino ()

Idade:

() até 23 anos

() 24 a 44 anos

() 45 a 59 anos

() 60 anos ou mais

Imagine que você está em cada um dos pontos assinalados no mapa ao lado e pretende identificar quais desses pontos estão mais próximos (em termos de tempo) dos seus destinos principais (locais que mais frequenta no *campus*).

Assim, ordene os 9 pontos assinalados no mapa, atribuindo a classificação de 1 (ao de maior acessibilidade aos seus destinos principais) até 9 (ao de menor acessibilidade). Considere na análise a facilidade de deslocamento e a importância dos destinos mais próximos.



Figura 6.5: Modelo de questionário adotado na avaliação direta do *campus* de São Carlos/USP

6.3.1.3 Aplicação do questionário no campus de São Carlos

A aplicação do questionário foi realizada dentro do *campus* da USP de São Carlos, onde os transeuntes eram convidados a enumerar por ordem de importância os pontos apresentados no mapa (Figura 6.5). Quase não houve rejeição ao questionário. Quanto à interpretação das perguntas, quando ocorria alguma dúvida esta pôde ser prontamente esclarecida pelo responsável pela aplicação do questionário. Não houve assim maior dificuldade no entendimento das perguntas.

Além de transeuntes, o questionário também foi aplicado às pessoas que se encontravam nos departamentos do *campus*, com a finalidade de se atingir o número de amostras calculadas por unidade, conforme apresentado no item 6.3.1.1. Durante a aplicação dos questionários observou-se que a facilidade de enumerar os pontos apresentados no mapa era maior aos usuários transeuntes do que aos usuários dentro dos departamentos.

6.3.1.4 Compilação dos resultados do campus de São Carlos

Na fase de compilação dos resultados foi verificada a necessidade de se aumentar o número de questionários aplicados devido a algumas informações incompletas. Do total, 41 avaliadores deixaram de identificar sua vinculação ao curso ou unidade a que pertenciam. Além disso, 25 respondentes deixaram de preencher parte da ordenação dos pontos, pois justificaram que não utilizam todo o *campus* e por isso não seriam capazes de classificar alguns locais. Assim deixaram alguns pontos no mapa em branco.

Portanto, na amostra total utilizada, ainda que tenham sido descartados os questionários incompletos foi possível totalizar o valor final da amostra que corresponde a $n = 367$.

Quanto às características dos usuários participantes da avaliação direta, os dados apresentados nas Tabelas 6.4 a 6.7 referem-se à distribuição total dos usuários quanto à função exercida dentro do *campus*, ao gênero e a idade obtida na amostra.

Na Tabela 6.4 obtida como resultado da pesquisa sobre a função dos usuários no *campus* é apresentada a distribuição destes usuários por unidade. Pôde ser verificado

que praticamente 89% dos usuários participantes são alunos. Apenas 3% são docentes e 8%, funcionários.

Tabela 6.4: Distribuição de usuários entrevistados no *campus* de São Carlos/USP por funcionalidade

| função | EESC | ICMC | IFSC | IQSC | total | % distribuição |
|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------------|
| alunos | 175 | 72 | 46 | 32 | 325 | 89 |
| docentes | 9 | 2 | 1 | | 12 | 3 |
| funcionários | 17 | 3 | 6 | 4 | 30 | 8 |
| total | 201 | 77 | 53 | 36 | 367 | 100% |

Ainda relativo à função, do total de 325 alunos, pôde ser verificada a quantidade de usuários distribuída nos níveis de graduação, mestrado e doutorado. Na Tabela 6.5 é apresentada esta distribuição. O nível de graduação aparece como o mais representado na amostra referente à parcela de alunos (57%).

Tabela 6.5: Distribuição de alunos entrevistados no *campus* de São Carlos/USP por nível

| nível | alunos | % distribuição |
|--------------|------------|----------------|
| graduação | 184 | 57 |
| mestrado | 89 | 27 |
| doutorado | 52 | 16 |
| total | 325 | 100 |

A distribuição por gênero se deu de forma equilibrada, sendo 57% do gênero masculino e 43% do gênero feminino (Tabela 6.6).

Tabela 6.6: Distribuição de usuários entrevistados no *campus* de São Carlos/USP por gênero

| gênero | usuários | % distribuição |
|--------------|------------|----------------|
| feminino | 158 | 43 |
| masculino | 209 | 57 |
| total | 367 | 100 |

Pela observação da Tabela 6.7 pode-se verificar que a maior parte da população amostrada encontra-se na faixa etária de 24 a 44 anos, o que representa 54% da amostra.

Tabela 6.7: Distribuição de usuários entrevistados no *campus* de São Carlos/USP por idade

| faixa etária | até 23 | 24 a 44 | 45 a 59 | acima de 60 | total |
|------------------|--------|---------|---------|-------------|------------|
| n° entrevistados | 91 | 198 | 63 | 15 | 367 |

A ordenação dos pontos mapeados de acordo com a opinião dos usuários do *campus* está apresentada na Tabela 6.8. Conforme esperado, o resultado obtido no

questionamento foi muito heterogêneo, necessitando assim de uma metodologia de análise dos resultados que transformasse a escala de valores apresentados em valores de referência. Entende-se por valores de referência, aqueles que podem ser confrontados com a avaliação multicritério.

Tabela 6.8: Valores compilados do questionário de avaliação direta para a amostra de 367 usuários do *campus* de São Carlos

| Locais | Ordenação dos pontos | | | | | | | | | Soma |
|------------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Portal da Arquitetura | 47 | 53 | 39 | 27 | 33 | 43 | 29 | 38 | 58 | 367 |
| Matadouro | 54 | 42 | 42 | 26 | 38 | 42 | 50 | 34 | 39 | 367 |
| Química | 55 | 92 | 43 | 34 | 33 | 28 | 21 | 15 | 46 | 367 |
| Portal da Matemática | 40 | 23 | 20 | 20 | 21 | 39 | 71 | 99 | 34 | 367 |
| CAASO | 54 | 45 | 66 | 64 | 54 | 35 | 16 | 25 | 8 | 367 |
| Portal da Mecânica | 11 | 44 | 60 | 85 | 70 | 41 | 35 | 13 | 8 | 367 |
| Banco do Brasil | 10 | 37 | 73 | 61 | 69 | 44 | 35 | 20 | 18 | 367 |
| Portal da Física | 78 | 14 | 7 | 12 | 21 | 27 | 60 | 58 | 90 | 367 |
| Portal do Observatório | 18 | 17 | 17 | 38 | 28 | 68 | 50 | 65 | 66 | 367 |
| Soma | 367 | 367 | 367 | 367 | 367 | 367 | 367 | 367 | 367 | 367 |

6.3.1.5 Comparação entre os resultados da avaliação direta e avaliação multicritério no *campus* de São Carlos

Após a compilação dos resultados foram utilizados os métodos de distribuição de pesos que posteriormente foram comparados aos resultados da avaliação multicritério. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 6.9.

Tabela 6.9: *Campus* de São Carlos - Resultado dos pesos para cada método utilizado

| Locais | PESOS | | |
|------------------------|----------|---------------------|-----------------|
| | RANK SUM | RANK SUM POTENCIA 2 | RANK RECIPROCAL |
| Portal da Arquitetura | 0,11 | 0,12 | 0,12 |
| Matadouro | 0,11 | 0,12 | 0,12 |
| Química | 0,13 | 0,15 | 0,14 |
| Portal da Matemática | 0,09 | 0,08 | 0,10 |
| CAASO | 0,13 | 0,14 | 0,13 |
| Portal da Mecânica | 0,12 | 0,12 | 0,10 |
| Banco do Brasil | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| Portal da Física | 0,09 | 0,09 | 0,12 |
| Portal do Observatório | 0,08 | 0,07 | 0,08 |
| Total | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

A soma total dos valores obtidos em cada um dos três processos de distribuição de pesos foi igual a um (Tabela 6.9). Já a soma dos valores selecionados (da avaliação multicritério) para esta etapa foi igual a 0,77 (Tabela 6.10). Para fins comparativos, estes valores foram normalizados de tal forma que a sua soma também fosse igual a um e não mais 0,77.

Tabela 6.10: Valores de acessibilidade dos pontos escolhidos para a validação (em ordem crescente) e a soma total obtida - *campus* de São Carlos

| Locais | Pontuação A_i | ID |
|------------------------|-----------------|-----|
| Portal do Observatório | 0 | 757 |
| Portal da Física | 0,02 | 51 |
| Portal da Matemática | 0,04 | 563 |
| Banco do Brasil | 0,06 | 26 |
| Portal da Arquitetura | 0,09 | 629 |
| Química | 0,11 | 151 |
| Matadouro | 0,13 | 677 |
| CAASO | 0,15 | 694 |
| Portal da Mecânica | 0,17 | 96 |
| Total | 0,77 | - |

Na Tabela 6.11 é apresentado o resultado da normalização dos valores de acessibilidade A_i , obtidos na avaliação multicritério, os quais foram utilizados na etapa de validação, assim como os valores obtidos nos três processos adotados de distribuição de pesos para a comparação final.

Tabela 6.11: *Campus* de São Carlos - Resultado dos pesos A_i ponderados

| Locais | Ai multicritério | | Rank Sum | | Rank Sum Potência 2 | | Rank Reciprocal | |
|------------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|-----------------|-----------|
| | obtido | ponderado | Ai direto | diferença | Ai direto | diferença | Ai direto | diferença |
| Portal da Arquitetura | 0,09 | 0,12 | 0,11 | 0,01 | 0,12 | 0,00 | 0,12 | 0,00 |
| Matadouro | 0,13 | 0,17 | 0,11 | 0,05 | 0,12 | 0,05 | 0,12 | 0,09 |
| Química | 0,11 | 0,14 | 0,13 | 0,01 | 0,15 | 0,00 | 0,14 | 0,11 |
| Portal da Matemática | 0,04 | 0,05 | 0,09 | -0,04 | 0,08 | -0,03 | 0,10 | 0,07 |
| CAASO | 0,15 | 0,19 | 0,13 | 0,06 | 0,14 | 0,05 | 0,13 | 0,10 |
| Portal da Mecânica | 0,17 | 0,22 | 0,12 | 0,10 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,08 |
| Banco do Brasil | 0,06 | 0,08 | 0,12 | -0,04 | 0,11 | -0,03 | 0,10 | 0,07 |
| Portal da Física | 0,02 | 0,03 | 0,09 | -0,07 | 0,09 | -0,07 | 0,12 | 0,09 |
| Portal do Observatório | 0,00 | 0,00 | 0,08 | -0,08 | 0,07 | -0,07 | 0,08 | 0,06 |
| soma | 0,77 | 1,00 | 1,00 | | 1,00 | | 1,00 | |

Os gráficos apresentados na Figura 6.6 estão relacionados ao comportamento de cada método quando comparados aos valores da avaliação multicritério. Na análise dos resultados do modelo proposto de avaliação direta para o *campus* de São Carlos/USP, em dois dos casos de distribuição de pesos utilizados, foram obtidos valores com forte correlação.

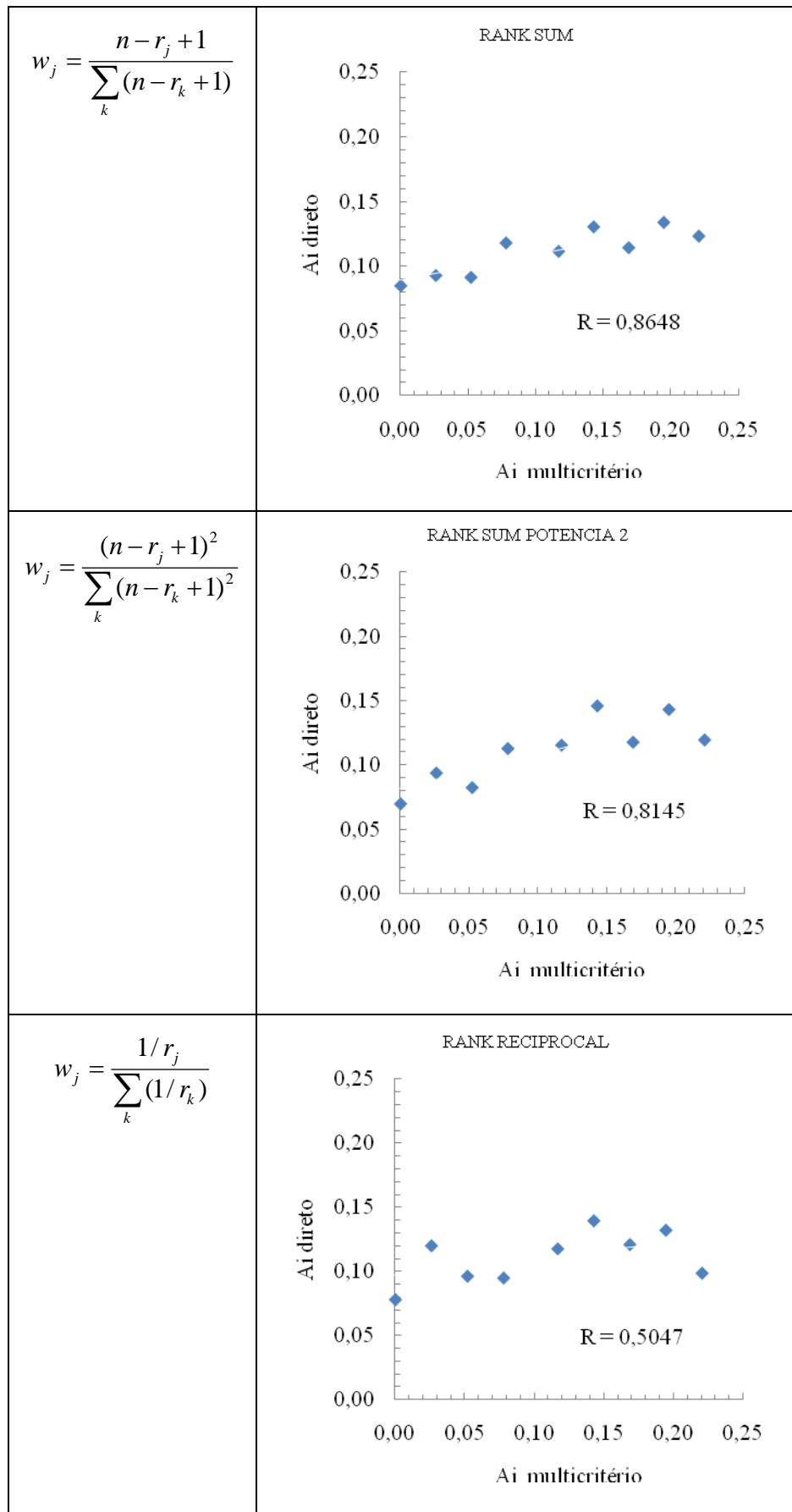


Figura 6.6: Gráficos em que são comparados os três processos de distribuição de pesos ao modelo de avaliação multicritério para o *campus* de São Carlos

A distribuição de pesos apresentada nos processos *rank sum* e *rank sum potência* 2 resultaram em valores de R que indicaram uma forte correlação (dentro da faixa de $R = 0,75$ a $1,00$). Apenas no processo de distribuição *rank reciprocal* foi obtido um coeficiente de correlação (R) mais baixo, o que indica uma correlação mediana.

Assim, para o grupo de pessoas sem restrições de mobilidade, se pôde concluir que o modelo proposto de avaliação multicritério das condições de mobilidade de pedestres quanto à acessibilidade dos espaços obteve resultados satisfatórios e pode ser validado. Esta validação, no entanto pôde ser realizada apenas para este grupo.

6.3.2 Campus de Gualtar/UM

Para a validação do modelo multicritério no *campus* de Gualtar/UM foi realizada a avaliação direta conforme os itens abaixo.

6.3.2.1 Cálculo da amostra – campus de Gualtar

A área utilizada dentro do *campus* de Gualtar/UM na etapa de validação do modelo compreende uma população em torno de 11.600 usuários, distribuída entre alunos, docentes e funcionários (Tabela 6.12).

Tabela 6.12: Distribuição de usuários do *campus* de Gualtar/UM por função

| Especificação | Total |
|---------------|--------|
| Alunos | 10.843 |
| Professores | 614 |
| Funcionários | 170 |

Fonte: http://um-novosdesafios.net/boletim_novos_desafiosn%C2%BA4.pdf

Esse valor total considera seis unidades da Universidade do Minho em Gualtar que se encontram dentro da área avaliada. São elas: Escolas de Engenharia (EE), Escola de Ciências (EC), Institutos de Educação e Psicologia (IEP), Escolas de Economia, Gestão e Direito (EEGD), Instituto de Ciências Sociais (ICS) e Instituto de Letras e Ciências Humanas (ILCH). Na Tabela 6.13 é mostrada esta distribuição por unidades.

Tabela 6.13: Distribuição da população total do *campus* de Gualtar em 2009 por unidade

| | EE | EC | IEP | EEGD | ICS | ILCH | Total |
|------------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <i>População</i> | 1976 | 1963 | 2455 | 3077 | 1221 | 935 | 11627 |

Fonte: http://um-novosdesafios.net/boletim_novos_desafiosn%C2%BA4.pdf

Para o caso do *campus* de Gualtar/UM foram obtidos, utilizando-se as Equações 6.1 e 6.2, os valores da amostra total ($n = 372$) e da amostra por unidade (n_i) mostrados na Tabela 6.14.

Tabela 6.14: Valores de n e n_i calculados por unidade para o *campus* de Gualtar/UM

| | EE | EC | IEP | EEGD | ICS | ILCH | Total (n) |
|----------------|----|----|-----|------|-----|------|-----------|
| <i>Amostra</i> | 63 | 63 | 79 | 98 | 39 | 30 | 372 |

6.3.2.2 Elaboração do questionário para avaliação direta no *campus* de Gualtar

Assim como para o *campus* da USP, na fase de aplicação do modelo (Capítulo 5) também foram obtidos valores de acessibilidade para cada local dentro do *campus* da UM que variaram entre $A_i = 0$ e $A_i = 0,47$ (valores mínimo e máximo, respectivamente) para o grupo de pessoas sem restrições de mobilidade. Estes valores foram normalizados (entre 0 e 1) e apresentados em um mapa dentro de cinco faixas (Figura 5.9a).

A pontuação obtida naquela fase (0,00 a 0,47) serviu como referência para a construção do questionário a ser aplicado na avaliação direta. Assim, foram eleitos nove locais com pontuação dentro da escala de 0,00 e 0,47. A escolha destes nove locais foi dada pela distribuição da pontuação de forma a assegurar uma escala gradual sem repetição de valores (Figura 6.7) e pela distribuição espacial mais homogênea possível dentro do *campus* (Figura 6.8).

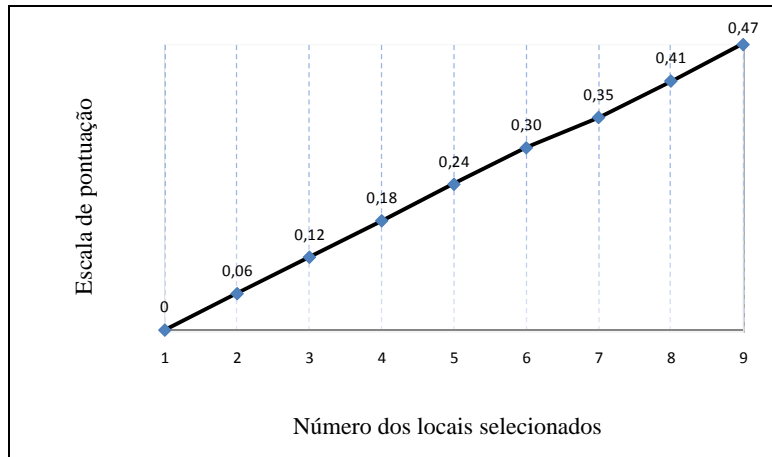


Figura 6.7: *Campus* de Gualtar - Intervalo homogêneo de distribuição da pontuação obtida na avaliação multicritério

Os locais escolhidos são apresentados na Figura 6.8. Cada um deles está identificado com seu respectivo ID (número de identificação) e valor de acessibilidade (A_i) obtido na avaliação multicritério, para este *campus*.

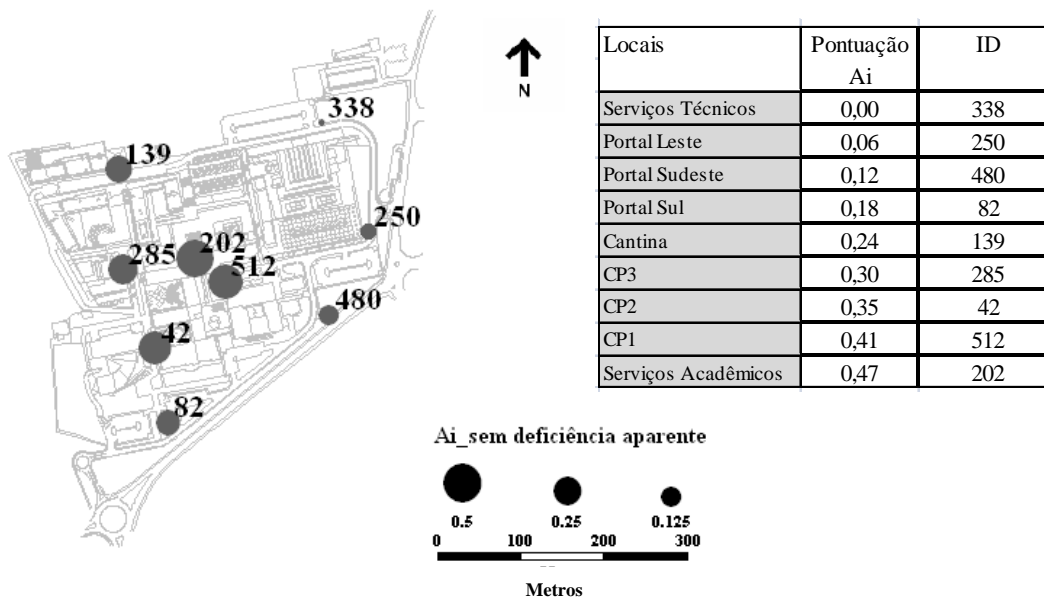


Figura 6.8: Distribuição espacial dos pontos no *campus* de Gualtar e suas respectivas acessibilidades obtidas a partir da avaliação multicritério realizada na fase de aplicação do modelo

Ao interpretar os valores obtidos na avaliação multicritério para estes 9 locais dentro do mapa (Figura 6.8), pode-se concluir que o local considerado de menor acessibilidade foi o denominado “serviços técnicos”. O local considerado de maior acessibilidade foi o denominado “serviços acadêmicos”. Esta pontuação também

resultou da análise de critérios como: facilidade de deslocamento (decorrente do tempo gasto devido à distância/velocidade e existência ou não de obstruções) e importância dos destinos-chave envolvidos (devido à frequência de utilização e sua funcionalidade).

Definidos os pontos a serem validados, partiu-se para a elaboração do questionário de avaliação direta que seguiu o mesmo modelo utilizado para o *campus* de São Carlos/USP. Importante ressaltar que tal como no caso anterior, as pontuações e os IDs mostrados na Figura 6.8 foram retirados do questionário para não comprometer o julgamento dos respondentes.

Seguindo-se a mesma metodologia de avaliação direta para o *campus* de São Carlos/USP, nesta etapa, além de dados específicos sobre o respondente, foi inserida uma única questão pertinente ao ponto de vista do usuário do *campus* quanto às suas condições de mobilidade e acessibilidade dentro do espaço avaliado. Na Figura 6.9 é apresentada a ficha adotada na avaliação direta para o *campus* de Gualtar/UM.

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Transportes

Mobilidade e Acessibilidade no *Campus* de Gualtar/UM

Função:

Aluno () Docente () Funcionário ()

Se Aluno:

Graduação () Mestrado () Doutorado ()

Edifício que mais frequenta: _____

Curso a que está vinculado: _____

Gênero:

Masculino () Feminino ()

Idade:

() até 23 anos () 24 a 44 anos
() 45 a 59 anos () 60 anos ou mais

Imagine que você está em cada um dos pontos assinalados no mapa ao lado e pretende identificar quais desses pontos estão mais próximos (em termos de tempo) dos seus destinos principais (locais que mais frequenta no *campus*).

Assim, classifique os 9 pontos assinalados no mapa, atribuindo a classificação de 1 (ao de maior acessibilidade aos seus destinos principais) até 9 (ao de menor acessibilidade). Considere na análise a facilidade de deslocamento e a importância dos destinos mais próximos.

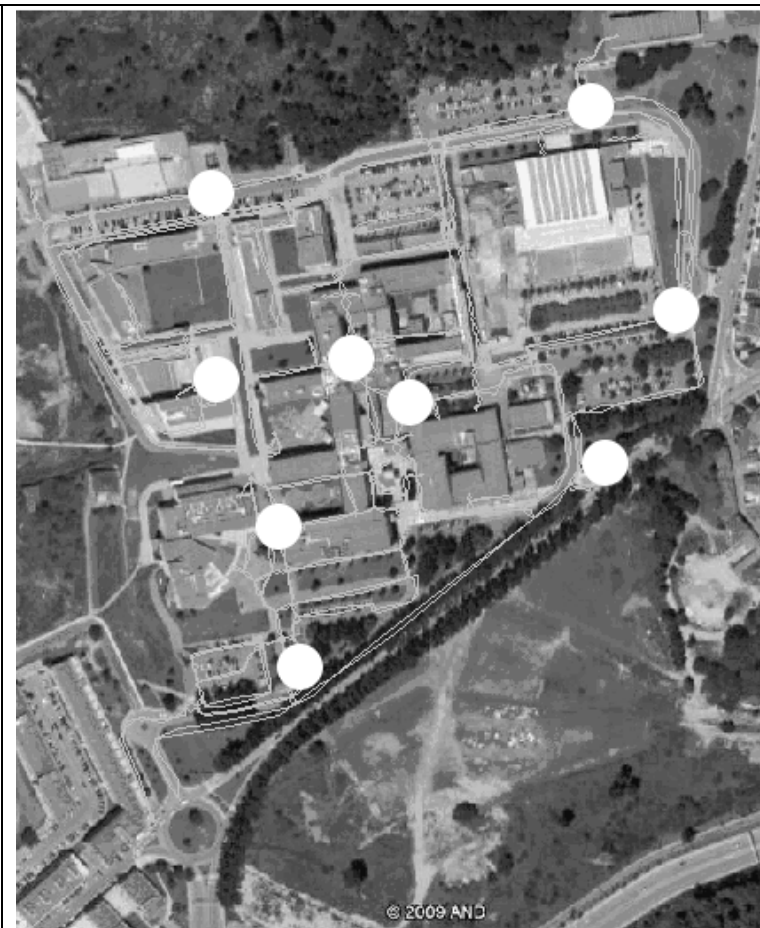


Figura 6.9: Modelo de questionário adotado na avaliação direta do *campus* de Gualtar/UM

6.3.2.3 Aplicação do questionário no campus de Gualtar

Para o *campus* de Gualtar/UM, a aplicação do questionário foi realizada por meio da *Internet*. O questionário foi disponibilizado em uma página virtual onde os usuários do *campus* foram convidados a preencher as informações necessárias e a enumerar, por ordem de importância, os pontos apresentados no mapa (Figura 6.9).

6.3.2.4 Compilação dos resultados do campus de Gualtar

Na fase de compilação dos resultados foi verificado que, devido à forma de aplicação (eletrônica), a amostra coletada ($n = 594$) foi superior à mínima necessária ($n = 372$), entretanto este valor não seguiu a proporção calculada anteriormente para cada unidade. Foi verificado que algumas unidades de ensino apresentaram mais do que o dobro de respostas necessárias, enquanto que em outras, a quantidade foi exata. Além disto, foi verificado que alguns questionários respondidos não poderiam ser utilizados, pois os usuários não faziam parte da área analisada.

Portanto, na amostra total utilizada, ainda que tenham sido descartados os questionários excedentes de forma aleatória (dentro de cada unidade pertencente à área avaliada) e não aleatória (com relação às unidades de fora da área avaliada) foi possível totalizar o valor final da amostra que corresponde a $n = 372$ de forma proporcional.

Quanto às características dos usuários participantes da avaliação direta, os dados apresentados nas Tabelas 6.15 a 6.18 referem-se à distribuição total dos usuários quanto à função exercida dentro do *campus*, ao gênero e à idade obtida na amostra.

Na Tabela 6.15 obtida como resultado da pesquisa sobre a função dos usuários no *campus* é apresentada a distribuição destes usuários por unidade. Foi verificado que praticamente 94% dos usuários participantes são alunos. Apenas 5% são docentes e apenas 1%, funcionários.

Tabela 6.15: Distribuição de usuários entrevistados no *campus* de Gualtar/UM por funcionalidade

| função | EE | EC | IEP | EEGD | ICS | ILH | total | % distribuição |
|--------------|----|----|-----|------|-----|-----|------------|----------------|
| alunos | 58 | 56 | 73 | 95 | 37 | 28 | 347 | 94 |
| docentes | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 20 | 5 |
| funcionários | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 5 | 1 |
| total | 63 | 62 | 78 | 99 | 39 | 31 | 372 | 100% |

Ainda relativo à função, do total de 347 alunos, pôde ser verificada a quantidade de usuários distribuída nos níveis de graduação, mestrado e doutorado. Na Tabela 6.16 é apresentada esta distribuição. O nível de graduação aparece como o mais representado na amostra referente à parcela de alunos (63%).

Tabela 6.16: Distribuição de alunos entrevistados no *campus* de Gualtar/UM por nível

| nível | alunos | % distribuição |
|--------------|------------|----------------|
| graduação | 219 | 63 |
| mestrado | 102 | 29 |
| doutorado | 26 | 7 |
| total | 347 | 100 |

A distribuição por gênero indicou que 32% dos avaliadores foram do gênero masculino e 68% do gênero feminino (Tabela 6.17)

Tabela 6.17: Distribuição de usuários entrevistados no *campus* de Gualtar/UM por gênero

| gênero | usuários | % distribuição |
|--------------|------------|----------------|
| feminino | 254 | 68 |
| masculino | 118 | 32 |
| total | 372 | 100 |

Pela observação da Tabela 6.18 pode ser verificado que a maior parte da população da amostra encontra-se na faixa etária de até 23 anos, o que representa aproximadamente, 59% da amostra.

Tabela 6.18: Distribuição de usuários entrevistados no *campus* Gualtar/UM por idade

| faixa etária | até 23 | 24 a 44 | 45 a 59 | acima de 60 | total |
|---------------------|--------|---------|---------|-------------|------------|
| nº de entrevistados | 221 | 133 | 17 | 1 | 372 |

A ordenação dos pontos mapeados de acordo com a opinião dos usuários do *campus* está apresentada na Tabela 6.19. Conforme esperado, o resultado obtido no questionamento foi muito heterogêneo, necessitando assim de uma metodologia de análise dos resultados que transformasse a escala de valores apresentados em valores de referência.

Tabela 6.19: Valores compilados do questionário de avaliação direta para a amostra de 372 usuários do *campus* de Gualtar

| Locais | Ordenação dos pontos | | | | | | | | | Soma |
|---------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Cantina | 29 | 17 | 17 | 41 | 27 | 69 | 54 | 66 | 52 | 372 |
| Serviços Técnicos | 16 | 17 | 11 | 10 | 22 | 16 | 31 | 63 | 186 | 372 |
| CP3 | 40 | 29 | 77 | 62 | 61 | 51 | 31 | 13 | 8 | 372 |
| Serviços Acadêmicos | 17 | 58 | 56 | 93 | 74 | 34 | 31 | 6 | 3 | 372 |
| CP1 | 54 | 45 | 66 | 68 | 66 | 34 | 14 | 16 | 9 | 372 |
| Portal Leste | 21 | 21 | 19 | 14 | 23 | 38 | 69 | 128 | 39 | 372 |
| CP2 | 97 | 110 | 47 | 27 | 28 | 19 | 16 | 16 | 12 | 372 |
| Portal Sudeste | 25 | 28 | 33 | 31 | 32 | 69 | 91 | 39 | 24 | 372 |
| Portal Sul | 73 | 47 | 46 | 26 | 39 | 42 | 35 | 25 | 39 | 372 |
| Soma | 372 | 372 | 372 | 372 | 372 | 372 | 372 | 372 | 372 | |

6.3.2.5 Comparação entre os resultados da avaliação direta e avaliação multicritério no *campus* de Gualtar

Após a compilação dos resultados foram utilizados os métodos de distribuição de pesos que posteriormente foram comparados aos resultados da avaliação multicritério. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 6.20.

Tabela 6.20: *Campus* de Gualtar - Resultado dos pesos para cada método utilizado

| Locais | PESOS | | |
|---------------------|----------|---------------------|-----------------|
| | RANK SUM | RANK SUM POTENCIA 2 | RANK RECIPROCAL |
| Cantina | 0,09 | 0,08 | 0,09 |
| Serviços Técnicos | 0,06 | 0,05 | 0,07 |
| CP3 | 0,13 | 0,13 | 0,12 |
| Serviços Acadêmicos | 0,13 | 0,13 | 0,11 |
| CP1 | 0,14 | 0,14 | 0,13 |
| Portal Leste | 0,08 | 0,06 | 0,08 |
| CP2 | 0,15 | 0,18 | 0,18 |
| Portal Sudeste | 0,10 | 0,09 | 0,09 |
| Portal Sul | 0,12 | 0,13 | 0,14 |
| Total | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

A soma total dos pesos obtidos em cada processo de distribuição de pesos foi igual a um (Tabela 6.20). Para fins comparativos, e utilizando-se o mesmo procedimento do *campus* de São Carlos, os valores obtidos na avaliação multicritério foram ponderados, pois a soma das acessibilidades A_i obtidas nessa avaliação (escolhidas para validar o modelo) foi igual a 2,13. Na Tabela 6.21 é mostrada a soma dos valores obtidos na avaliação multicritério antes da ponderação.

Tabela 6.21: Valores de acessibilidade dos pontos escolhidos para a validação (em ordem crescente) e a soma total obtida – *campus* de Gualtar

| Locais | Pontuação A_i | ID |
|-------------------|-----------------|-----|
| Serviços Técnicos | 0 | 338 |
| Portal Leste | 0,06 | 250 |
| Portal Sudeste | 0,12 | 480 |
| Portal Sul | 0,18 | 82 |
| Cantina | 0,24 | 139 |
| CP3 | 0,3 | 285 |
| CP2 | 0,35 | 42 |
| CP1 | 0,41 | 512 |
| Serços Acadêmicos | 0,47 | 202 |
| Total | 2,13 | - |

Na Tabela 6.22 é apresentado o resultado da ponderação dos valores de acessibilidade A_i , obtidos na avaliação multicritério, os quais foram utilizados na etapa de validação, assim como os valores obtidos nos três processos adotados de distribuição de pesos para a comparação final.

Tabela 6.22: *Campus* de Gualtar - Resultado dos pesos A_i ponderados

| Locais | Ai multicritério | | Rank Sum | | Rank Sum Potência 2 | | Rank Reciprocal | |
|---------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|-----------------|-----------|
| | obtido | ponderado | Ai direto | diferença | Ai direto | diferença | Ai direto | diferença |
| Cantina | 0,24 | 0,11 | 0,09 | 0,02 | 0,08 | 0,03 | 0,09 | 0,03 |
| Serviços Técnicos | 0,00 | 0,00 | 0,06 | -0,06 | 0,05 | -0,05 | 0,07 | 0,14 |
| CP3 | 0,30 | 0,14 | 0,13 | 0,01 | 0,13 | 0,01 | 0,12 | 0,25 |
| Serviços Acadêmicos | 0,47 | 0,22 | 0,13 | 0,09 | 0,13 | 0,09 | 0,11 | 0,23 |
| CP1 | 0,41 | 0,19 | 0,14 | 0,06 | 0,14 | 0,05 | 0,13 | 0,28 |
| Portal Leste | 0,06 | 0,03 | 0,08 | -0,05 | 0,06 | -0,04 | 0,08 | 0,17 |
| CP2 | 0,35 | 0,16 | 0,15 | 0,01 | 0,18 | -0,02 | 0,18 | 0,38 |
| Portal Sudeste | 0,12 | 0,06 | 0,10 | -0,04 | 0,09 | -0,03 | 0,09 | 0,19 |
| Portal Sul | 0,18 | 0,08 | 0,12 | -0,04 | 0,13 | -0,05 | 0,14 | 0,29 |
| soma | 2,13 | 1,00 | 1,00 | | 1,00 | | 1,00 | |

Os gráficos apresentados na Figura 6.10 mostram o comportamento de cada método quando comparados aos valores da avaliação multicritério. Na análise dos resultados do modelo proposto de avaliação direta para o *campus* de Gualtar/UM, em dois dos casos de distribuição de pesos utilizados, também foram obtidos valores com forte correlação.

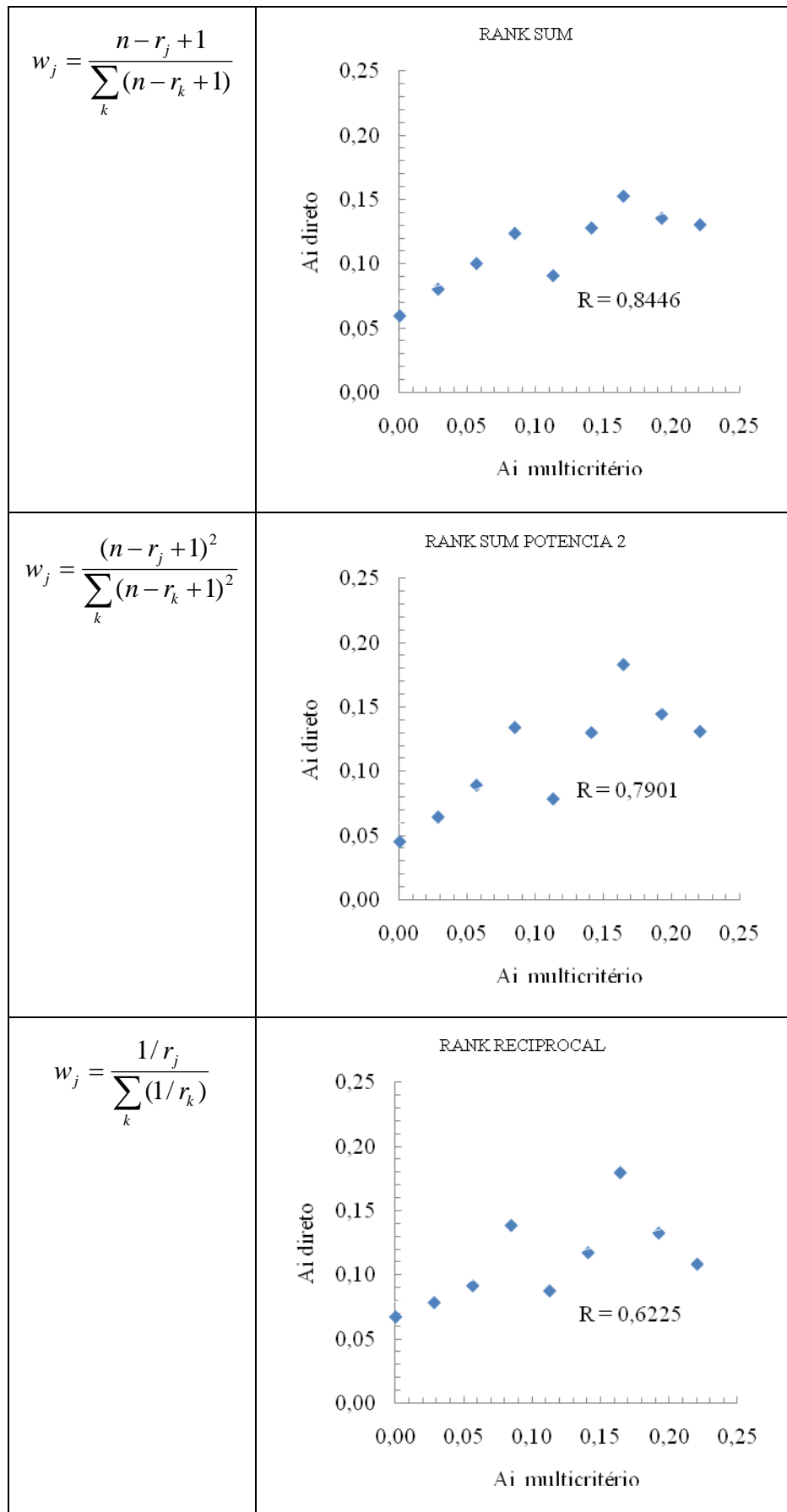


Figura 6.10: Gráficos em que são comparados os três processos de distribuição de pesos ao modelo de avaliação multicritério para o *campus* de Gualtar

A distribuição de pesos apresentado nos processos *rank sum* e *rank sum potência 2* resultaram em valores de R que indicaram uma forte correlação (dentro da faixa de $R = 0,75$ a $1,00$). Também como no caso do *campus* de São Carlos, apenas no processo de distribuição *rank reciprocal* foi obtido um coeficiente de correlação (R) mais baixo, o que indica uma correlação mediana.

A exemplo do que se observou no *campus* de São Carlos/USP, para o grupo de pessoas sem restrições de mobilidade, se pode concluir que o modelo proposto de avaliação multicritério, aplicado no *campus* de Gualtar/UM, também obteve resultados satisfatórios. Assim, os resultados obtidos para o *campus* de Gualtar/UM reforçam os resultados obtidos na análise do *campus* de São Carlos/USP. A aplicação do modelo, que avalia as condições de mobilidade de pedestres quanto à acessibilidade dos espaços pôde então ser validada. No entanto, a validação refere-se apenas ao grupo de pessoas sem deficiências ou restrições de mobilidade.

6.4 Processo de Validação Complementar do Modelo – Parte 2

Como citado anteriormente, nesta etapa, foram utilizados parâmetros complementares que também pudessem legitimar ou refutar o modelo em itens que não foram contemplados na avaliação anterior. Para tanto foi necessário determinar o grupo de avaliadores envolvidos e onde seria realizada esta avaliação. Além disso, também foram determinados, e são descritos a seguir, o percurso avaliado, a estratégia de aplicação do modelo e a análise dos resultados desta avaliação.

6.4.1 Determinação do Grupo de Avaliadores da Validação Complementar

Para esta parte da pesquisa, foi definido que os avaliadores seriam pessoas convidadas a participar como voluntários. Estes utilizariam o aparelho (*smartband*) de medida subjetiva e fariam um percurso predefinido. Os resultados registrados no aparelho serviriam como respostas destes avaliadores.

Quatro pontos foram determinantes para a escolha dos avaliadores que participaram desta etapa. A seguir estes pontos são comentados:

- 1) A avaliação que utilizou o questionário direto para validação do modelo proposto (etapa anterior) contemplou apenas o grupo de usuários sem restrições de

mobilidade. Assim, houve a necessidade de se realizar uma avaliação complementar que envolvesse pessoas com outras características.

2) Este tipo de estudo, entretanto, se torna mais delicado, uma vez que são necessárias pessoas dispostas a participar e a efetuar um trajeto predefinido, pois se trata de uma avaliação dinâmica, já que envolve um deslocamento. Assim, optou-se pelo uso de uma amostragem não probabilística de voluntários para efeito de simplificação do teste de validação. Foi proposta uma análise entre dois indivíduos representantes de dois grupos diferentes: *um deles pertencente ao grupo sem restrições de mobilidade e o outro, ao grupo com deficiência visual total.*

3) Como esta fase de validação ocorreu em uma das etapas finais do trabalho, não foi possível realizar a análise nos dois *campi* onde foram realizados os estudos de caso. Sendo assim, a avaliação realizada nesta etapa envolveu apenas o *campus* de São Carlos/USP para que os resultados obtidos pudessem ser confrontados com resultados da avaliação multicritério realizada no Capítulo 5.

4) Nesta avaliação subjetiva, que utiliza o *smartband*, foi recomendado que os avaliadores (voluntários) não fossem indivíduos habituados a realizar o percurso em questão. Tal procedimento foi sugerido para tentar minimizar a possibilidade de os usuários não reagirem a problemas ao longo do percurso, caso estejam familiarizados a eles.

Em resumo, o grupo de avaliadores definidos para realização desta etapa foi composto por uma pessoa sem restrições de mobilidade e outra, com deficiência visual - amostra não probabilística (ambos não usuários do *campus*). Na Figura 6.11 é mostrado o esquema simplificado da estratégia de avaliação adotada.

Durante a avaliação final, realizada com os dois voluntários, foi determinado que o voluntário do grupo sem restrições de mobilidade seria denominado por “voluntário A” e o com deficiência visual, denominado por “voluntário B”.

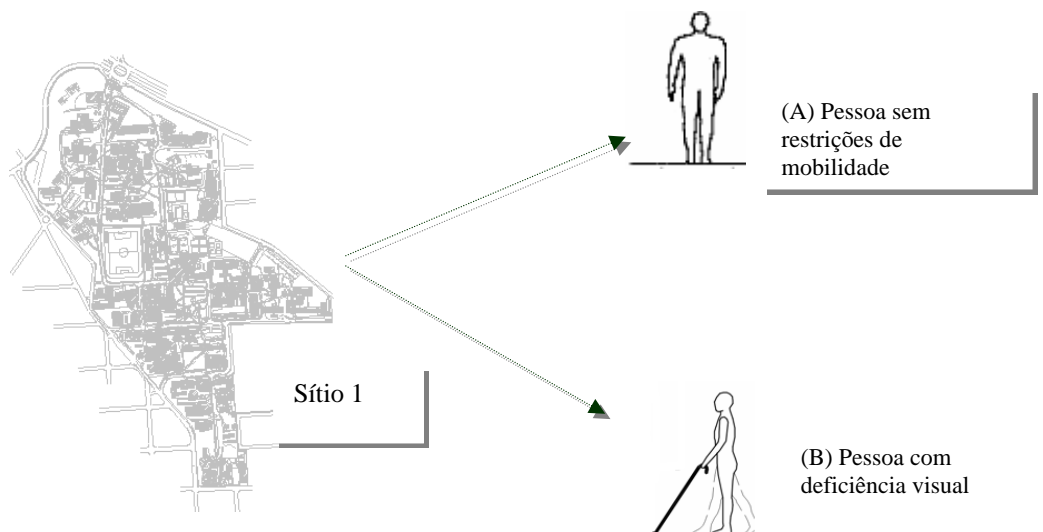


Figura 6.11: Esquema simplificado para o processo de validação complementar do modelo – lugar e indivíduos envolvidos

6.4.2 Determinação do Percurso a Ser Realizado na Avaliação Complementar

O *campus* de São Carlos foi o local determinado para a realização da avaliação subjetiva. Assim, os resultados obtidos podem ser submetidos a uma comparação com os resultados da avaliação multicritério obtidos na etapa de estudo de caso. Para tanto, foi necessário definir um trecho dentre os vários percursos utilizados no *campus* para efetuar tal avaliação.

O trajeto definido foi composto por trechos que puderam contemplar algumas situações, tais como: calçadas horizontais e com rampas ascendentes ou degraus, calçadas com diversas larguras (todas dentro da largura mínima exigida por norma), pisos lisos e rugosos (paralelepípedos) e travessia de vias de veículos.

O percurso foi dividido em duas partes: parte 1, referente ao caminho em sentido Norte-Sul (ida) e parte 2, referente ao mesmo caminho, só que em sentido Sul-Norte (volta). Portanto cada participante foi orientado a percorrer do ponto 1 ao ponto 2 e depois retornar pelo mesmo caminho, do ponto 2 ao ponto 1. Este procedimento foi adotado como uma forma de garantir dados adicionais, caso ocorresse alguma falha na coleta. No entanto, a análise foi realizada apenas com os dados da parte 1.

Na Figura 6.12 é indicado o percurso adotado nesta etapa do trabalho, no qual os dois voluntários caminharam utilizando os aparelhos de medida (*smartband* e GPS).

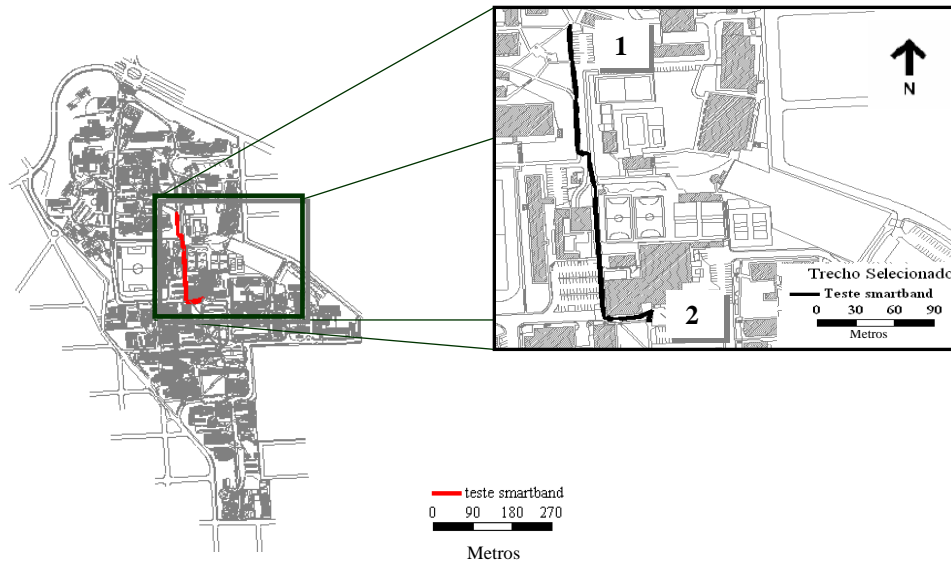


Figura 6.12: Mapa do *campus* de São Carlos/USP com a definição do trecho indicado para a realização do percurso no teste dinâmico

6.4.3 Determinação da Estratégia de Aplicação da Avaliação Complementar

O *smartband*, utilizado na pesquisa, é um bracelete (Figura 6.13) que contém botão de acionamento (liga/desliga), mini-teclado (Figura 6.13a e 6.13b), microprocessador, dispositivo de memória (Figura 6.13c), bateria, sensores e dois eletrodos (Figura 6.13d). Um fluxo contínuo de pequenas correntes elétricas flui através dos eletrodos que medem a resistência da pele. Outro importante parâmetro obtido para esta avaliação foi a temperatura local da pele. Segundo orientações diretas do pesquisador Dr. *Papastefanou*, a combinação desses dois parâmetros possibilita diferenciar reações (de atenção, medo, relaxamento etc.) através da soma das amplitudes significativas de tempo de duração do estado emocional. Zeile *et al.* (2009) citam mais detalhes a respeito da aplicação desse aparelho.

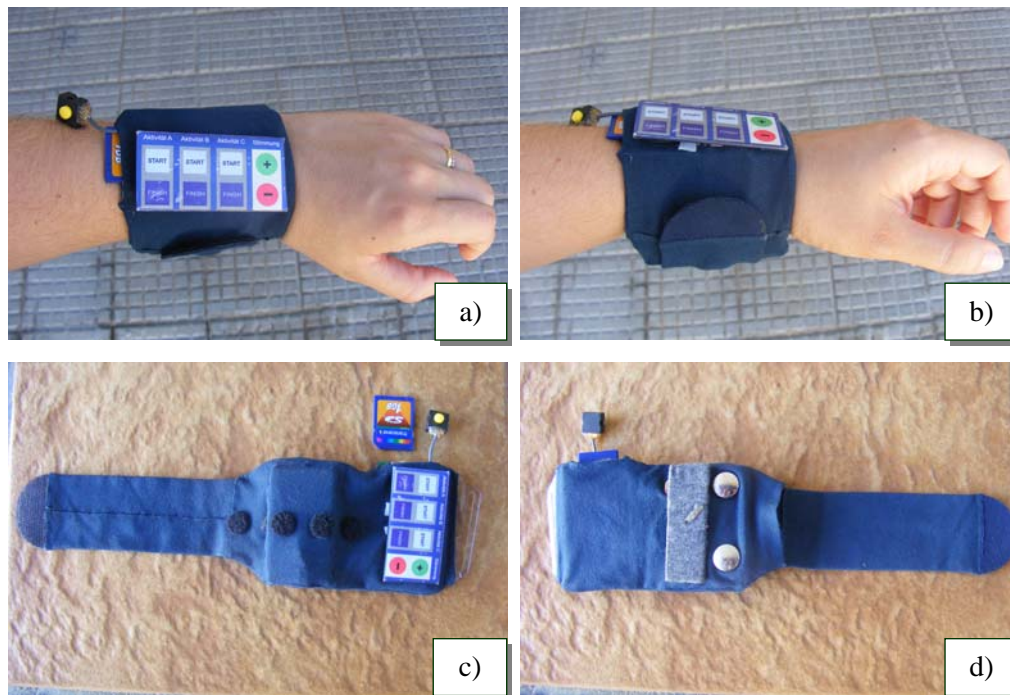


Figura 6.13: *Smartband* – aparelho utilizado na avaliação complementar

O GPS *logger i-Blue 747* (Figura 6.14a e 6.14b) foi utilizado para registrar o percurso dos voluntários. Além da posição das coordenadas, o aparelho registra o tempo correspondente. O aparelho ainda possui um botão de acionamento que serve para marcar ou georreferenciar pontos (*spots*) relevantes no trecho. A precisão da posição das coordenadas depende das condições meteorológicas e do ambiente construído. Segundo Zeile *et al.* (2009), testes de medições mostraram diferenças de até 20 m. Os dados coletados podem ser utilizados no *Google Earth* e *Google Maps*.

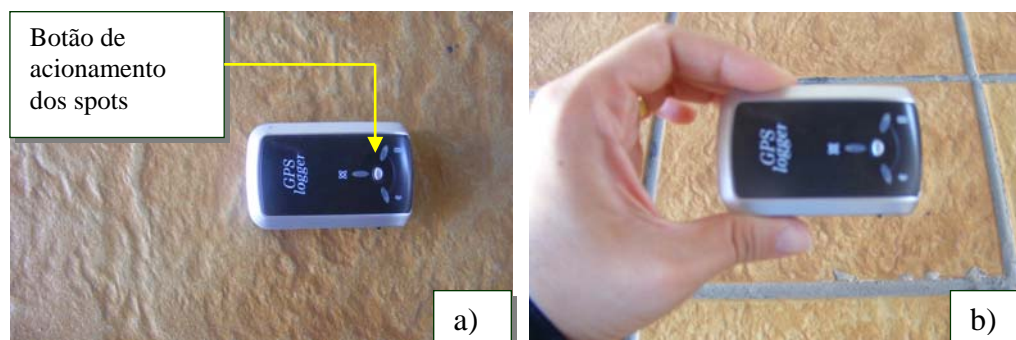


Figura 6.14: GPS *logger* utilizado na avaliação complementar

O *smartband* foi projetado para ser utilizado no pulso esquerdo de forma confortável. O GPS *logger* possui pequenas dimensões e peso, o que permite que ele

seja usado agradavelmente pelos indivíduos durante o teste. Embora isto garanta resultados sem influência de esforços físicos adicionais durante a caminhada, foi recomendado, quando possível, que o GPS fosse usado na mão oposta ao *smartband*. Na Figura 6.15 é mostrado o esquema adotado para a utilização dos aparelhos durante a avaliação dinâmica no trecho determinado (percurso realizado por voluntários).

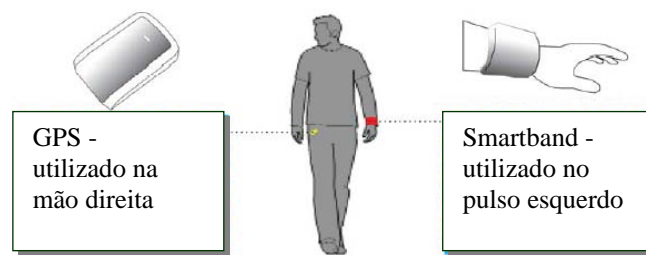


Figura 6.15: Esquema que ilustra um voluntário com os aparelhos utilizados na pesquisa durante o percurso para efetuar o teste de validação complementar

Fonte: Adaptado de Zeile *et al.* (2009)

No caso da pessoa com deficiência visual, a escolha da mão que utiliza o GPS ficou livre, dependendo da conveniência do usuário para segurar a bengala.

A idéia principal é conseguir dados fisiológicos para medir a carga emocional cognitiva de uma pessoa durante a caminhada em um determinado percurso e usar esses dados para estimar a acessibilidade do percurso. Para isso, o bracelete fornece dados suficientes, especialmente pela resistência e temperatura da pele que podem ser relacionados às condições de mobilidade dos indivíduos. Assim o GPS *logger* e o *smartband* foram utilizados para medir, respectivamente, a caminhada e os indicadores fisiológicos relativos à carga emocional dos voluntários.

Antes do início dos testes, os voluntários foram esclarecidos sobre os objetivos da pesquisa e foram orientados sobre como proceder durante a caminhada. Os aparelhos foram apresentados aos participantes assim como o funcionamento de cada um.

Foi realizado um pré-teste com o intuito de observar se os aparelhos estavam funcionando corretamente, bem como verificar as necessidades de se fazer anotações complementares e levantamento fotográfico. Convém salientar que no pré-teste realizado foram convidados 10 voluntários (dentre usuários e não usuários do *campus*) que participaram exclusivamente da fase de pré-teste. Isto garantiu que os dois voluntários escolhidos para a avaliação final não conhecessem o percurso antes da

aplicação definitiva, para não influenciar os dados coletados. Na Figura 6.16 são mostrados alguns voluntários realizando o percurso durante o pré-teste.



Figura 6.16: Pré-testes realizados com voluntários no trecho determinado

Durante o pré-teste foi detectado que o mini-teclado estava desativado e que o *smartband* enviado para a pesquisa tinha sido programado (ainda na Alemanha) para coletar os dados fisiológicos dos voluntários apenas por sensores e eletrodos (sem a necessidade de acionamento do teclado). Como, desde o início, esta foi a principal meta da pesquisa complementar, não houve a necessidade de ativar o mini-teclado para a avaliação. Assim, foi dito aos participantes para desconsiderá-lo.

O percurso foi realizado com a presença de pesquisadores para orientar o voluntário (um voluntário por vez) a respeito da direção a ser seguida. Entretanto, houve a necessidade de se efetuar esta ação de forma a não influenciar a velocidade real do voluntário, por isto os pesquisadores responsáveis mantiveram certa distância.

Na coleta de dados do pré-teste, os seguintes problemas surgiram: i) o *smartband* não forneceu dados consistentes, em alguns pré-testes, devido a problemas de mau contacto; ii) quando isto ocorria não era possível dizer qual trecho do percurso foi perdido, devido à falta de conexão dos tempos gravados no *smartband* e no GPS, sendo assim, a coleta tinha que ser totalmente descartada; iii) as medições necessitaram estar manualmente conectadas com muita precisão do início ao fim do trecho, ou seja, o acionamento do GPS e *smartband* teve que ser simultâneo (Figura 6.17a); iv) para que

não deslizesse e perdesse a pulsação, a fixação do *smartband* ao braço teve atenção especial (Figura 6.17b); v) antes de cada início do percurso os eletrodos deviam ser bem limpos com flanela seca para evitar contatos com suor ou outras impurezas que os fizessem deslizar.



Figura 6.17: Acionamento simultâneo dos dois aparelhos (a) e colocação do *smartband* sobre o pulso (b)

Os valores medidos da resistência da pele foram gravados em intervalos de 1/50 segundo. Além disso, para verificar e salvaguardar as medições obtidas no *smartband*, quando ocorria algum evento relevante no percurso, que fizesse o voluntário se sentir desconfortável, este foi instruído a localizá-lo com uma geomarca (acionando os *spots* no GPS).

6.4.4 Determinação da Estratégia de Análise dos Resultados da Avaliação Complementar

Segundo Zeile *et al.* (2009), a dificuldade de utilização deste método de avaliação reside na correta interpretação dos dados. Basicamente, o pressuposto é de que a pele humana transpira em situações de alguma tensão (mesmo que esta tensão seja mínima) e isto leva a uma diminuição do nível de resistência da pele (SRL - do inglês *Skin Resistance Level*).

Para a agregação dos dados, alguns métodos têm sido desenvolvidos. A versão de *smartband* utilizada mediu principalmente a resistência e a temperatura da pele. A questão de saber como estes dados podem ser interpretados foi resolvida, por um lado, com a visualização completa dos dados e, por outro, com a adoção de um indicador mensurável.

Antes de prosseguir com as análises é necessário explanar, mesmo que de forma resumida, sobre o mecanismo neuro-fisiológico que está associado a mudanças mensuráveis de nível de resistência da pele. Segundo o Dr. *Papastefanou*, o nível de condutância da pele (SCL - do inglês *Skin Conductance Level*) é um dos dados mais diretamente ligados à excitação nervosa. Sendo fenômenos elétricos, a resistência da pele e a condutância da pele são inversamente proporcionais. Desta forma, o pesquisador utilizou a transformação dos escores de medida de resistência da pele para escores de condutância da pele com a seguinte relação formal (Equação 6.6):

$$SCL = \frac{1}{SRL} * 10^6 \quad (6.6)$$

Em que SCL : Nível de condutância da pele;
 SRL : Nível de resistência da pele;

O nível de condutância da pele (SCL) corresponde diretamente à produção de suor (nível de umidade absoluta da pele), ou seja, quando há um aumento na produção de suor, o SCL é também aumentado.

Segundo o Dr. *Papastefanou*, foi observado que existem algumas razões para não se usar o SRL tampouco o SCL para indicar as diferenças interpessoais e individuais na excitação neuro-emocional. Isto se dá por causa dos mecanismos que levam à evolução das quantidades absolutas de suor na pele. A resistência da pele pode ser diferente entre uma pessoa e outra. A quantidade real de umidade da pele pode estar relacionada a diferentes causas externas e/ou internas, por exemplo, a temperatura do ar ambiente, a desidratação da pele devido a processos de envelhecimento, hábitos específicos de cuidados da pele etc.

Mas, através da medida da condutância elétrica da pele, a quantidade real de umidade pode ser mensurada indiretamente. Assim, é a mudança do nível de suor na pele (amplitude) que deve ser considerado como o informativo para estimar a atividade neuro-emocional. O mecanismo pode ser resumido da seguinte forma:

As fibras neurais simpáticas estão em cada órgão e elas os estimulam por sinais elétricos neurais. A pele, sendo um desses órgãos, contém glândulas sudoríparas. A excreção do suor é regulada pela chegada de sinais neurais. Desta forma pode-se dizer que uma determinada quantidade de suor produzida é equivalente a um sinal neuro-

simpático específico ou uma série de sinais e existe um processo de compensação pela absorção de suor. Por isso, a alteração da quantidade total de suor na pele (amplitude) é que corresponde a uma excitação nervosa.

Enquanto o SCL (Figura 6.18) indica o nível absoluto de umidade da pele de forma cumulativa, as respostas de condutância da pele (SCR - do inglês *Skin Conductance Response*) indicam a variação da amplitude no nível de condutância da pele resultante da produção e absorção de suor.

A variação da amplitude SCR (Figura 6.19) durante um intervalo de tempo específico de observação reflete a frequência de sinais neurais para este intervalo de tempo. Assim, é a diferença de condutância da pele entre determinados tempos t_n e t_{n+1} que serve como indicador mensurável. Importante citar que uma amplitude igual a zero não significa a inexistência de atividade neural. O valor zero de amplitude significa que não houve mudança de condutância da pele, pois existiu um equilíbrio entre a atividade neural de produção e absorção de suor.

Em suma, a taxa de amplitude SCR é um dos cerne da análise. Dependendo do intervalo de tempo de observação, pode-se obter uma taxa de excitação neural não diretamente, mas contrabalançados por um processo contínuo de produção e absorção de suor.

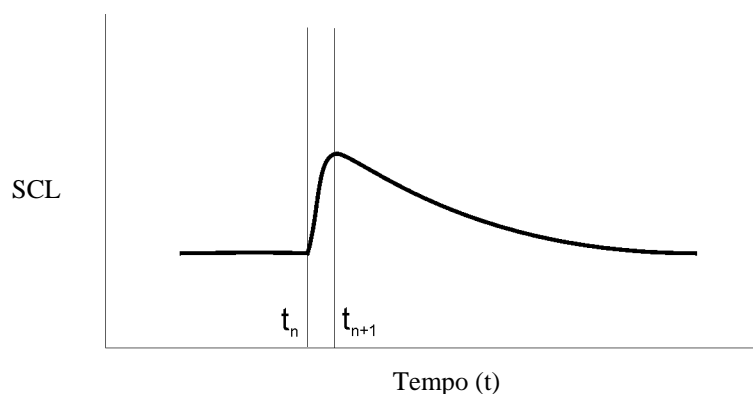


Figura 6.18: Gráfico esquemático que indica o tipo ideal de nível de de condutância da pele depois de um estímulo neural

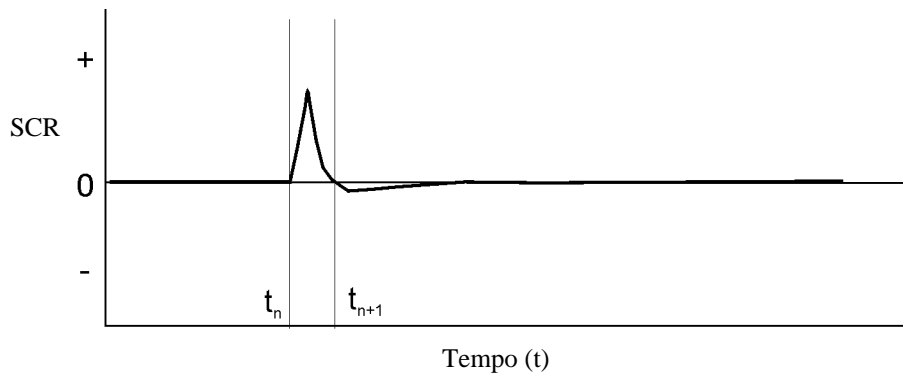


Figura 6.19: Gráfico esquemático que indica o tipo ideal da trajetória de resposta de condutância da pele depois de um estímulo neural

O outro parâmetro utilizado é o nível de resposta de temperatura da pele (STR) que, semelhante à resposta de condutância da pele (SCR), é calculada como a variação da temperatura medida de segundo a segundo.

A discriminação entre reações de estresse (medo ou raiva) parece não ser possível utilizando-se apenas os dados da atividade das glândulas sudoríparas (medidas pelo SCR). A atividade neural regulada pelas artérias (vasodilatação e vasoconstricção) e aferidas pelo sensor de temperatura, fornece informações adicionais que podem ser combinadas com as informações do SCR.

Estudos experimentais mostram que a alteração da temperatura da pele na periferia do corpo (por exemplo, as mãos) está intimamente relacionada à excitação simpática. Os sinais neurais das fibras simpáticas do sistema nervoso autônomo excitam as arteríolas dos músculos para contraí-los. Assim, o fluxo sanguíneo é restrito e isto leva à queda de temperatura da pele nesses locais. Esta é uma resposta funcional que prepara a periferia do corpo contra estímulos ameaçadores (por exemplo, contra a perda de sangue em caso de ferimentos). Por isto as respostas da temperatura da pele podem ser conhecidas como resposta ao estresse.

6.5 Aplicação do Teste de Validação do Modelo – Parte 2

A análise que se segue é restrita às séries de dados de sinais dos voluntários A e B, que foram capturados quando estes efetuaram a caminhada na parte 1 do percurso, a partir do ponto 1 ao ponto 2 (Figura 6.12). A correspondência entre os dados do *smartband* e os dados do GPS foi conseguida através da variável tempo de duração, que

foi capturada em ambos os aparelhos. Assim, foram usadas as informações geográficas de latitude e longitude da rota e foi possível estabelecer o perfil neuro-fisiológico dos voluntários A e B relativos à acessibilidade daquele trecho.

Os registros de dados do GPS *logger* e do *smartband* foram sincronizados temporalmente utilizando-se o *software Stata9* e, em seguida, ajustados utilizando-se o *QuantumGIS*. Na Figura 6.20 é indicado o percurso que foi registrado pelo GPS. Nessa mesma figura é mostrado que os voluntários iniciaram e terminaram o percurso longe dos pontos demarcados para a medição (pontos 1 e 2). Esta foi uma estratégia utilizada para se evitar interferências que pudessem ocorrer no início e no fim do percurso (por exemplo, diminuição da velocidade média pelo fato de estar acabando o trajeto).



Figura 6.20: Marcação dos pontos de início (ponto 1) e fim (ponto 2) da parte 1 do percurso determinado no *campus* de São Carlos/USP, leitura realizada pelo GPS

Na Figura 6.21 são mostrados alguns trechos da caminhada do voluntário A. Na Figura 6.22 são mostrados alguns pontos em que o voluntário B acionou o GPS para

identificação de locais de risco ou de desconforto em sua caminhada (*spots*). É importante notar que, como se tratou de um percurso que não era conhecido pelos voluntários, a caminhada de ambos teve um caráter de conhecimento da área. Por isto, algumas vezes os mesmos fizeram pausas para comentar sobre o local ou para realizar um reconhecimento mais aprofundado. Isto foi mais evidente na caminhada realizada pelo voluntário B.



Figura 6.21: Percurso realizado pelo voluntário A

Outro fato a ser comentado é que os testes foram realizados à noite. Uma vez que estes testes envolveram dois voluntários externos ao *campus*, este horário foi estabelecido devido à conveniência de ambos. Mesmo se tratando de um percurso que possuía boa iluminação, acredita-se que este fator possa ter influenciado em resultados com alguma alteração. Entretanto caso isto tenha ocorrido, há de se considerar que o voluntário A possa ter tido mais probabilidade de alterações.



Figura 6.22: Percurso realizado pelo voluntário B, conhecimento e identificação de pontos de risco no percurso

Segundo os dados do GPS e do *smartband* capturados, a duração de caminhada do voluntário A, do ponto 1 ao ponto 2 do trajeto, foi de 319,0 segundos. Com relação aos dados relativos à caminhada realizada pelo voluntário B, obteve-se uma duração do mesmo percurso, de 822,0 segundos. Na Tabela 6.23 são mostrados os valores de tempo e velocidade durante a caminhada efetuada pelos voluntários A (sem restrições de locomoção ou deficiência aparente) e B (com deficiência visual).

Tabela 6.23: Valores de tempos e velocidades médias obtidos para ambos os voluntários

| | Voluntário A | Voluntário B |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| <i>Tempo (s)</i> | 319,0 | 822,0 |
| <i>Velocidade média (m/s)</i> | 0,78 | 0,30 |

6.5.1 Indicadores Subjetivos da Carga de Acessibilidade

Como mencionado, os voluntários foram convidados a apertar o botão do registrador do GPS para indicar os pontos com problemas (*spots*) que, eventualmente,

encontraram durante a caminhada no percurso. Estes dados puderam ser usados como indicadores subjetivos para avaliar a carga de acessibilidade.

Além dos dados de latitude e longitude que indicam a posição geográfica, os dados do GPS forneceram também a velocidade de caminhada momentânea (segundo a segundo, isto é, a uma taxa de 1 Hz), que puderam ser utilizados como informações sobre indicadores bio-mecânicos de respostas emocionais.

O bracelete capturou respostas neuro-fisiológicas através de parâmetros fisiológicos periféricos, que foram usadas para estimar a carga neuro-emocional de acessibilidade. Os parâmetros medidos no pulso esquerdo foram: o nível de resistência da pele, assim como a temperatura da pele. Estes parâmetros foram obtidos através de 50 medidas a cada segundo (ou seja, a uma taxa de 50 Hz) que, posteriormente, foram agregadas em um *score*, para equivaler a um segundo.

Simultaneamente, ambos, resistência e temperatura da pele foram medidas por eletrodos e sensores, respectivamente.

Os resultados obtidos puderam estimar o grau de dificuldade encontrado durante o deslocamento dos dois voluntários através das diferenças entre as respostas fisiológicas de uma pessoa sem restrições de locomoção e outra com deficiência visual (voluntários A e B respectivamente). Uma estimativa entre as diferenças médias dessas respostas, embora embrionárias pelo fato de serem obtidas de apenas dois voluntários, pode servir como uma importante contribuição.

6.5.2 Análise dos Dados de Nível de Resistência e Temperatura da Pele

A análise a seguir é relacionada aos dados de nível de resistência e temperatura da pele. Pela resposta de temperatura da pele foram feitas também análises sobre as amplitudes para identificar as respostas ao estresse.

Pela resposta de condutância da pele foram feitas as seguintes análises: i) do pico das amplitudes de resposta de condutância da pele (SCR) para identificar respostas de medo (refletidas por maiores amplitudes), raiva (refletidas por amplitudes médias) e atenção (pequenas amplitudes); ii) da evolução temporal da trajetória de resposta de condutância da pele para identificar também respostas de medo (caracterizadas por durações maiores de tempo) e de atenção (menor duração)

Com o auxílio do Dr. *Papastefanou*, a análise dos dados obtidos pôde ser realizada. Basicamente, o mecanismo de ativação neuro-simpática é iniciado por estímulos relacionados a respostas de fuga ou respostas de orientação. As respostas de fuga podem ser rotuladas como respostas ao estresse, que incluem o medo e as reações de raiva, enquanto as respostas de orientação geralmente indicam maior atenção.

A seguir é comentada a análise referente ao tamanho e ao padrão da trajetória das amplitudes de respostas de condutividade da pele (SCR) para identificar reações de estresse e atenção.

Na Figura 6.23 é mostrada a trajetória SCL dos voluntários A (Figura 6.23a) e B (Figura 6.23b). Esta trajetória reflete em ambos a excitação neural momentânea bem como a excitação neural passada, indicando a quantidade de umidade da pele.

Na Figura 6.24 pode ser observada a trajetória SCR de ambos os voluntários. Esta trajetória mostra a quantidade momentânea e dinâmica dos padrões de mudança da atividade neural dos dois voluntários. Comparando-se as respostas entre os voluntários A e B, percebe-se que o B passou por mais excitação quando caminhava do que o A. Quando o SCR é positivo significa que há mais liberação de suor devido a excitações nervosas, como medo, raiva ou desejo. Sendo negativo, significa que a liberação de suor é menor que a absorção devido a fracas excitações neurais, como cansaço e desinteresse. Entretanto, nem todos os resultados negativos podem ser considerados assim, pois alguns deles podem representar apenas o “eco” da trajetória SCR positiva que cresceu rapidamente até atingir o pico. O padrão zero ou próximo do zero de SCR é típico de estado prazeroso e confortável, sem cansaço.

No total, parece que a fase de resposta (SCR) do voluntário B não está apenas no nível superior, mas tem uma duração mais longa. Isto confirma a interpretação de que a excitação do voluntário B despertou mais estresse do que a excitação do voluntário A.

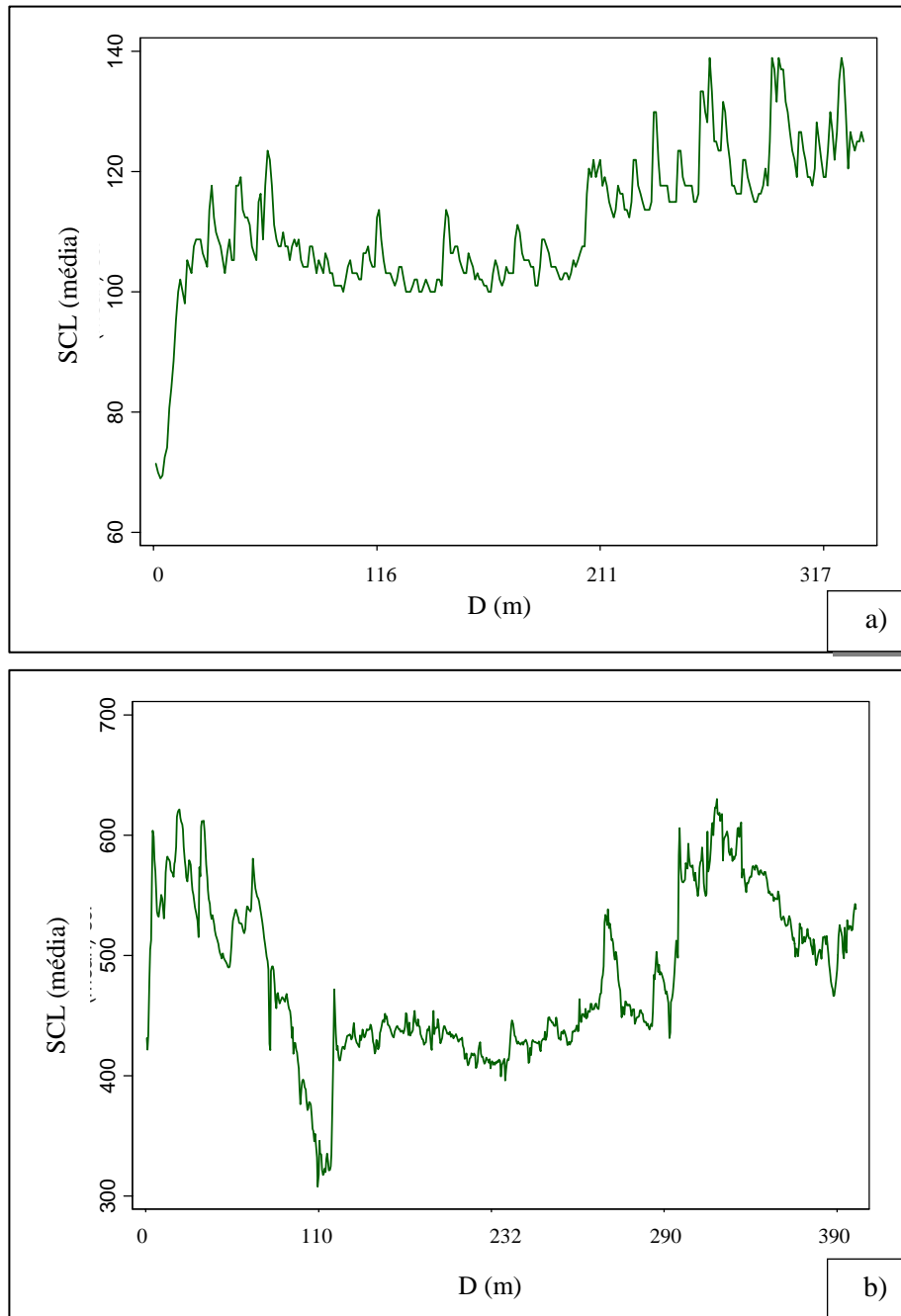


Figura 6.23 Trajetória SCL do voluntário sem restrições de mobilidade (a) e do voluntário com deficiência visual (b)

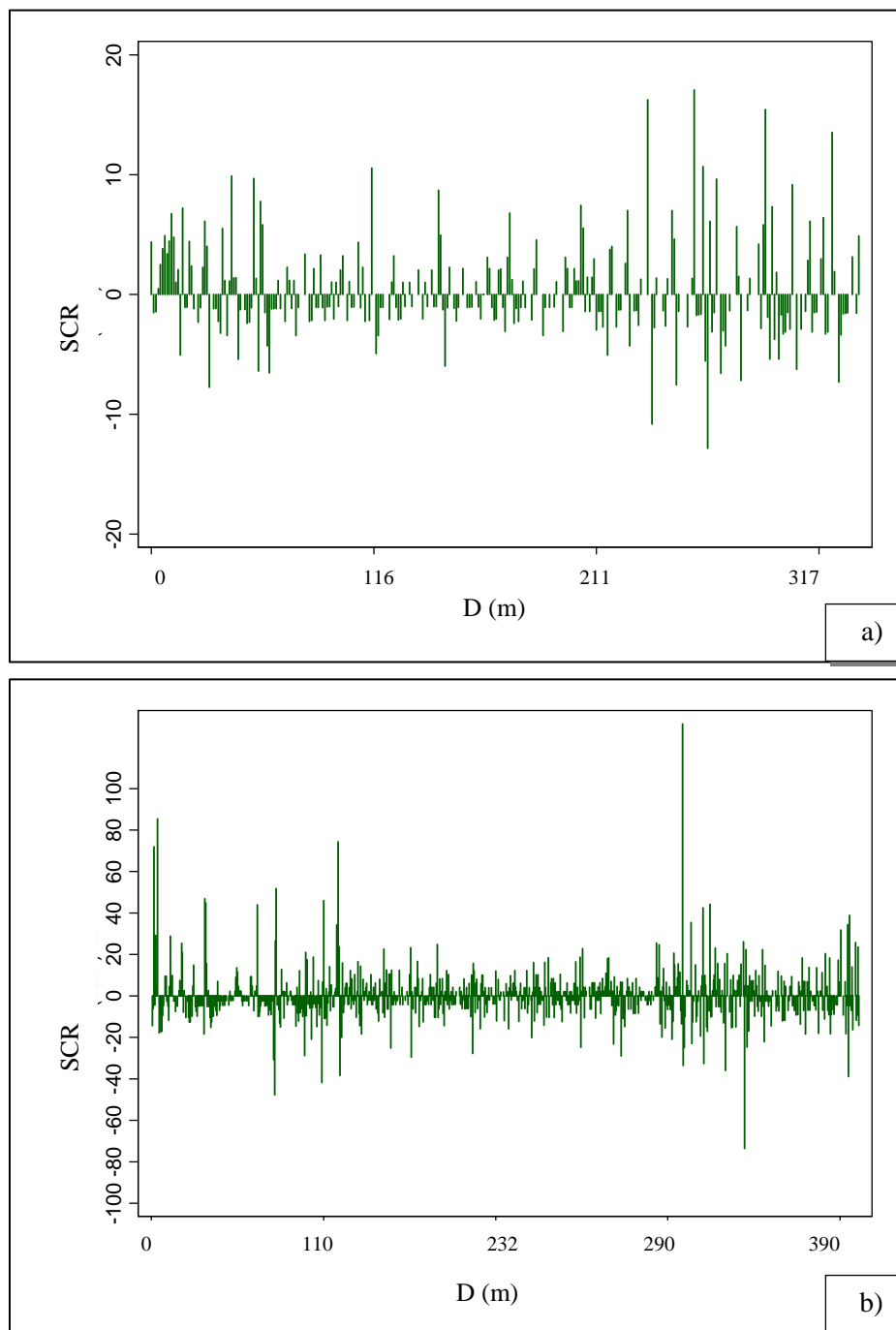


Figura 6.24: Trajetória SCR do voluntário sem restrições de mobilidade (a) e do voluntário com deficiência visual (b)

A seguir é comentada a análise referente às amplitudes de respostas de temperatura da pele (STR) para identificar reações de estresse.

Na Figura 6.25 é mostrado o nível de respostas de temperatura da pele (STR) de ambos os voluntários. A caminhada do voluntário A, foi caracterizada por períodos mais longos de relaxamento, pois existem quatro picos positivos de longa duração. Já, na caminhada do voluntário B, pode-se perceber que a trajetória STR é caracterizada

por picos predominantemente negativos (cerca de 18 picos negativos) mas existem indícios de que houve um relaxamento das arteríolas com um aumento temporal da temperatura da pele no início e no fim do trecho. Isto indica que a caminhada do voluntário B foi caracterizada por reações múltiplas de estresse.

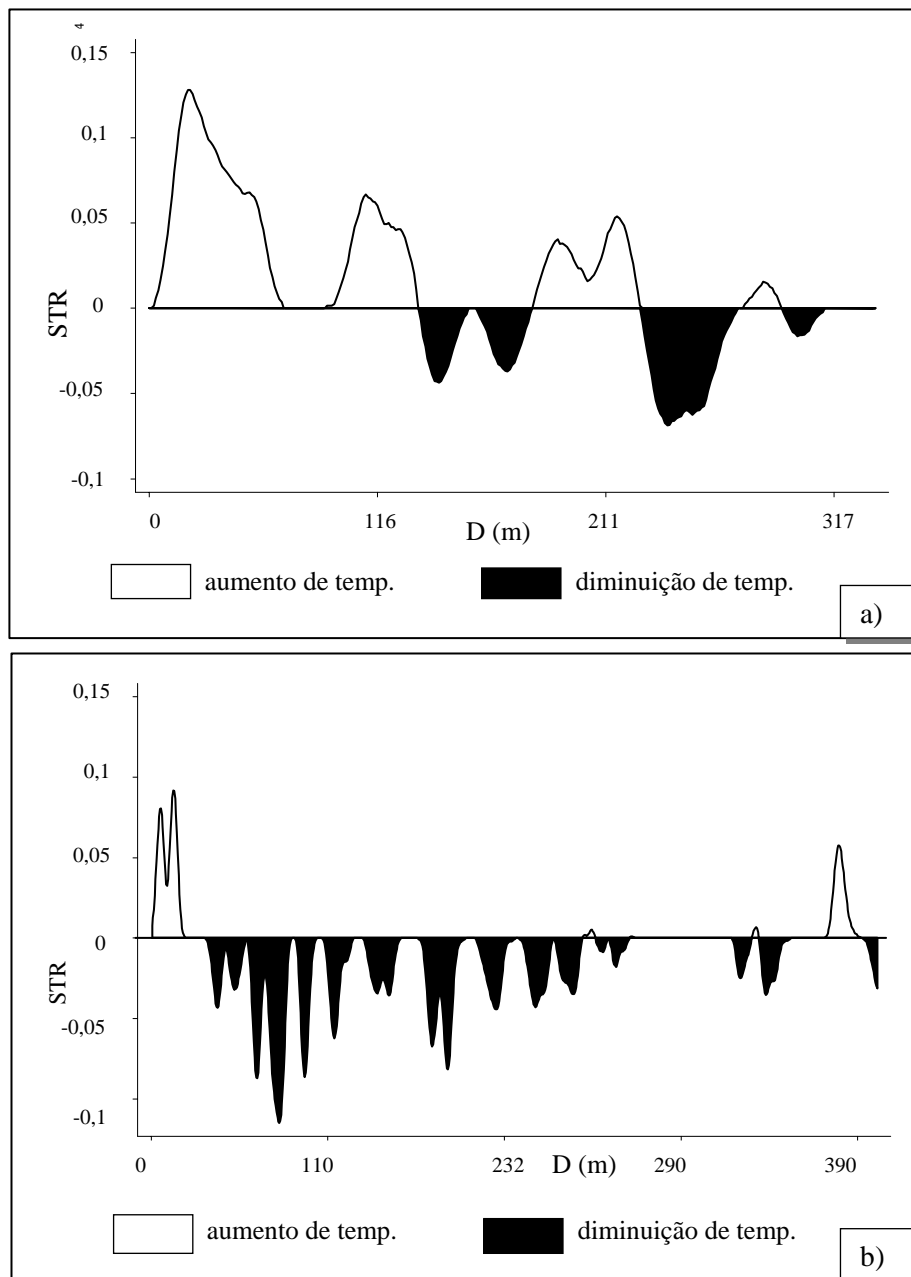


Figura 6.25: Trajetória STR do voluntário sem restrições de mobilidade (a) e do voluntário com deficiência visual (b)

Para uma interpretação numérica foram feitas comparações entre alguns indicadores quantitativos. O índice de intensidade simpática é representado numericamente pelo cálculo das áreas abaixo e acima da linha (áreas negativas e

positivas de STR). Na Tabela 6.24 estas intensidades podem ser visualizadas e comparadas entre os dois voluntários.

Tabela 6.24: Comparações quantitativas entre os dois voluntários baseadas em indicadores de atividade simpática de STR

| | Voluntário A | Voluntário B |
|--|--------------|--------------|
| <i>Intensidade de relaxamento</i> | 7,11 | 2,78 |
| <i>Intensidade de estresse</i> | -3,14 | -12,46 |
| <i>Número de fases com relaxamento</i> | 5,0 | 3,0 |
| <i>Número de fases com estresse</i> | 4,0 | 18,0 |

Pode ser verificado que o *score* de intensidade de estresse do voluntário A é de 3,14, enquanto o de B é 12,46, o que significa o voluntário B alcançou um nível de estresse cerca de quatro vezes maior que o voluntário A.

Apesar de não ser possível utilizar valores absolutos que indiquem o nível de estresse de uma pessoa, pelo SCR e STR podem ser feitas comparações entre usuários e verificar níveis de estresse e relaxamento como mostrado anteriormente. Isto garante resultados consistentes de avaliações subjetivas.

Após a análise dos resultados obtidos pela avaliação subjetiva (com o uso dos aparelhos), foi possível realizar algumas análises comparativas entre estes resultados e os resultados da avaliação multicritério obtida através da aplicação do modelo proposto no estudo de caso.

No mapa de resultados da avaliação multicritério, o mesmo trecho utilizado na análise subjetiva complementar foi isolado para se verificar possíveis comparações que possibilitem legitimar ou refutar o modelo. Na Figura 6.26 pode ser visto o trecho de forma isolada do restante do mapa utilizado na análise multicritério. A Figura 6.26a refere-se ao grupo sem restrição de mobilidade e a Figura 6.26b refere-se ao grupo com deficiência visual (cegos).

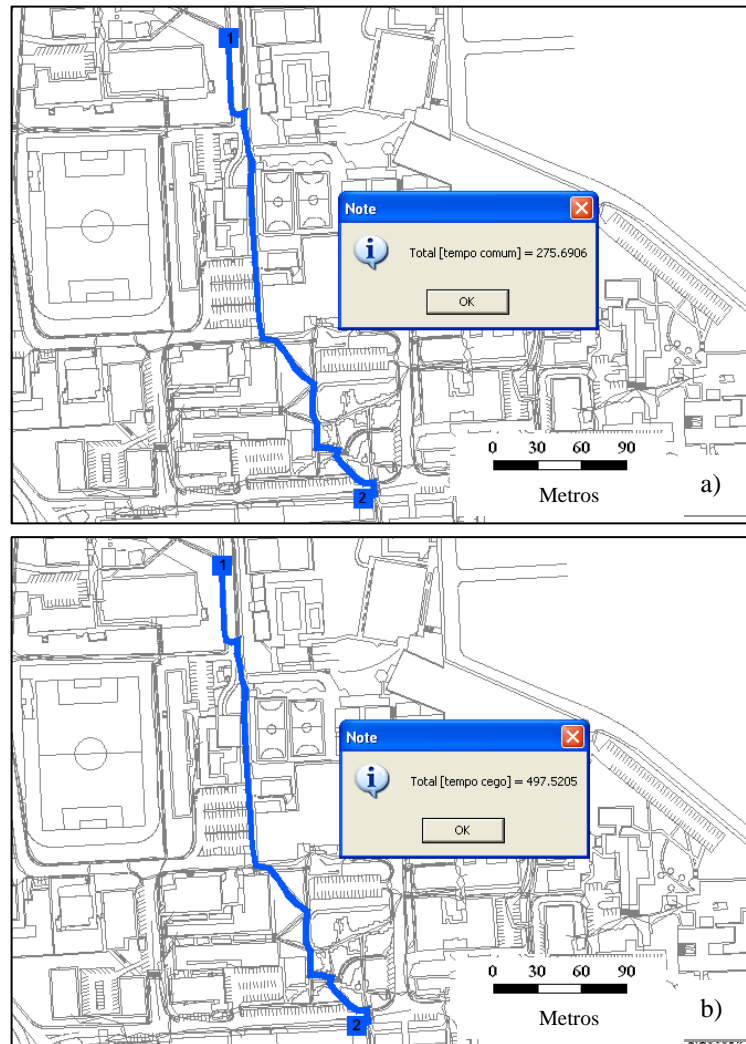


Figura 6.26: Percurso extraído da avaliação multicritério para análise. Valores de tempos determinados para este trecho segundo o modelo, para os grupos de pessoas sem restrições de mobilidade (a) e com deficiência visual (b)

Numa primeira análise podem ser comparados os dados da Tabela 6.23 e os resultados da Figura 6.26. A diferença para o voluntário sem restrição de locomoção, quando comparados os resultados dos dois processos, foi de 15,7 %. Isto significa que este usuário demorou, ao caminhar pelo percurso, cerca de 16 % mais tempo do que o previsto pelo modelo. Este valor pode ser considerado aceitável e pode ter tido influências devido ao horário de aplicação do teste e devido também ao fato de que este voluntário não conhecia o caminho.

Já para o voluntário cego a diferença foi bem maior, cerca de 65,2 % a mais do que o tempo previsto pelo modelo proposto. Entretanto, a velocidade média deste voluntário foi aferida considerando desde trechos em que o mesmo efetuava paradas (chegando à velocidade = 0), devido à existência de situações desconhecidas, até aqueles trechos em que sentia maior confiança para desenvolver maiores velocidades.

Estes valores influenciaram em divergências consideráveis entre os tempos realizados no teste e os obtidos pelo modelo proposto. Mesmo assim, uma análise mais aprofundada foi sugerida para a etapa de validação.

Para a análise da etapa de validação, foram confrontados os resultados obtidos do modelo proposto (níveis de serviço ao longo do trecho) com o nível de estresse medido pelo *smartband*, para o voluntário com deficiência visual.

Conforme descrito no Capítulo 4, o resultado obtido do modelo proposto consistiu na determinação da relação entre os índices de acessibilidade do usuário com deficiência visual (cego) e o sem restrição de mobilidade, combinada com a acessibilidade normalizada do voluntário sem restrição de mobilidade. Desta forma, para se fazer as devidas análises, o percurso selecionado para o teste com estes voluntários foi também recortado do mapa gerado pelo modelo proposto onde haviam sido determinados os índices de acessibilidade relativa. Ao longo do trecho isolado pôde-se visualizar os níveis de serviços propostos pelo modelo, conforme apresentado na Figura 6.27.

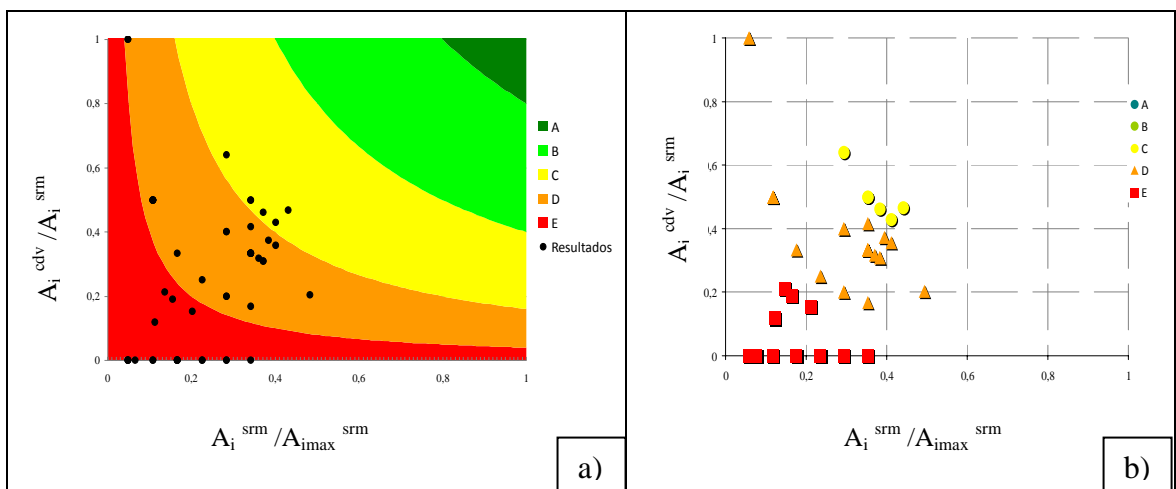


Figura 6.27: Resultado dos níveis de serviço obtidos pelo modelo proposto para o trecho analisado

Os pontos plotados no gráfico (Figura 6.27a) representam as origens i situadas no percurso (em que foram admitidos no modelo os nós da rede para o trecho avaliado). Os valores de acessibilidade relativa em cada um destes pontos puderam ser localizados neste gráfico pela combinação dos resultados da *mobilidade potencial* do grupo de usuários cegos (eixo das ordenadas) e a *acessibilidade normalizada* do grupo de usuários sem restrições de locomoção (eixo das abscissas).

A partir da localização destes pontos no gráfico (Figura 6.27a) foi possível identificar as faixas de nível de acessibilidade relativa correspondente a cada um deles. No caso deste trecho isolado, os níveis C, D e E foram identificados. Em seguida, cada ponto pôde assumir como identificação do seu nível de acessibilidade relativa, a cor ou o símbolo correspondente (Figura 6.27b). Desta forma foi possível transportar estes pontos para um novo gráfico, onde se pôde efetuar análises comparativas entre os resultados do modelo e do teste de validação,

Os pontos no novo gráfico (Figura 6.28a) foram dispostos ao longo do trecho analisado. Isto significa que a sua localização adquiriu outra configuração, já que foi seguida a sequência em metros equivalente ao comprimento do trecho realizado selecionado. Em seguida foram comparados com as respostas do *smartband*, conforme ilustrado na Figura 6.28b.

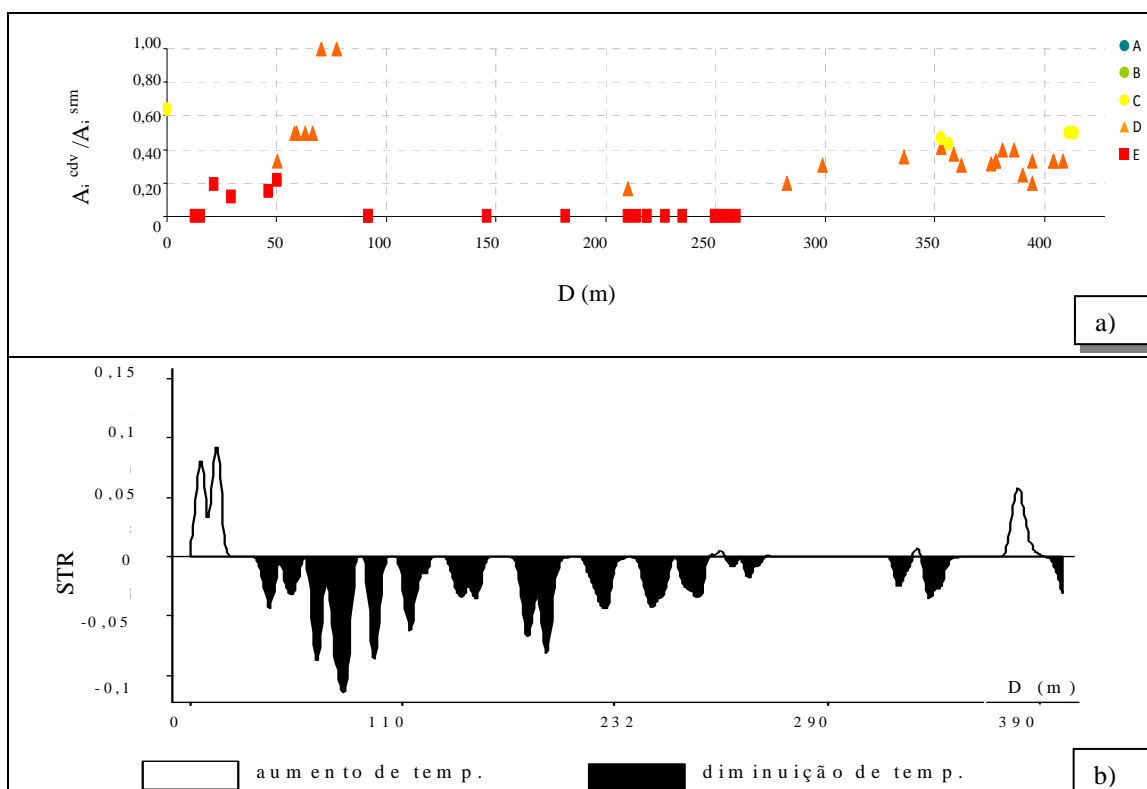


Figura 6.28: Comparação entre o perfil obtido dos dados do bracelete (a) e o obtido do modelo proposto de acessibilidade relativa (b)

Ao serem confrontados os resultados foram verificados que os pontos com nível de serviço E obtidos no modelo proposto ficaram próximos aos picos de estresse registrados no *smartband*. Também pela Figura 6.28 pôde ser observado que o modelo conseguiu representar os pontos de equilíbrio e a redução no nível de estresse

registrados no *smartband* bem no início do trecho analisado e após a extensão de 250m. Nesses trechos, o modelo registrou melhoras nos níveis de serviços, variando entre C e D.

Um fato que chamou atenção na análise dos resultados foi a indicação do nível de serviço D nos pontos de pico de maior estresse registrados no *smartband*, entre as extensões 50m e 100m. A confrontação dos resultados neste trecho constatou uma leve divergência, pois o pico de estresse capturado deveria coincidir com um nível de serviço E.

Assim, os resultados que divergiram foram selecionados e, em seguida, se conduziu a uma revisão dos dados de alimentação do modelo proposto, onde foi verificado que estes resultados obtidos estavam de acordo com os critérios que alimentaram o modelo. Então, uma verificação em campo foi necessária.

É oportuno citar que durante todo o trajeto, o voluntário cego utilizou a guia da calçada (ou os limites da calçada) como balizadora de seu percurso. Este procedimento normalmente é realizado para substituir o uso de faixas direcionais.

A posição do primeiro ponto com nível D foi apresentada na marca de 50 metros (Figura 6.28a). Neste ponto a declividade longitudinal que foi registrada e adotada no modelo proposto tornou-se mais suave. Em compensação, durante o teste, o usuário cego perdeu a referência de direção, já que este ponto deu início a uma travessia de via de veículos em nível, com guia rebaixada. Apesar de não ter ocorrido tráfego de veículos durante a execução da travessia, não havia faixa direcional para indicar a posição do usuário. Este fator pode ter contribuído para o nível de estresse deste usuário ter começado a se elevar. Na Figura 6.29 é mostrado o ponto de travessia.



Figura 6.29: Travessia localizada no percurso selecionado para o teste de validação

Outro ponto relevante foi o pico de estresse no trecho analisado (Figura 6.28b). Foi realizada uma inspeção visual no local e se verificou que apesar de neste trecho a declividade ser mais suave (o que melhorou ligeiramente o resultado do nível de serviço obtido pelo modelo proposto), o ponto de estresse máximo registrado no *smartband* se deu quando o voluntário com deficiência visual colidiu com um telefone público instalado às margens da calçada (Figura 6.30).

Como citado, a inexistência de piso tátil de direção ao longo de todo o percurso fez com que o voluntário adotasse como referência a margem da calçada (procedimento habitual utilizado por ele). Mas, a presença deste mobiliário urbano (telefone) sem a devida sinalização de alerta junto a esta margem alterou consideravelmente seu nível de estresse.



Figura 6.30: Telefone público localizado no percurso selecionado para o teste de validação

É importante destacar que o modelo proposto não contempla esses obstáculos pontuais, motivo pelo qual registrou uma melhora sutil no nível de serviço devido às inclinações do trecho serem mais suaves nesses pontos.

A partir da utilização do método dinâmico de avaliação do modelo proposto pôde-se constatar que, apesar de o modelo não utilizar um número maior de critérios para a avaliação da acessibilidade relativa dos espaços, os critérios adotados permitiram estabelecer um perfil bem próximo das condições de mobilidade capturadas pelo *smartband*.

É importante destacar que no método dinâmico, a utilização do bracelete faz parte de uma proposta de avaliação que também deve ser aprimorada devido às suas condições de falhas serem bastante evidentes. Esta situação ocorre por se tratar de um aparelho ainda em fase de testes (protótipo).

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões do trabalho relacionadas ao modelo proposto de avaliação da *acessibilidade relativa* dos espaços urbanos de circulação de pedestres. Na etapa final, são feitas sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

7.1 Conclusões

Este trabalho teve como principal objetivo a proposição de um modelo que mapeasse geograficamente os níveis de acessibilidade relativa dos espaços urbanos de circulação de pedestres. Para esta medida relativa foram consideradas as condições de mobilidade potencial de quatro grupos de usuários selecionados.

Os conceitos de acessibilidade e mobilidade, amplamente encontrados na literatura especializada, serviram de base para esta pesquisa. No entanto, foi necessário adotar, para estes dois temas, conceitos complementares porém distintos, para assim, associá-los em uma mesma modelagem.

A realização da pesquisa voltada a atender o objetivo citado conduziu a algumas conclusões relevantes quanto ao *modelo proposto* e quanto aos *resultados obtidos*, que serão comentadas a seguir.

7.1.1 Modelo Proposto

O método multicritério adotado nesta pesquisa serviu como uma importante ferramenta de avaliação capaz de obter a acessibilidade de grupos específicos de pedestres de forma individualizada. Isto é possível através da Combinação Linear

Ponderada (WLC) dos critérios adotados para cada grupo. Entretanto para alcançar os objetivos da pesquisa, este método não pôde ser utilizado em sua plenitude como sugerido originalmente, pois não seria razoável neste caso estabelecer uma relação entre as acessibilidades dos usuários através de compensações (combinação OWA).

No modelo proposto foram selecionados quatro grupos de usuários para o estudo da relação entre os seus níveis de acessibilidade obtidos. O critério de tempo de percurso utilizado no modelo de avaliação multicritério foi adotado por se relacionar diretamente à capacidade de locomoção de cada grupo e à performance do espaço urbano. Para o estudo da variação dos tempos de percurso foram adotados alguns fatores físicos do espaço urbano (existência de inclinações longitudinal e transversal e existência de degraus) como os de maior influência à mobilidade destes grupos. Além dos tempos de percurso para cada grupo de usuários, a importância dos destinos selecionados também fez parte dos critérios utilizados no modelo.

Foi necessário introduzir uma forma de análise complementar ao método multicritério, que possibilitou fornecer níveis de serviço como medida relativa de acessibilidade. Isto garantiu a análise dos índices de acessibilidade relativa entre usuários com deficiência ou com restrições de mobilidade e usuários sem restrições de mobilidade.

A adoção de níveis de serviço pelo método proposto tem como vantagem a garantia da conservação dos valores obtidos, uma vez que os mesmos são ponderados apenas em relação aos valores normalizados de acessibilidade obtidos para pessoas sem restrições de mobilidade.

Com relação à validação do modelo, foram sugeridos dois métodos de verificação devido à natureza do objeto a ser avaliado pelo modelo proposto (acessibilidade relativa dos espaços de circulação de pedestres) possuir caráter estático e também dinâmico. Pelo método estático de validação foi sugerida uma avaliação que conseguiu verificar os critérios adotados no modelo de forma integrada (pesos dos destinos-chave e impedâncias). Os resultados obtidos, quando confrontados aos resultados da aplicação do modelo, puderam ser validados quanto ao caráter estático.

O método dinâmico de validação foi proposto para avaliar fatores subjetivos que podem influenciar dificuldades de deslocamento. Foi sugerida a aplicação de um aparelho (*smartband*) capaz de aferir estas reações subjetivas. Estas reações, medidas

dentro de um espaço geográfico, puderam ser confrontadas aos resultados obtidos no modelo proposto de avaliação da acessibilidade relativa e sugerem a adequação do modelo, já que os resultados foram compatíveis.

Mesmo que tenham sido utilizados apenas alguns critérios para a proposta de avaliação da acessibilidade relativa, o modelo permite a implementação de um maior número de critérios, inclusive de aspectos subjetivos. É importante que todos os trechos a serem avaliados pelo modelo devam ser caracterizados por parâmetros que influenciem o comportamento de cada usuário ao longo dos trajetos, sendo que estes parâmetros devem ser refletidos nos critérios adotados (por exemplo, no tempo de caminhada). Este é o principal aspecto a diferenciar o modelo proposto.

Convém salientar que a modelagem proposta apresenta certas limitações, principalmente no aspecto da adoção de fatores extraídos em ambientes simplificados. Como exemplo, os testes realizados sobre as velocidades de caminhada dos usuários não consideraram as diversas situações que podem ocorrer no ambiente real (conflitos de pedestres x pedestres, pedestres x veículos etc.). Entretanto, mesmo simplificado, o modelo proposto consegue abordar características relevantes que conseguem exprimir algumas relações entre o pedestre e o espaço de circulação a ele destinado.

A apresentação dos resultados de forma combinada, em mapas, só foi possível por causa do desenvolvimento do modelo em ambiente SIG. Esta ferramenta permite identificar a distribuição espacial dos níveis de acessibilidade relativa dos espaços de circulação de pedestres dentro do espaço a ser avaliado.

Em síntese, as conclusões do trabalho sugerem que o modelo seja adequado e promissor, pois possibilita obter indicadores ou índices de acessibilidade relativa para a caracterização das condições de mobilidade potencial de pedestres. A utilização de ferramentas de simulação espacial pode permitir a geração de mapas que sirvam de base para propostas de melhorias a serem introduzidas na rede de circulação dos pedestres. O modelo pode servir de suporte à análise no apoio à decisão para planejadores e administradores urbanos.

Quanto às possibilidades de intervenções físicas no espaço de pedestres, o modelo contribui para indicar se existem diferenças de oportunidades disponibilizadas por um espaço de acordo com o tipo de usuário. O entendimento (ou conhecimento)

destas diferenças pode direcionar decisões que atendam às necessidades específicas de cada usuário, seguindo os princípios do Desenho Universal.

7.1.2 Resultados Obtidos

A aplicação do modelo nos estudos de caso em dois *campi* universitários foi fundamental para consolidar os critérios propostos para a avaliação do nível de acessibilidade relativa dos espaços de circulação de pedestres de acordo com cada um dos grupos de usuários selecionados. Apenas as edificações que fazem parte do setor pedagógico foram consideradas como destinos-chave, de forma a simplificar a aplicação do modelo, contudo permitindo a sua análise.

Na aplicação do modelo foi possível, a partir da avaliação multicritério de acessibilidade, mapear as deficiências e/ou ineficiências dos espaços de circulação de pedestres e, posteriormente, mapear o nível de acessibilidade relativa considerando-se o grupo de pessoas sem restrições de mobilidade como referência.

Nos mapas relativos aos índices de acessibilidade obtidos da etapa de multicritério, os maiores níveis de acessibilidade foram apresentados em forma de bolsões pelo fato das edificações pertencentes ao setor pedagógico dos *campi* estarem mais concentradas nessas áreas. Embora estes mapas tenham apresentado resultados diferentes nos dois *campi*, ficou evidente que a extensão espacial e a distribuição das edificações em que se situam os destinos-chave considerados influenciaram no nível de acessibilidade obtido. Esta disposição, aliada à topografia acidentada dentro dos dois *campi*, chega a comprometer a mobilidade de todos os usuários.

Confirmou-se que em ambos os *campi*, os níveis de acessibilidade variam em função dos grupos de usuários, sendo em geral melhor para os grupos de pessoas sem restrições de mobilidade e para as pessoas com restrições de mobilidade (idosos). Os grupos com piores níveis de acessibilidade foram os usuários com restrições na locomoção resultantes de deficiência visual (cegos) ou deficiência física (cadeirantes).

Os resultados do modelo multicritério não foram diretamente comparados nem ponderados, como foi sugerido em seu formato original, devido à possibilidade de perda de identificação dos grupos de usuários. Assim, estes resultados foram submetidos à análise de relação com os Níveis de Serviço propostos, onde finalmente puderam ser comparados.

Com a aplicação dos Níveis de Serviço, ficou claro que os resultados levam a concluir que os espaços urbanos avaliados, no geral, não oferecem plenas condições de acessibilidade relativa para nenhum dos grupos considerados.

A contribuição principal desta pesquisa foi dada a partir da forma de análise dos espaços que relaciona as suas condições de acessibilidade para usuários com restrições de mobilidade, tendo como referência, aqueles sem restrições. Esta visão de avaliação do espaço urbano consegue assumir níveis que um determinado grupo de usuários pode apresentar em detrimento do grupo sem restrições de mobilidade.

7.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

É sugerido que esta pesquisa seja aplicada com indivíduos que apresentem outras restrições de mobilidade (por exemplo, gestantes, obesos etc.). Para que o modelo possa ser alimentado por um maior número de critérios.

Um estudo mais detalhado com os usuários idosos também pode resultar em dados mais adequados para o modelo. Sugere-se que este grupo seja subdividido em faixas de idade mais específicas (por exemplo, idosos acima de 80 anos podem apresentar resultados diferentes dos apresentados nesta pesquisa).

Para o caso de usuários cegos sugere-se a introdução de critérios voltados à percepção sensorial dentro de um espaço tridimensional. O modelo proposto pode ser alimentado em diferentes níveis de altura para contemplar obstáculos que não estejam imediatamente junto ao chão.

A aplicação do aparelho *smartband* em novas análises sobre a acessibilidade dos espaços urbanos deve ser considerada. Sugere-se que sejam realizadas pesquisas com amostras mais numerosas de indivíduos, a fim de que este instrumento de avaliação apresentado possa ser disseminado e aprimorado.

É sugerido ainda, que sejam utilizadas as medidas aferidas pelo *smartband* como critérios do modelo proposto, pois estas medidas já incluem situações de impedâncias.

A aplicação do modelo em uma escala urbana ampliada também é sugerida como pesquisa a ser realizada. Esta pesquisa pode vir a incrementar o modelo ou detectar possíveis limitações em macro-escala.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (1997) **NBR 14020 - Transporte – Acessibilidade à Pessoa Portadora de Deficiência – Trem de Longo Percurso**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1ª ed. 4 p.
- _____ (1999) **NBR 14273 - Acessibilidade da Pessoa Portadora de Deficiência no Transporte Aéreo Comercial**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1ª ed. 5 p.
- _____ (2000) **NBR 13994 - Elevadores de Passageiros - Elevadores para Transporte de Pessoa Portadora de Deficiência**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2ª ed. 15 p.
- _____ (2004) **NBR 9050 - Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2ª ed. 97 p.
- _____ (2005a) **NBR 14021 - Transporte – Acessibilidade no Sistema de Trem Urbano ou Metropolitano**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2ª ed. 39 p.
- _____ (2005b) **NBR 15320 - Acessibilidade à Pessoa com Deficiência no Transporte Rodoviário**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1ª ed. 8 p.
- _____ (2006) **NBR 14022 - Acessibilidade em Veículos de Características Urbanas para o Transporte Coletivo de Passageiros**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2ª ed. 17 p.
- Aguiar, F. de O. (2003) **Análise de Métodos para Avaliação da Qualidade de Calçadas**. Dissertação de Mestrado. São Carlos: UFSCar. 111 p.
- Aguiar, F. de O.; Rau, A.; Silva, A. N. R. da; Topp, H. H. (2006) **Barrier Free Public Transportation: The Brazilian and German Cases**. Trabalho apresentado no **XIV Panamerican Conference Traffic & Transportation Engineering**. Universidade de Las Palmas de Gran Canaria.
- Aguiar, F. de O.; Silva, A. N. R. da; Ramos, R. A. R.; Yuassa, V. N. (2008) **Avaliação da Mobilidade em Espaços Urbanos com Deficiências para Pessoas com Dificuldade de Locomoção**. **III Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS 2008**. Santos, São Paulo.
- Aguiar, F. de O.; Silva, A. N. R. da; Ramos, R. A. R. (2009) **Cenários de Avaliação das Restrições à Mobilidade dos Pedestres em Espaços Públicos: O Caso de um Campus Universitário**. **Revista ANPET**. No prelo.
- Axelson, P. W.; Wong, K. M. e Kirschbaum, J. B. (1999) **Development of an Assessment Process to Evaluate Sidewalk Accessibility**. **Transportation Research Record**. 1671. p. 5-10.

- Barela, A. M. F. (2005) **Análise Biomecânica do Andar de Adultos e Idosos nos Ambientes Aquático e Terrestre**. Tese de Doutorado. São Paulo: USP/Escola de Educação Física e Esporte. 87 p.
- Bassey, E. J.; Bendall, M.J.; Pearson, M. (1988) Muscle Strength in the Triceps Surae and Objectively Measured Customary Walking Activity in Men and Women Over 65 Years of Age. Department of Physiology and Pharmacology, University of Nottingham Medical School, Queen's Medical Centre, U.K. **Clinical Science (London)**.74(1):85-9.
- Beale, L.; Matthews, H.; Picton, P.; Briggs, D. (2000) MAGUS: Modeling Access with GIS I Urban Systems: An Application for Wheelchair Users in Northamptonshire, **6th ERCIM Workshop User Interfaces for All**, Florence, Italy. Disponível em: <<http://www.ui4all.gr/UI4ALL-2000/files/Posters/Beale.pdf>> Acesso em: 15 maio 2009.
- Blennemann, F.; Girnau, G.; Grossmann, H. (2003) **Barrier-Free Public Transport in Germany**. Federal Ministry of Transport, Building and Housing, Association of German Transport Undertakings, VDV Promotional Group.
- Brasil (1990). **Código de Defesa do Consumidor**. Lei n° 8.078, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm>. Acesso em: 15 fev. 2008.
- _____. (1993) **Constituição da República Federativa do Brasil**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização Juarez de Oliveira. 8a ed. São Paulo: Saraiva. 178 pp.
- _____. (2000a) **Lei n° 10.098**, de 19 de dezembro de 2000. Diário Oficial da União, 20/12/2000. Brasília. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/lei10098.pdf>> Acesso em: 20 jun. 2008.
- _____. (2000b) **Lei n° 10.048**, de 08 de novembro de 2000. Diário Oficial da União, 09/11/2000. Brasília. Disponível em: <http://www8.pr.gov.br/portals/portal/institucional/dee/legislacao/lf_lei10048_00.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2008.
- _____. (2004) **Decreto Presidencial n° 5.296**, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis n° 10.048 e 10.098. Diário Oficial da União, 03/12/2004. Brasília. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2004-20062004DecretoD5.296.htm. Acesso em julho de 2007.
- Cambiaghi, S. (2007) **Desenho Universal: Métodos e Técnicas para Arquitetos e Urbanistas**. São Paulo: SENAC. 269 p.
- Carvalho, M. V. G. S. de A. (2006) **Um Modelo para Dimensionamento de Calçadas Considerando o Nível de Satisfação do Pedestre**. Tese de Doutorado. São Carlos: EESC/USP. Departamento de Engenharia de Transportes. 155 p.
- Childs, C.; Fujiyama, T.; Brown, I.; Tyler, N. (2005) Pedestrian Accessibility and Mobility Environment Laboratory. **Proceedings of Walk 21 VI, 22 - 23 September 2005**. UNSPECIFIED, Zurich, Switzerland. Disponível em: <http://eprints.ucl.ac.uk/1414/>. Acesso em: março de 2010.
- CET (1978) Companhia de Engenharia de Tráfego. **Áreas de Pedestres: Conceito**. São Paulo: Boletim Técnico, n°17.
- CET (1980) Companhia de Engenharia de Tráfego. **Projeto Piloto: Deficientes Físicos e Visuais**. São Paulo: Boletim Técnico, n°24.

- Chesney, D. A.; Axelson, P. W. (1996) Preliminary Test Method for the Determination of Surfaces Firmness. **IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering**. Vol. 4(3), p. 182-187.
- Cohen, R. (2006) **Cidade, Corpo e Deficiência: Percursos e Discursos Possíveis na Experiência Urbana**. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: EICOS/IP/UFRJ, 213 p.
- Costa, S. F. (2005) **Introdução Ilustrada à Estatística**. São Paulo: HARBRA. 4ª. Ed. 399p.
- Costa, M. da S. (2008) **Um Índice de Mobilidade Urbana Sustentável**. Tese de Doutorado. São Carlos: EESC/USP. Departamento de Engenharia de Transportes. 248 p.
- Cucci Neto, J. (1996) **Aplicações da Engenharia de Tráfego na Segurança dos Pedestres**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica/USP. Departamento de Engenharia de Transportes. 299 p.
- DENATRAN (1987) Manual de Segurança do Pedestre. **Departamento Nacional de Trânsito**. 2a. ed. Brasília. Coleção Serviços de Engenharia. Vol. 3.
- Dischinger, M.; Ely, V. H. M. B.; Machado, R.; Daufenbach, K.; Souza, T. R. M. de; Padaratz, Rntonini, C. (2004) **Desenho Universal nas Escolas: Acessibilidade na Rede Municipal de Ensino de Florianópolis**. Florianópolis: PRELO. 190p.
- Dixon, L. B. (1996) Bicycle and Pedestrian Level of Service Performance Measures and Standards for Congestion Management Systems. **In: TRB Annual Meeting**. Disponível em: <<http://trb.metapress.com/content/36g783p825832850/fulltext.pdf>> Acesso em: 2 maio 2009.
- Duarte, C. R.; Cohen, R. (2004) Arquitetura, Espaço, Acesso e Afeto: A Construção de uma Experiência Afetiva por Pessoas com Dificuldade de Locomoção. **Seminário Internacional Sociedade Inclusiva**, PUC-Minas. Disponível em: <<http://www.bengalalegal.com/afetoelugar.php>>. Acesso em: 19 de setembro de 2007.
- ECMT (2006) Improving Transport Accessibility for All – Guide to Good Practice. **European Conference of Ministers of Transport**. Disponível em: <<http://www.internationaltransportforum.org/europe/ecmt/pubpdf/06TPHguide.pdf>> Acesso em: 26 jul. 2009.
- Feijó, A. R. A. (2002) **Direitos Humanos e Proteção Jurídica da Pessoa Portadora de Deficiência: Normas Constitucionais de Acesso e Efetivação da Cidadania à Luz da Constituição Federal de 1988**. Brasília: Ministério da Justiça, Secretaria de Estado dos Direitos Humanos, 184 p.
- Ferraz, A. C. C. P.; Torres, I. G. E. (2004) **Transporte Público Urbano**. São Carlos: RiMa. 480 p.
- Ferreira, M. A. G.; Sanches, S. P. (1998) Avaliação do Conforto e Segurança dos Pedestres. Anais do **X Congresso Panamericano Ingeniería de Tránsito y Transporte**. Santander, España. pp. 243-253.
- Ferreira, M. A. G.; Sanches, S. P. (2001) Índice de Qualidade das Calçadas – IQC. **Revista dos Transportes Públicos** – ANTP. São Paulo. Ano 23. 2º trim. nº 9. pp. 47-60.
- Ferreira, M. A. G.; Sanches, S. P. (2006) Análise da Aplicação de Dois Métodos para Avaliar as Opiniões de um Grupo de Cadeirantes sobre a Qualidade da Infra-estrutura das Calçadas e Espaços Públicos. **II Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS 2006**. Braga, Portugal.

- Fisk, A. D.; Rogers, W. A., Charness, N.; Czaja, s. J., Sharit, J. (2004) **Designing for Older Adults: Principles and Creative Human Factors Approaches**. Florida: CRC Press. 158 p.
- Fontana, A. M. (2005) **Estudo Psicofísico sobre Conspicuidade, Estética e Harmonia Ambiental de Sinais de Trânsito**. Tese de Doutorado. São Carlos: USP/EESC.142 p.
- Freitas, E. V.; Py, L.; Néri, A. L.; CANÇADO, F. A. X.; GORZONI, M. L.; ROCHA, S. M. (2002) **Tratado de Geriatria e Gerontologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara-Koogan.
- Fruin, J. J. (1971) **Pedestrian Planning and Design**. New York, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, Inc. 206 p.
- Gil, M. (2005) **Educação Inclusiva: O que o Professor tem a Ver com Isso?** São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo: Ashoka Brasil, 165 p.
- Guilford, J. P. (1954) **Psychometric Methods**. 2 ed. McGrownHill. New York.
- Gondim, M. F. (2001) **O Transporte não Motorizado na Legislação Urbana no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ. Departamento de Engenharia de Transportes. 185 p.
- Hellinga, B. (1998) Requirements for the Validation and Calibration of Traffic Simulation Models. **Proceedings of Canadian Society for Civil Engineering 1998**. Annual Conference Held in Halifax, Nava Scotia. vol. IVb, p. 211-222.
- Holtzclaw, J. (1994) Using Residencial Patterns and Transit to Decrease Auto Dependence and Costs. **Smart Growth Network Web Site**. Disponível em: <<http://www.smartgrowth.org/library/cheers.html>> Acesso em: 15 maio 2009.
- IBGE (2000) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2008.
- Ishida, T. *et al.* (2006) Evaluation of Sidewalk Unevenness Based on Wheelchair Traveling Resistance. **Transportation Research Record**. Journal of the Transportation of Research Board. Transportation Research Board of the National Academics. Washington D.C. 1956. pp. 68-75.
- Jones, S. R. (1981) Accessibility Measures: A Literature Review. **Transport and Road Research Laboratory**. Department of the Environment. Department of Transport. Laboratory Report 967.
- Keppe Jr., C. L. G. (2007) **Formulação de um Indicador de Acessibilidade das Calçadas e Travessias**. Dissertação de Mestrado. São Carlos: UFSCar. 120 p.
- Khisty, J. C. (1994) Evaluation of Pedestrian Facilities: Beyond the Level-of-Service Concept. **In: Transportation Research Record 1438**, TRB, National Research Council, Washington, DC.
- Kiss, M. A. P. D. M. (1987) **Avaliação em Educação Física: Aspectos Biológicos e Educacionais**. São Paulo: Manole. 1ª Ed. 207p.
- Kockelman, K.; Zhao, Y.; Blanchard-Zimmerman, C. (2000) The Nature of ADA's Sidewalk Cross-Slopes Requirements: A review of the Literature. **79th Annual Meeting of Transportation Research Board**, Washington DC. Disponível em: <http://www.ce.utexas.edu/prof/kockelman/public_html/TRB00_LitRev.pdf> Acesso em: 15 fev. 2009.

- Kockelman, K.; Heard, L.; Kweon, Y.; Rioux, T. (2002) Sidewalk Cross-Slope: Analysis of Accessibility for Persons with Disabilities. **81st Annual Meeting of the Transportation Research Board**, Washington DC. Disponível em: <http://www.ce.utexas.edu/prof/kockelman/public_html/trb02sidewalk.pdf> Acesso em 15 jan. 2009.
- Landis, B. W.; Vattikuti, V. R.; Ottenberg, R. M.; McLeod, D. S.; Guttenplan, M. (2001) Modeling the Roadside Walking Environment: A Pedestrian Level of Service. **In: Transportation Research Record 1773**. Washington DC, TRB. Disponível em: <<http://www.dot.state.fl.us/planning/systems/sm/los/pdfs/pedlos.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2009.
- Lianza, S.; Sposito, M. M. de M. (1994) **Reabilitação: A Locomoção em Pacientes com Lesão Medular**. São Paulo: SARVIER: Associação Paulista de Medicina. 122 p.
- Luchetti, R. L. L. (2008) **Aferição da Mobilidade Física: Relações entre Resultados de Testes Referidos e Observacionais**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: USP. 103 p.
- Lunaro, A. (2006) **Avaliação dos Espaços Urbanos Segundo a Percepção das Pessoas Idosas**. Dissertação de Mestrado. São Carlos: UFSCar. 107 p.
- Magalhães, G. (1999) O Portador de Deficiência nos Transportes. **Revista dos Transportes Públicos**. ANTP. Ano 21, 2º trim., nº 83, pp. 77-86.
- Malczewski, J. (1999) **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. New York: John Wiley & Sons. 392 p.
- MDT (2003) Documento Base do Movimento Nacional pelo Direito do Transporte Público de Qualidade para Todos. **Revista dos Transportes Públicos**. ANTP, São Paulo.
- Melo, F. B. (2005) **Proposição de Medidas Favorecedoras à Acessibilidade e Mobilidade de Pedestres em Áreas Urbanas. Estudo de Caso: O Centro de Fortaleza**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes/UFC. 157 p.
- Mendes, J. F. G. (1999) **Onde Viver em Portugal: Uma Análise da Qualidade de Vida nas Capitais de Distrito**. Coimbra: Ed. Ordem dos Engenheiros - Região Centro. 134 p.
- Mendes, J. F. G. (2000) Decision Strategy Spectrum for the Evaluation of Quality of Life in Cities. **In: Proceedings of the International Conference on Quality of Life in Cities – ICQOLC 2000**, Cingapura.
- Mendes, J. F. G. (2001) Multicriteria Accessibility Evaluation using GIS as applied to Industrial Location in Portugal. **Earth Observation Magazine**, 10(2), 31-35.
- Ministério das Cidades (2005) **Ateprojeto de Lei da Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana - SEMOB, Departamento de Regulação e Gestão. 2ª ed. Brasília, Novembro 2005.
- Ministério das Cidades (2006a) **Construindo a Cidade Acessível**. Brasil Acessível - Programa Brasileiro de Acessibilidade Urbana. Caderno 2, 1ª ed., Brasília, Dezembro 2006.
- Ministério das Cidades (2006b) **A Mobilidade Urbana no Planejamento da Cidade**. Cartilha - Ministério das Cidades. 1ª ed. Brasília, Outubro 2006.

- Moore, P. A. (2001) Experiencing Universal Design. **In: Universal Design Handbook**. Wolfgang Preiser and Elaine Ostroff. McGraw-Hill. Chapter 2. pp. 2.1-2.12.
- Mori, M.; Tsukaguchi, H. (1987) A New Method for the Evaluation of Level of Service in Pedestrian Facilities. **Transportation Research A**. vol. 21A, n. 3, pp. 223-234.
- Morrow, J. R.; Jackson, A.W.; Disch, J.G.; Mood, D.P. (2005) **Measurement and evaluation in human performance**. Champaign: Human Kinetics Profe. 3rd ed. 398p.
- Noland, R. B. (1996) Pedestrian Travel Times and Motor Vehicle Traffic Signals. In: **Transportation Research Board**. Transportation Research Record No. 1553, Traffic Control Devices, Visibility, and Evaluations. Disponível em: <http://www.usroads.com/journals/p/rej/9710/re971002.htm> Acesso em: 5 jan. 2009.
- Oeda, Y.; Sumi, T; Vandebona, U. (2003) Wheelchair User Perception of Road Roughness. **26th Australian Transport Research Forum**, Wellington, New Zeland.
- Orlandi, S. C. (2003) **Percepção do Portador de Deficiência Física com Relação à Qualidade dos Espaços de Circulação Urbana**. Dissertação de Mestrado. São Carlos: UFSCar. 130 p.
- Ostroff, E. (2001a) Universal Design: The New Paradigm. **In: Universal Design Handbook**. Wolfgang Preiser and Elaine Ostroff. McGraw-Hill. Chapter 1. pp. 1.3-1.12.
- Ostroff, E. (2001b) CD-ROM Accompaniment to the Universal Design Handbook. ADA Guidelines and Rights-of-Way Technical Assistance Materials. **In: Universal Design Handbook**. U.S. Access Board, Washington, DC. By James Thoms, McGraw-Hill. New York.
- Prado, A. R. de A. (1997) Ambientes Acessíveis. Artigo publicado no documento sobre o **Primeiro Seminário Nacional "A Pessoa Portadora de Deficiência no Mundo do Trabalho"**, CORDE. Disponível em: <<http://www.entreamigos.com.br/>>
- Pushkarev, B.; Zupan, J. M. (1975) Capacity of Walkways. **Transportation Research Record 588**. p 1-15.
- Rabelo, G. B. (2008) **Avaliação da Acessibilidade de Pessoas com Deficiência Física no Transporte Coletivo Urbano**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Engenharia Civil – FECIV.
- Raia Jr., A. A. (2000) **Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice de Potencial de Viagens Utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informações Geográficas**. Tese de Doutorado. São Carlos: USP/EESC.196 p.
- Ramos, R. A. R. (2000) **Localização Industrial: Um Modelo Espacial para o Noroeste de Portugal**. Tese de Doutorado. Braga: Universidade do Minho/Escola de Engenharia. 299 p.
- Replogle, M. (1990) Computer Transportation Models for Land Use Regulation and Master Planning in Montgomery County, Maryland, **Transportation Research Record 1262**. pp. 91-100. Disponível em: <http://www.inro.ca/en/pres_pap/european/eeug92/Europe02_1992.pdf> Acesso em 12 jan. 2009.
- Rocha, E. F. (2006) **Reabilitação de Pessoas com Deficiência: A Intervenção em Discussão**. São Paulo: Ed. Roca. 320 p.
- Rodrigues, D. S. (2001) **Avaliação Multicritério da Acessibilidade em Ambiente SIG**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho, Braga, Portugal. 144 p.

- Rodrigues, D. S. (2007) **Sistema de Informação para Avaliação e Monitorização da Qualidade de Vida em Campi Universitários**. Tese de Doutoramento. Universidade do Minho, Braga, Portugal. 249 p.
- Roosmalen, L. van; Ohnabe, H. (2006) Universal Design. Series in Medical Physics and Biomedical Engineering. **In: An Introduction to Rehabilitation Engineering**. Edited by Rory Cooper, Hisaichi Ohnabe and Douglas Hobson. University of Wisconsin-Madison, USA. pp. 47-65.
- Sant'Anna, R. M. de; Câmara, P.; Braga, M. G. C. (2002). Mobilidade na Terceira Idade: Como Planejar o Futuro? **XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. ANPET. vol 1.
- Sarkar, S. (1993) Determination of Service Quality Levels for Pedestrians: With European Examples. **In: Transportation Research Record 1405**. TRB. National Research Council, Washington DC.
- Sarkar, S. (1995a) Evaluation of Different Types of Pedestrian-Vehicle Separations. **Transportation Research Record**. 1502, p. 83-95.
- Sarkar, S. (1995b) Evaluation of Safety for Pedestrian at Macro and Micro Levels in Urban Areas. **Transportation Research Record 1502**, p. 105-118.
- Sarkar, S. (1996) An Evaluation method for Comfort Requirement. **In: Outdoor Pedestrian Spaces” presented in TRB annual meeting**.
- Silva, A. N. R. da; Ramos, R. A. R.; Souza, L. C. L. de; Rodrigues, D. S.; Mendes; J. F. G. (2008) **SIG: Uma Plataforma para Introdução de Técnicas no Planejamento Urbano, Regional e de Transportes – Uma Ferramenta 3D para Análise Ambiental Urbana, Avaliação Multicritério, Redes Neurais Artificiais**. São Carlos, SP: EdUFSCar. 227 p.
- Soares, S.; Coelho, F. G. de M.; Arantes, L. M. (2005) **Análise Biomecânica da Marcha em Idosas Praticantes de Musculação do Projeto AFRID**. Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <http://www.afrid.faei.ufu.br/producoes_cientificas/artigo.../completo.pdf>. Acesso em: 22 janeiro 2009.
- Steiner, R. L.; Crider, L. B.; Betancourt, M. (2006) **Safe Ways to Schools: The Role in Multimodal Planning**. Florida Department of Transportation Systems Planning Office. 157p. Disponível em: <http://www.dot.state.fl.us/Research-Center/Completed_Proj/Summary_PL/FDOT_BD545_32_rpt.pdf> Acesso em: 20 maio 2009.
- Story, M. F. (2001) Principles of Universal Design. **In: Universal Design Handbook**. Wolfgang Preiser and Elaine Ostroff. McGraw-Hill. Chapter 10. pp. 10.3-10.19.
- Tanaka, K.; Yoshikawa, S. (2007) On the Barrier-free Network by GIS. **10th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management**. Iguassu Falls, Brazil. Paper 72. 12 p. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/7315453/On-the-Barrierfree-Network-by-Gis>> Acesso em: 20 fev. 2009.
- Tarawneh, M. S. (2001) Evaluation of Pedestrian Speed in Jordan with Investigation of Some Contributing Factors. **National Safety Council and Elsevier Science Ltd. Published by Elsevier Science Ltd**. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V6F-43N567J-7&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=960684806&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=55e2f44d9783158e541363147c97eb9d#vt1> Acesso em: 15 jan. 2009.

- TRB (2000) Highway Capacity Manual. **Transportation Research Board**. National Research Council. Washington, D. C., EUA.
- Ubierna, J. A. J. (2008) Buenas Prácticas em Planeamiento Municipal: Diseño y Accesibilidad. **II Encuentro Urbanismo para los Ciudadanos**. Castilla - La Mancha. Consejería de Ordenación del Territorio y Vivienda. Disponível em: <http://www.fundacionsuma.org/encuentroubanismo/cuenca/jose_antonio_junca.pdf> Acesso em: 26 maio 2009.
- Vizioli, S. H. T.; Bruna, G. C.; Peres, P. T. (2005) A Study of the Pedestrians Public Ways in São Paulo City Centre, Brasil, Focusing on Wheelchair Users. **Proceedings of the 24th Southern African Transport Conference**. ISBN Number: 1-920-01712-7. Produced by Document Transformation Technologies. pp. 323-331. Disponível em: <<http://www.up.ac.za/dspace/bitstream/2263/6421/1/040.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2009.
- Völkel, T.; Weber, G. (2007) A New Approach for Pedestrian Navigation for Mobility Impaired Users Based on Multimodal Annotation of Geographical Data. C. Stephanidis (Ed.): **Universal Access in HCI**, Part II, HCII 2007, LNCS 4555, pp. 575-584. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/44569w64467xk357/>>. Acesso em: 15 abr. 2009.
- Yairi, I. E.; Igi, S. (2007) Universal Designed Mobility Support Geographic Information System for All Pedestrians. **Journal of the National Institute of Information and Communications Technology**. Vol. 54, n. 3. Pp. 135-145. Disponível em: <<http://www.nict.go.jp/publication/shuppan/kihou-journal/journal-vol54no3/05-03.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2009.
- Yuassa, V. N. (2008) **Impacto da Hierarquia Viária Orientada para o Automóvel no Nível de Serviço de Modos Não Motorizados**. Dissertação de Mestrado. São Carlos: EESC/USP. Departamento de Engenharia de Transportes. 188 p.
- Zambon, K. L.; Carneiro, A. A. de F. M.; Silva, A. N. R. da; Negri, J. C. (2005) Análise Multicritério na Localização de Usinas Termoelétricas Utilizando SIG. **Revista Pesquisa Operacional**. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/pope/v25n2/25705.pdf>>. Acesso em: 15 março 2009.
- Zeile, P.; Exner, J.; Streich, B. (2009) Human as Sensors? The Measurement of Physiological Data in City Areas and the Potential Benefit for Urban Planning. In: **11th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management**, Hong Kong. Proceedings Hong Kong : Centre of Urban Studies and Urban Planning, The University of Hong Kong.