

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes

**ANÁLISE DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE DE TRAVESSIAS DE PEDESTRES:
PROPOSTA E RECOMENDAÇÕES PARA UM MÉTODO
PADRÃO**

Samuel Herthel Cunha e Silva

Belo Horizonte

2016

Samuel Herthel Cunha e Silva

**ANÁLISE DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE DE TRAVESSIAS DE PEDESTRES:
PROPOSTA E RECOMENDAÇÕES PARA UM MÉTODO
PADRÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geotecnia e Transportes.

Área de concentração: Transportes

Orientadora: Prof.^a Heloisa M. Barbosa

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2016

S586a

Silva, Samuel Herthel Cunha e.

Análise de métodos de avaliação da qualidade de travessias de pedestres [manuscrito] : proposta e recomendações para um método padrão / Samuel Herthel Cunha e Silva. - 2016.

xiii, 216 f., enc.: il.

Orientadora: Heloisa Maria Barbosa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices: f. 178-216.

Bibliografia: f. 173-177.

1. Engenharia de transportes - Teses. 2. Mobilidade de pessoal - Teses. 3. Pedestres - Teses. I. Barbosa, Heloisa Maria. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 656(043)



FOLHA DE APROVAÇÃO

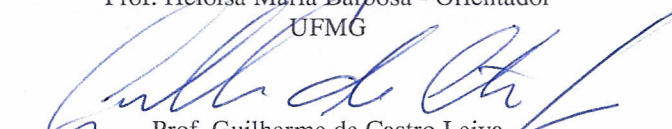
ANÁLISE DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE
TRAVESSIAS DE PEDESTRES:
PROPOSTA E RECOMENDAÇÕES PARA UM MÉTODO

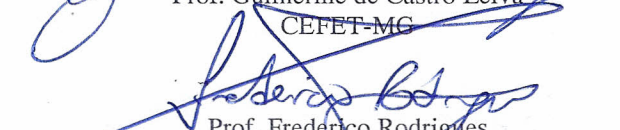
SAMUEL HERTHEL CUNHA E SILVA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOTECNIA E TRANSPORTES, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOTECNIA E TRANSPORTES, área de concentração TRANSPORTES.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2016, pela banca constituída pelos membros:


Prof. Heloisa Maria Barbosa - Orientador
UFMG


Prof. Guilherme de Castro Leiva
CEFET-MG


Prof. Frederico Rodrigues
ImTraff Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda.

Belo Horizonte, 26 de fevereiro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Colegiado e aos funcionários do Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia pela oportunidade e, principalmente, à minha Orientadora, Professora Heloísa, pela infinita paciência e compreensão.

Em especial, agradeço à minha mãe, Margarida, pelo seu exemplo eterno de persistência e retidão, e que me ensinou os valores que me impulsionam. À minha esposa e alma-gêmea, Sabine, por estar sempre ao meu lado, me apoiando incondicionalmente em cada novo desafio, que me motiva, que me faz feliz independente dos obstáculos impostos a nós pela sorte, e com quem divido cada nova conquista. E à minha filhinha que, mesmo sem entender, aceitou sorrindo os períodos de ausência do pai nos infindáveis fins de semana de estudo.

Acima de tudo, agradeço a DEUS pela família que me fortalece e por me dar saúde e condições para concretizar esta realização.

RESUMO

A importância de promover a mobilidade sustentável é cada vez mais evidente na sociedade atual. Além dos aspectos ambientais, o aumento dos níveis de congestionamento e o reconhecimento dos prejuízos de uma vida sedentária ajudam a corroborar um maior respeito por parte das autoridades públicas ao modo a pé (FERREIRA; SANCHES, 2001). Atualmente este modo de transporte tomou tamanha importância no Brasil que a Lei da Mobilidade Urbana (Lei 12.587/12) definiu a priorização dos modos não motorizados sobre os motorizados como uma de suas diretrizes básicas. Ao longo dos anos, diversos estudos foram desenvolvidos pretendendo compreender os vários aspectos que afetam a caminhada, normalmente, focando a análise de calçadas, negligenciando, em alguns casos, os trechos de travessia de vias. Gold (2003) salienta a importância da avaliação das travessias como parte da análise de qualidade das rotas, uma vez que representam, normalmente, 10% do percurso. O momento da travessia, em relação ao trecho de caminhada, é significativo para a qualidade do deslocamento e requer um empenho expressivo devido à complexidade de análise, tornando a avaliação da travessia e o aprofundamento dos estudos relacionados muito importantes. Com o intuito de conjugar os esforços de pesquisa para o melhor entendimento e avaliação das travessias de pedestres é que surge a proposta de definir, dentre os métodos existentes, um padrão de avaliação. Para tal, foi desenvolvido o presente trabalho em três etapas metodológicas. Inicialmente os métodos disponíveis foram estudados e descritos através de pesquisa bibliográfica. Nove métodos fizeram parte desta primeira etapa do estudo. O segundo momento correspondeu à análise dos métodos, que avaliou os desempenhos teórico, de campo e prático, resultando na seleção dos seguintes métodos: HCM 2010 (TRB, 2010), Dixon (1996), Silva e Barbosa (2011), Basile et al. (2010), Nunes e Rodrigues (2010), Muraleetharan *et al.* (2005) como candidatos à padronização. Por fim, esses seis métodos foram avaliados por um grupo de especialistas da área, utilizando o Método de Análise Hierárquica para a tomada de decisão quanto à indicação de um método padrão. A metodologia Nunes *et al.* (2010) foi indicada como padrão, associada ao método Dixon (1996), de forma a conferir maior aplicabilidade quando necessário. Este trabalho permitiu, além da indicação de um método padrão, sugerir um método complementar, que cobrisse a principal deficiência do método escolhido, e a formulação de sugestões para evolução dos estudos, tanto do método padrão como dos demais avaliados.

ABSTRACT

The importance of promoting sustainable mobility is increasingly evident in our society today. In addition to the environmental aspects, the increase of the levels of congestion and the recognition of losses from a sedentary lifestyle help corroborate a greater respect to walking by the public authorities (FERREIRA; SANCHES, 2001). Currently in Brazil this mode of transport has taken such importance that the Brazilian Urban Mobility Law (Law 12.587/12) has defined the prioritization of non-motorized modes upon the motorized one as one of its basic guidelines. Over the years, several studies have been developed intending to understand the various aspects that affect walking, usually, focusing on the analysis of sidewalks, neglecting, in some cases, the stretches of road crossings. Gold (2003) stresses the importance of assessing the crossings as part of the analysis of the quality of routes, as they usually represent 10% of the course. The moment of crossing, besides its significance to the quality of the circulation, requires a strong effort due to the complexity of the analysis, making the evaluation of the crossing and the deepening of related studies very important. In order to combine research efforts to better understand and evaluate pedestrian crossings this proposal was outlined to define, among the existing methods, a standard one. Therefore, this study was developed in three methodological steps. Initially the available methods have been studied and described according to the literature review. Nine methods took part of this first step of the study. The second stage corresponded to the analysis of the nine methods, which evaluated the theoretical, field and practical performances, resulting in the selection of the following methods: HCM 2010 (TRB, 2010), Dixon (1996), Silva and Barbosa (2011), Basile et al. (2010), Nunes and Rodrigues (2010), Muraleetharan et al. (2005) as candidates for the process of standardization. Finally, these six methods were evaluated by a group of experts in the subject, using the Analytic Hierarchy Process for the decision making regarding the indication of the standard method. The Nunes *et al.*(2010) methodology was pointed out as a standard associated with the method of Dixon (1996), in order to give it a greater applicability whenever necessary. This work allowed, beyond stating a standard method, to suggest a complementary one that would fulfil the main weakness of the chosen method, and the formulation of suggestions for the evolution of the studies, concerning the standard method as well as the other evaluated methods.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	XIII
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.2 JUSTIFICATIVA	2
1.3 OBJETIVO	4
1.3.1 <i>Objetivo geral</i>	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	5
2 A ENGENHARIA DE TRÁFEGO PARA PEDESTRES	6
2.1 A IMPORTÂNCIA DO MODO A PÉ.....	6
2.2 EVOLUÇÃO DO TRATAMENTO DADO AO PEDESTRE NO CONTEXTO URBANO.....	7
2.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DO CAMINHAMENTO DE PEDESTRES	10
2.4 PONDERAÇÕES SOBRE A AVALIAÇÃO DE CALÇADAS E TRAVESSIAS	13
2.4.1 <i>A importância das travessias de pedestres</i>	14
2.4.2 <i>Especificidades da travessia de pedestres</i>	14
2.4.3 <i>Parâmetros de projeto das travessias de pedestre</i>	16
3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE TRAVESSIA DE PEDESTRES	18
3.1 CATEGORIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE TRAVESSIAS DE PEDESTRES	18
3.2 MÉTODOS DE ROTA	19
3.2.1 <i>Descrição do método de Khisty (1994)</i>	19
3.2.2 <i>Descrição do método de Sarkar (1995)</i>	23
3.2.3 <i>Descrição do método de Dixon (1996)</i>	25
3.2.4 <i>Descrição do método de Silva e Barbosa (2011)</i>	28
3.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO PARA CASOS ESPECÍFICOS	31
3.3.1 <i>Descrição do método de Araújo et al. (2008)</i>	31
3.3.2 <i>Descrição do método de Basile et al.(2010)</i>	36
3.4 MÉTODOS GERAIS PARA TRAVESSIA	43
3.4.1 <i>Descrição do método HCM 2010</i>	43
3.4.2 <i>Descrição do método de Nunes et al. (2010)</i>	60

3.4.3	<i>Descrição do método de Muraleetharan et al. (2005)</i>	71
4	METODOLOGIA	75
4.1	ESTUDO DOS MÉTODOS DISPONÍVEIS	77
4.2	ANÁLISE DOS MÉTODOS PESQUISADOS E SELEÇÃO DE MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO	77
4.3	CONSULTA AO GRUPO DE ESPECIALISTAS	80
4.4	PROPOSTA DE PADRONIZAÇÃO E MELHORIA	81
5	ANÁLISE DOS MÉTODOS	83
5.1	ANÁLISE TEÓRICA DOS MÉTODOS LEVANTADOS.....	83
5.1.1	<i>Análise teórica do método de Khisty (1994)</i>	83
5.1.2	<i>Análise teórica do método de Sarkar (1995)</i>	85
5.1.3	<i>Análise teórica do método de Dixon (1996)</i>	86
5.1.4	<i>Análise teórica do método de Silva e Barbosa (2011)</i>	87
5.1.5	<i>Análise teórica do método de Araújo et al. (2008)</i>	87
5.1.6	<i>Análise teórica do método de Basile et al. (2010)</i>	88
5.1.7	<i>Análise teórica do método HCM 2010</i>	89
5.1.8	<i>Análise teórica do método de Nunes et al. (2010)</i>	90
5.1.9	<i>Análise teórica do método de Muraleetharan et al. (2005)</i>	91
5.1.10	<i>Necessidade de adaptação dos métodos de rota</i>	92
5.1.11	<i>Pré-seleção dos métodos para a pesquisa de campo</i>	93
5.2	ANÁLISE DO DESEMPENHO EM CAMPO	93
5.2.1	<i>Escolha das travessias de teste</i>	93
5.2.2	<i>Descrição das travessias de teste</i>	97
5.2.3	<i>Descrição dos levantamentos de campo</i>	103
5.2.4	<i>Relato técnico dos levantamentos de campo</i>	106
5.2.5	<i>Dados levantados</i>	110
5.2.6	<i>Ponderações sobre o desempenho em campo por método</i>	114
5.2.7	<i>Seleção dos métodos após os trabalhos de campo</i>	117
5.3	APLICAÇÃO DOS MÉTODOS.....	118
5.3.1	<i>Aplicação do método de Dixon (1996)</i>	119
5.3.2	<i>Aplicação do método de Silva e Barbosa (2011)</i>	121
5.3.3	<i>Aplicação do método de Basile et al. (2010)</i>	122
5.3.4	<i>Aplicação do método HCM 2010</i>	122
5.3.5	<i>Aplicação do método de Nunes et al. (2010)</i>	124
5.3.6	<i>Aplicação do método de Muraleetharan et al. (2005)</i>	125
5.3.7	<i>Resumo dos resultados</i>	126

5.3.8	<i>Análise dos resultados obtidos</i>	126
5.4	ANÁLISE GERAL DOS MÉTODOS	128
5.4.1	<i>Análise geral do Método HCM 2010</i>	129
5.4.2	<i>Análise geral do método Dixon (1996)</i>	129
5.4.3	<i>Análise Geral do método Silva e Barbosa (2011)</i>	130
5.4.4	<i>Análise Geral do método Basile et al. (2010)</i>	131
5.4.5	<i>Análise geral do método Nunes et al. (2010)</i>	131
5.4.6	<i>Análise Geral do método Muraleetharan et al. (2005)</i>	132
5.5	CONSULTA AOS ESPECIALISTAS	133
5.5.1	<i>Seleção dos métodos para avaliação por especialistas</i>	133
5.5.2	<i>Definição do método de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios</i>	133
5.5.3	<i>O Método de Análise Hierárquica - MAH</i>	135
5.5.4	<i>Apresentação dos métodos em análise aos especialistas</i>	136
5.5.5	<i>Aplicação do Método de Análise Hierárquica</i>	139
5.5.6	<i>Grupo de especialistas consultado</i>	141
5.6	RESULTADOS DA CONSULTA AO GRUPO DE ESPECIALISTAS	142
6	RESULTADOS E PROPOSIÇÕES	150
6.1	RECOMENDAÇÕES DE EVOLUÇÃO PARA OS PRINCIPAIS MÉTODOS.....	150
6.1.1	<i>Recomendações para o método HCM 2010</i>	151
6.1.2	<i>Recomendações para o método de Dixon (1996)</i>	153
6.1.3	<i>Recomendações para o método de Silva e Barbosa (2011)</i>	154
6.1.4	<i>Recomendações para o método de Basile et al. (2010)</i>	155
6.1.5	<i>Recomendações para o método de Nunes et al. (2010)</i>	157
6.1.6	<i>Recomendações para o método de Muraleetharan et al. (2005)</i>	158
6.2	DISCUSSÃO DAS PROPOSTAS DE PADRONIZAÇÃO.....	160
6.2.1	<i>Abordagem teórica e prática</i>	161
6.2.2	<i>Abordagem de análise da consulta aos especialistas</i>	164
6.3	PROPOSTA DE PADRONIZAÇÃO	165
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	169
	REFERÊNCIAS	173
	APÊNDICE A	178
	APÊNDICE B	193
	APÊNDICE C	194

APÊNDICE D	200
APÊNDICE E	201
APÊNDICE F	212
APÊNDICE G	214
APÊNDICE H	215
APÊNDICE I	216

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1:	Resumo do método de comparação por soma constante	21
Figura 3.2:	Formulário para avaliação de travessias proposto por Silva e Barbosa (2011)	30
Figura 3.3:	Modelo de resposta para pesquisa de hierarquização das medidas de desempenho pelo método Araújo 2008	35
Figura 3.4:	Critérios de avaliação de segurança em travessias semaforizadas segundo Basile <i>et al.</i> (2010)	38
Figura 3.5:	Critérios de avaliação de segurança em travessias não semaforizadas pelo método de Basile <i>et al.</i> (2010)	39
Figura 3.6:	Peso relativo dos critérios analisados pelo método de Basile <i>et al.</i> (2010).....	41
Figura 3.7:	Condição 1, atravessamento da via secundária	46
Figura 3.8:	Condição 2, atravessamento da via principal	47
Figura 3.9:	Nota de utilização para o método Nunes <i>et al.</i> (2010)	63
Figura 3.10:	Nota de Acessibilidade para o método Nunes <i>et al.</i> (2010)	64
Figura 3.11:	Nota para Espaço disponível conforme método Nunes <i>et al.</i> (2010)	64
Figura 3.12:	Nota para o atributo de regulagem do tempo segundo método Nunes <i>et al.</i> (2010)	65
Figura 3.13:	Nota para o atributo nível de serviço para travessia em nível conforme Nunes <i>et al.</i> (2010)	68
Figura 3.14:	Nota para o atributo nível de serviço para travessia em desnível conforme Nunes <i>et al.</i> (2010)	68
Figura 3.15:	Matrizes de conversão para o método Nunes <i>et al.</i> (2010)	70
Figura 3.16:	Formulário de opinião para o método Muraleetharan <i>et al.</i> (2005).....	73
Figura 4.1:	Fluxograma da metodologia de trabalho	76
Figura 5.1:	Mapa de localização das travessias analisadas	97
Figura 5.2:	Avenida Cel. José Dias Bicalho.....	98
Figura 5.3:	Rua dos Caetés no Hipercentro de Belo Horizonte	98
Figura 5.4:	Travessia da Rua Carlos Alves junto à Avenida Cel. José Dias Bicalho.....	99
Figura 5.5:	Travessia da Rua Rio de Janeiro junto à Rua dos Caetés	100
Figura 5.6:	Travessia da Rua São Paulo junto à Rua dos Caetés	101

Figura 5.7:	Travessia da Av. Cel. José Dias Bicalho junto à Alameda das Acácias.....	102
Figura 5.8:	Travessia da Avenida Afonso Pena junto à Rua dos Caetés	102
Figura 5.9:	Hierarquia de decisão pelo MAH	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1:	métodos de avaliação de travessia por categoria	18
Tabela 3.2:	Nível de serviço e pontuação segundo nível de satisfação do pedestre	21
Tabela 3.3:	Nível de serviço obtido pelo método de Khisty (1994).....	22
Tabela 3.4:	Níveis de qualidade dos serviços (NQS): Conflitos e obstruções nas interseções	24
Tabela 3.5:	Níveis de qualidade do serviço (NQS): Projeto visual e psicológico.....	25
Tabela 3.6:	Atribuição de pontos segundo Dixon (1996).....	27
Tabela 3.7:	Nível de serviço conforme pontuação segundo Dixon (1996)	28
Tabela 3.8:	Importância relativa dos parâmetros de travessia adotados por Silva e Barbosa (2011).....	31
Tabela 3.9:	Atributos de análise sugeridos por Araújo <i>et al.</i> (2008).....	33
Tabela 3.10:	Medidas de Desempenho para Avaliação de Travessias	36
Tabela 3.11:	Escala de pontuação para o método de Basile <i>et al.</i> (2010)	39
Tabela 3.12:	Valores de referência para comparação dos critérios do método de Basile <i>et al.</i> (2010).....	41
Tabela 3.13:	Peso relativo dos atributos analisados por Basile <i>et al.</i> (2010)	42
Tabela 3.14:	Nível de serviço segundo método de Basile <i>et al.</i> (2010)	43
Tabela 3.15:	Descrição qualitativa do espaço do pedestre	46
Tabela 3.16:	Nível de serviço para pedestre segundo HCM 2010 em interseções semaforizadas	54
Tabela 3.17:	Efeito da instrução do pedestre nas taxas de preferência pelo motorista segundo tratamento da travessia	57
Tabela 3.18:	Nível de serviço para pedestre em interseções com sinalização estática	59
Tabela 3.19:	Definição da forma de tratamento teórico segundo Nunes <i>et al.</i> (2010).....	61
Tabela 3.20:	Definição da forma de tratamento para travessias em nível pelo método Nunes <i>et al.</i> (2010)	61
Tabela 3.21:	Nota de tipologia para os casos E e F do método Nunes <i>et al.</i> (2010).....	62

Tabela 3.22:	Nota de tipologia para os casos de A a D do método Nunes <i>et al.</i> (2010).....	62
Tabela 3.23:	Nota de Distância de parada para o método Nunes <i>et al.</i> (2010)	63
Tabela 3.24:	Nota para o atributo de sinalização conforme o método Nunes <i>et al.</i> (2010).....	66
Tabela 3.25:	Planilha de dados de campo para o método Muraleetharan <i>et al.</i> (2005).....	72
Tabela 3.26:	Grau de importância para os critérios estabelecidos por Muraleetharan <i>et al.</i> (2005)	73
Tabela 3.27:	Grau de influência conforme nível do parâmetro para o método Muraleetharan <i>et al.</i> (2005)	74
Tabela 5.1:	Características geométricas da via.....	95
Tabela 5.2:	Recomendação da aplicação de medidas moderadoras de tráfego	95
Tabela 5.3:	Tratamento da travessia conforme classificação viária	96
Tabela 5.4:	Relação dos levantamentos de campo e métodos relacionados.....	103
Tabela 5.5:	Tempos semafóricos das travessias de teste	110
Tabela 5.6:	Fluxo de pedestres no pico para as travessias de teste	110
Tabela 5.7:	Fluxo de tráfego motorizado nas interseções de teste	111
Tabela 5.8:	Fluxo de Tráfego motorizado conflitante nas travessias de teste	111
Tabela 5.9:	Velocidade média de tráfego nas travessias de teste	111
Tabela 5.10:	Atraso médio para o atravessamento das travessias de teste	112
Tabela 5.11:	Percentual de adesão à faixa nas travessias de teste.....	112
Tabela 5.12:	Percentual de respeito ao tempo semafórico de pedestre nas interseções de teste	113
Tabela 5.13:	Distância de visibilidade nas travessias de teste.....	113
Tabela 5.14:	Níveis de serviço veicular HCM para as aproximações em teste.....	113
Tabela 5.15:	Ponderações sobre as pesquisas complementares	117
Tabela 5.16:	Tabela de atribuição de pontos de Dixon (1996) simplificada para travessias.....	119
Tabela 5.17:	Nível de serviço conforme pontuação proposta por Dixon (1996) simplificada para travessia.....	120
Tabela 5.18:	Avaliação das travessias de teste conforme Dixon (1996) adaptado.....	120
Tabela 5.19:	Avaliação das travessias de teste conforme Silva e Barbosa (2011)	121
Tabela 5.20:	Avaliação das travessias de teste conforme Basile <i>et al.</i> (2010)	122

Tabela 5.21:	Avaliação das travessias de teste conforme HCM 2010.....	123
Tabela 5.22:	Avaliação das travessias de teste conforme Nunes <i>et al.</i> (2010).....	124
Tabela 5.23:	Avaliação das travessias de teste conforme Muraleetharan <i>et al.</i> (2005).....	125
Tabela 5.24:	Avaliação das travessias de teste por método analisado.....	126
Tabela 5.25:	Quadro comparativo para as metodologias avaliadas.....	138
Tabela 5.26:	Caracterização do grupo de especialistas	142
Tabela 5.27:	Notas por critério para os métodos analisados	143
Tabela 5.28:	Ordenamento dos métodos analisados segundo a função de utilidade	146
Tabela 5.29:	Resultado da consulta por especialista	147
Tabela 5.30:	Estatística básica do conjunto de pesos dos critérios	148
Tabela 5.31:	Estatística básica do conjunto de notas dos métodos pela análise do grupo.....	149
Tabela 6.1:	Proporção entre a nota individual e do grupo por critério e global	150
Tabela 6.2:	Recomendações para evolução dos métodos por critério de avaliação	151
Tabela 6.3:	Principais vantagens e desvantagens dos métodos analisados	161

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ped. – Pedestres

Veíc. – Veículos

ANPET – Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes

CCV – Contagem classificada de veículos

CET-SP – Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

HCM – Highway Capacity Manual

MCDM – Multiple Criteria Decision Making

MD – Medidas de desempenho

MAH – Método de Análise Hierárquica

NS – Nível de serviço

TRB – Transportation Research Board

1 INTRODUÇÃO

Esta introdução oferece uma breve contextualização sobre a mobilidade sustentável e a importância do modo a pé para o seu alcance. Além disto, são detalhados os objetivos do estudo, sua justificativa, e a estrutura do texto que o apresenta.

1.1 Contextualização

A importância de se promover a mobilidade sustentável é cada vez mais evidente na sociedade atual. O entendimento de que a priorização de modos de transporte ambientalmente mais adequados é essencial para o desenvolvimento da qualidade de vida urbana, tem atribuído ao modo a pé maior importância técnica e política. O Estatuto da Mobilidade Urbana, Lei 12.587/12, estabelece em seu art. 6º, inciso II, a prioridade dos modos não motorizados sobre os motorizados como uma das diretrizes básicas para a política nacional de mobilidade urbana no país.

Neste contexto a análise da qualidade de circulação em rotas de pedestres tem se tornado, cada vez mais, objeto de diversos estudos específicos no meio acadêmico, e uma preocupação por parte dos técnicos e gestores de transporte, principalmente no que se refere ao licenciamento de grandes empreendimentos, planejamento da mobilidade e intervenções urbanas em geral. Segundo a Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana a obrigatoriedade de priorização dos modos não motorizados sobre os motorizados individuais independe do tamanho da cidade e deve se materializar nos planos de mobilidade urbana (BRASIL, 2015).

A bibliografia especializada apresenta uma ampla gama de métodos para a análise de rotas de pedestres. Exemplo disto é o trabalho desenvolvido por Aguiar (2003) que analisou e aferiu em campo seis diferentes métodos para avaliação da qualidade de calçadas. Estas metodologias normalmente baseiam-se no estabelecimento de níveis de serviço a partir da análise das condições físicas e de circulação nas calçadas e na atratividade do entorno imediato.

Isto posto, é importante ressaltar que, durante a caminhada, o pedestre depara-se constantemente com uma situação diferenciada de circulação, especificamente nas interseções, onde fica exposto ao conflito direto com os demais modos de transporte rodoviários. Alguns dos métodos existentes, por exemplo o método desenvolvido por Dixon

(1996), ponderam o impacto deste momento inserindo parâmetros e critérios específicos. Existem ainda métodos exclusivos para qualificação destas travessias de pedestres que se dedicam a avaliar os mais diversos aspectos, tais como, o comportamento do pedestre e a sua variação de um indivíduo para o outro, a influência dos equipamentos utilizados no tratamento do sistema viário, dentre outros.

Mesmo com toda a atenção despendida na análise das rotas urbanas de pedestres não existe ainda um método de referência, reconhecido entre técnicos e gestores públicos e entendido como um padrão de análise, sendo a avaliação normalmente desenvolvida em caráter subjetivo e com base na opinião pessoal dos técnicos.

A realidade profissional dos engenheiros, consultores e especialistas de tráfego responsáveis pelas análises e projetos de intervenção viária e urbana denota a necessidade de se estabelecer esta referência. Segundo o Ministério das Cidades, apesar dos modos não motorizados constituírem um dos mais importantes meios de deslocamento, principalmente em cidade de pequeno porte, este é muitas vezes negligenciado pelos técnicos e tomadores de decisão (BRASIL, 2015).

Neste contexto, a definição de um método padrão de avaliação contribuiria para facilitar e incentivar a prática da análise da qualidade das travessias de pedestres e o consequente tratamento e melhoria desses locais. Entende-se por definição de método padrão, ou padronização, a sugestão de um método, dentre os existentes, como mais adequado para uso e estudo, e que possa se desenvolver a partir dos demais.

Na bibliografia existente sobre o tema, assim como será demonstrado no capítulo 2 deste documento, é possível perceber um esforço, principalmente por parte dos acadêmicos, para se estabelecer este método padronizado para avaliação do caminhar, não somente através de estudos comparativos, mas também por meio do desenvolvimento e adaptação de modelos próprios. No entanto, o mesmo não pode ser dito, no que se refere ao momento específico da travessia de vias.

1.2 Justificativa

A padronização de um determinado procedimento ou metodologia de estudo pode ser entendida como facilitadora para se disseminar entre técnicos e gestores de tráfego o costume de analisar e solucionar as dificuldades do deslocamento a pé de forma mais bem embasada.

Uma situação, que demonstra a importância da definição de um método padrão, corresponde ao esforço de pesquisa realizado por estudiosos da engenharia de produção e da administração para definição de um método padrão de tomada de decisão por múltiplos critérios. Guglielmetti *et al.* (2003) aponta que os inúmeros métodos disponíveis, e a sua variabilidade, levam muitas empresas a abandoná-los e optar por métodos tradicionais baseados na percepção do tomador de decisão.

Mesmo que importância já tenha sido percebida no meio acadêmico, sendo clara a preocupação em se estabelecer um método padronizado de avaliação da rota de pedestre, vide o trabalho de Aguiar (2003), e que o momento da travessia da via seja significativamente diferente do restante da caminhada, nem todos os métodos de análise do fluxo de pedestres observam este momento específico.

De forma geral, poucos estudos foram desenvolvidos para avaliação da qualidade das travessias de pedestres em um contexto amplo. Normalmente estes métodos de avaliação são vinculados a um determinado tipo de tratamento adotado (sinalização semafórica, adoção de dispositivos de moderação de tráfego, etc.), por exemplo, o estudo desenvolvido por Knoublauch *et al.* (2001), que analisa o impacto da pintura da faixa de pedestre no comportamento do motorista e do pedestre; ou com foco exclusivamente em um critério; ou são embutidos em métodos de rota que não apreciam as especificidades da travessia.

É possível ainda encontrar na bibliografia estudos que se dedicam a entender as inúmeras variáveis da travessia. Tratam-se de estudos comportamentais para avaliar desde a paciência do pedestre em aguardar o momento adequado para atravessar, como feito por Evans e Normam (1998) e Lavalette *et al.* (2009), até estudos que avaliam como o fluxo de pedestres se organiza durante a travessia, como analisam Teknomo *et al.* (2001). Tais estudos direcionam-se claramente a entender o fluxo de pedestres, para permitir a sua simulação através de *softwares* específicos.

Não existe, entretanto, um método de referência padronizado para a medição do nível de serviço, ou para determinação de valores que reflitam a percepção da qualidade por parte do pedestre.

Silva e Barbosa (2011) colocam a inexistência de um trabalho de análise dos métodos de avaliação de travessias de pedestre como um dos empecilhos ao desenvolvimento de métodos de análise das rotas de pedestre.

1.3 Objetivo

A partir desta constatação, o estudo ora apresentado visa, através de uma análise exploratória, avaliar os métodos existentes de qualificação das travessias de pedestres de forma a orientar a definição de um método padrão para esta análise. Desta forma, pretende-se colaborar com a disseminação de um procedimento para avaliação de travessias que permita que essas sejam qualificadas de forma prática, compatível com a avaliação de calçadas e válida para qualquer tipo de travessia (semaforizada, com dispositivos de moderação de tráfego - *traffic calming*, com ou sem sinalização horizontal).

Neste ponto é imprescindível salientar que o trabalho aqui proposto não se destina a escolher o método que melhor define o nível de serviço da travessia, ou que melhor permite a interpretação das vantagens e desvantagens desta, ou ainda, o que melhor capte a opinião do usuário. O que se encontra em julgamento é o método e não seus resultados. Procura-se a forma de trabalho que melhor corresponda à expectativa e à necessidade dos técnicos e especialistas em transportes e que, independente da precisão dos resultados, tenha maior potencial para evoluir tecnicamente através do uso e revisão constantes e contínuos.

1.3.1 Objetivo geral

O presente trabalho se destina a analisar os principais métodos existentes de avaliação de travessias de pedestres e compará-los quanto aos aspectos teóricos e práticos de aplicabilidade para proposição de um método padrão.

1.3.2 Objetivos específicos

Para elaborar esta proposta de padronização pretende-se:

- Levantar junto à bibliografia os métodos existentes para avaliação da travessia de pedestres;
- Avaliar comparativamente os métodos existentes com base na aplicação simultânea destes e a aplicabilidade de cada método individualmente;
- Submeter os métodos analisados e respectivos desempenhos à avaliação de um grupo de especialistas;
- Propor medidas para evolução da avaliação das travessias de pedestre com base na adaptação dos métodos existentes;

- Propor, dentre os métodos existentes, um a ser tomado como padrão para avaliação das travessias;
- Propor medidas específicas para evolução do método padrão.

1.4 Estrutura do trabalho

Para a apresentação dos trabalhos realizados o documento ora apresentado está dividido em sete capítulos, sendo o primeiro composto por esta Introdução.

O *capítulo 2* intitulado “A Engenharia de Tráfego para Pedestres” apresenta de forma dissertativa o histórico da análise da movimentação de pedestres pela engenharia de tráfego e aponta a importância e as especificidades das travessias de pedestres.

O *capítulo 3* constitui-se em um levantamento dos principais métodos de avaliação de travessias de pedestres, com base em revisão bibliográfica para a descrição desses.

A descrição das etapas de trabalho e da metodologia empregada para o cumprimento dos objetivos propostos é apresentada no *capítulo 4*.

No *capítulo 5* são detalhadas as atividades desenvolvidas para a análise dos métodos previamente levantados. Este capítulo se inicia com a análise teórica e as propostas de adaptação que subsidiaram uma primeira seleção dos métodos para, em seguida, aplicá-los em campo. Descreve-se a aplicação dos métodos em locais pré-determinados e as avaliações individuais quanto ao desempenho em campo. Por fim, são apresentados os resultados da aplicação dos métodos nas travessias de teste. Discute-se o desempenho na prática e se relacionam os métodos que serão reverenciados para a proposta de padronização. Por fim, as vantagens e desvantagens de cada método, levantadas pela análise técnica e prática, foram apresentadas a um grupo de especialistas para o apoio à tomada de decisão, quanto à indicação de um método padrão. Os procedimentos realizados para esta consulta estão descritos também neste capítulo.

A proposição de adaptações e/ou recomendações para os principais métodos analisados são apresentadas no *capítulo 6*, juntamente com a proposta de padronização à qual se objetiva este estudo.

Por fim, no *capítulo 7*, são apresentadas as conclusões do estudo realizado. As referências bibliográficas utilizadas e os Apêndices complementam o documento.

2 A ENGENHARIA DE TRÁFEGO PARA PEDESTRES

Para melhor compreender a importância dos métodos de avaliação de travessias de pedestres é imprescindível conhecer o contexto em que eles foram desenvolvidos e a própria importância da caminhada e da travessia. Para tal, foi realizada ampla revisão bibliográfica de forma a permitir esta contextualização.

Sendo assim, o presente capítulo discute, em um primeiro momento, a importância do modo a pé e como essa forma de transporte, e as respectivas formas de tratamento e estudo, evoluíram em consonância com o desenvolvimento do urbanismo. Por fim, os métodos de avaliação da caminhada são brevemente apresentados destacando-se em seguida a travessia de vias pelos pedestres, a sua importância durante a caminhada, as suas especificidades e a forma de projetá-las.

2.1 A importância do modo a pé

A crescente preocupação com a sustentabilidade e o impacto das atividades de transporte, principalmente nos grandes centros urbanos, têm conferido ao modo a pé maior importância como alternativa de deslocamento. Além dos aspectos ambientais, o aumento dos níveis de congestionamento e o reconhecimento dos prejuízos de uma vida sedentária ajudam a corroborar este maior respeito por parte das autoridades públicas (FERREIRA e SANCHES, 2001).

Um exemplo do reconhecimento desta importância por parte das autoridades públicas é citado por Aguiar (2003) que relata a posição do parlamento comum europeu que, já em 1988, aprovou uma legislação específica para promover os Direitos do pedestre, estabelecendo normas que visavam garantir o uso do espaço público pelo mesmo.

No Brasil, a mesma situação é percebida pelos programas municipais para o tratamento de rotas de pedestres, apontados por Mello (2008), como o *Programa Passeio Livre* de São Paulo, *Projeto Calçada para Todos* de Manaus, *Programa de Prioridade ao Pedestre* de Belo Horizonte e *Projeto Rio Cidade* do Rio de Janeiro. Este modo de transporte tomou tamanha importância no país que a Política nacional de mobilidade urbana (Lei 12.587/12) definiu a priorização dos modos não motorizados sobre os motorizados como uma de suas diretrizes básicas. Da mesma forma, o Caderno de Referência para elaboração de plano de mobilidade

urbana elaborado pela Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana (BRASIL, 2015) dedicou várias páginas à importância deste modo.

Principalmente no Brasil, o modo a pé merece destaque pela sua significativa participação nos deslocamentos urbanos. Rocha (2003) destaca esta importância apresentando os percentuais de deslocamentos a pé de 28,9%, 24,6% e 28,3% obtidos pelas pesquisas Origem/Destino de Salvador em 1975, 1984 e 1997 respectivamente. Segundo levantamento da Associação Nacional de Transporte Públicos (ANTP, 2015), para cidades entre 60 e 100 mil habitantes o modo a pé corresponde ao principal modo de transporte, respondendo por um percentual de 40% dos deslocamentos em 2013. Na Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH, segundo dados da pesquisa Origem/Destino realizada pela Agência de Desenvolvimento da RMBH em 2012, os modos não motorizados respondem por cerca de 4,9 milhões de deslocamentos diários na região. Este valor corresponde a 37,8% do total de viagens realizadas na região, contabilizando-se apenas as viagens com mais de 5 minutos de duração ou realizados exclusivamente por este modo de transporte. A pesquisa aponta ainda que, dentro do modo não motorizado, a imensa maioria (97,4%) dos deslocamentos é realizada pelo modo a pé (MINAS GERAIS, 2013).

Prado (2007) ressalta ainda que, além das viagens feitas exclusivamente a pé, quase a totalidade das viagens realizadas diariamente para a execução de atividades como trabalho, estudo, ir às compras envolvem pelo menos um trecho a pé.

Da necessidade de se proteger o fluxo de pedestres dos veículos, que passaram a dominar o espaço urbano, surgiram as calçadas, entendidas como as vias de pedestres (PRADO, 2007). Por este entendimento de que as calçadas desempenham o papel de principal via para pedestres e da importância hoje atribuída a estes deslocamentos, surgiram diversas metodologias de avaliação dos passeios e calçadas.

2.2 Evolução do tratamento dado ao pedestre no contexto urbano

O ato de caminhar remete, logicamente, à evolução do próprio homem. Como modo de transporte mais antigo, e por muito tempo o único utilizado, este foi o meio de deslocamento dominante durante grande parte da história da humanidade. No entanto, com a revolução industrial, o contingente de pedestres que já se mostrava volumoso para as cidades europeias da época, passa a competir com um crescente número de carroças, animais e veículos que transitavam pelas ruas. Dada a fragilidade do pedestre diante das máquinas de transporte da

época, este se vê obrigado a buscar abrigo nas laterais da via, onde futuramente surgiram as calçadas (ROCHA, 2003).

Embora as primeiras calçadas datem do século IV A.C. na cidade de Pompéia – Itália, na época sob o domínio Grego (Aguiar, 2003), esta estrutura passa a ser mais necessária a partir do século XVIII, após a revolução industrial, segundo corrobora Cucci Neto (1996). Segundo Vasconcelos (1985, apud CUCCI NETO, 1996), o elevado número de carruagens nas ruas de Londres, já por volta de 1870, foram responsáveis por 3.200 feridos e 37 mortos. Na São Paulo do início do século XX eram os bondes elétricos os maiores causadores de acidentes (CUCCI NETO, 1996). Da necessidade de proteger os pedestres do tráfego através de uma separação física, ganham importância os passeios e calçadas.

No entanto, mesmo com a utilização das calçadas, o conflito entre pedestres e veículos continua a existir nas interseções e cruzamentos e, com a criação do automóvel e os consequentes acidentes de tráfego, passou a existir também uma maior preocupação com o pedestre, principalmente no que diz respeito a sua segurança. Em 1927, na Inglaterra foram desenvolvidas as primeiras tentativas de sinalização de travessia com o uso de placas com a mensagem “Por favor, atravesse aqui” instalada em postes, mas sem muito efeito. A sinalização de solo passou a ser utilizada em 1934 também na Inglaterra demonstrando melhor desempenho (CUCCI NETO, 1996).

Cucci Neto (1996) cita ainda que os primeiros sinais da preocupação dos urbanistas em recuperar o espaço urbano para os pedestres surgem na Alemanha, na década de 30, com a criação de áreas exclusivas de pedestre na cidade de Essen. Esta solução se espalha pelo mundo e no final dos anos 70 já está presente em 91 centros urbanos.

A partir da divulgação do conceito de áreas ambientais em 1963 por Colin Buchanan, através da publicação de seu relatório “Traffic in Towns”, a política de tráfego que prioriza a movimentação de pedestres através da utilização de dispositivos como plataformas, chicanas, alargamentos de calçadas etc. torna-se mais amplamente discutida nos meios técnicos e governamentais. Esta solução nasce, na verdade, como uma adaptação das áreas exclusivas de pedestres, como uma forma de se recuperar o espaço urbano para o pedestre sem restringir por completo a movimentação de veículos, contrapondo os conceitos de urbanismo modernista vigente à época que privilegiavam largamente o uso do automóvel e a construção de cidades setorizadas (Barbosa, 2012). A moderação de tráfego torna-se rapidamente instrumento de um

movimento mundialmente disperso pela mobilidade sustentável, junto ao estímulo e priorização ao transporte coletivo e do transporte não motorizado.

Com o incentivo desta nova política de mobilidade e de recuperação urbana surgem movimentos populares como o dia mundial na cidade sem meu carro. Atualmente comemorado no dia 22 de setembro, esse movimento se iniciou durante a crise do petróleo da década de 70 na Europa e tomou força durante os anos 90. Culminou na realização de um projeto piloto em 1999, denominado “*In Town without My Car*”, durante a semana europeia da mobilidade. Neste evento os participantes se mobilizam para conscientizar os cidadãos dos malefícios do uso indiscriminado do automóvel e propor a reanálise do modo de se deslocar pela cidade. Surgem também novas legislações que dão origem, principalmente na Europa, a uma nova forma de se observar o pedestre (WORLD CAR FREE, 2015).

Concomitantemente a esta revisão conceitual da mobilidade urbana, uma vertente do pensamento pós-moderno, iniciado na década de 60 e que pode ser entendido como crítica ao modernismo e ao seu funcionalismo e racionalismo (CARVALHO, 2009), passa a conceber a cidade de uma forma distinta da observada em meados do século XX. Esse movimento persegue uma nova forma de ocupação do espaço urbano, com maior densidade e variedade de uso, na qual o modo a pé se encaixa como uma das principais formas de se movimentar no meio urbano.

Segundo Andrade *et al.* (2013) a filosofia do “Novo urbanismo”, surgida em 1996 e que pretende recuperar as cidades para as pessoas, coloca a criação de facilidades para pedestres como um de seus princípios.

Reforçado pelo atual contexto de mudanças climáticas e sustentabilidade o tratamento e respeito ao pedestre passa ganhar força também no Brasil onde a adoção de medidas de estímulo à transferência modal, do individual motorizado para o não motorizado e coletivo, se faz necessária (BRASIL, 2015).

Em consonância com este contexto de mudanças, seja no transporte, no urbanismo ou pela perspectiva ambiental, surgem no meio acadêmico diversos estudos e análises que tentam compreender e orientar o projeto de áreas e rotas de pedestres.

2.3 *Métodos de avaliação e dimensionamento do caminharmento de pedestres*

Embora o modo a pé tenha recebido maior importância nas análises técnicas e científicas das redes de transportes urbanos, não existe um consenso quanto à metodologia mais adequada para a avaliação das rotas de caminharmento urbano, em parte devido aos diversos fatores subjetivos que influenciam a qualidade do caminharmento (SILVA; BARBOSA, 2011).

Segundo Cao *et al.*(2006), um crescente número de estudos empíricos comprova que o ambiente construído e o comportamento do pedestre estão correlacionados. Neste contexto é importante observar que a escolha pelo uso do modo a pé envolve além de questões relacionadas às condições de fluxo, fatores subjetivos como a qualidade do ambiente, segurança etc.

De acordo com levantamento realizado por Rutz e Merino (2007), vários trabalhos procuram identificar as características do ambiente que influenciam a atividade de caminhada. Dentre os levantamentos realizados por este estudo destaca-se o estudo de Bradshaw (1993, apud RUTZ; MERINO, 2007) que se atem a uma abordagem quantitativa de avaliação evitando a subjetividade na análise de tais características.

Segundo Carvalho (2006) outra característica significativa das viagens a pé, que deve ser examinada nos estudos de qualidade, é o fato de a atividade incluir uma população muito distinta, tanto em relação aos objetivos quanto em relação às características físicas dos usuários.

Um grande número de trabalhos, propondo diferentes metodologias para avaliação qualitativa e quantitativa das rotas de pedestres, foi desenvolvido. Aguiar (2003) seleciona diversos métodos para qualificação de calçadas, elaborados entre 1971 e 1998, e os aplica em um mesmo local, comparando os resultados obtidos e a sua aplicabilidade, sem estabelecer uma metodologia própria. Dentre os modelos analisados por Aguiar (2003) estão os seguintes estudos:

FRUIN (1971, *apud* AGUIAR 2003) – este modelo propõe a utilização do conceito de nível de serviço para qualificar os espaços destinados aos pedestres com base no número de pedestres por metro quadrado. Trata-se, portanto, de um método quantitativo de dimensionamento e avaliação do ambiente destinado ao pedestre.

MORI e TSUKAGUCHI (1987, *apud* AGUIAR 2003)– o modelo propõe a avaliação dos espaços de pedestre de duas formas distintas. A primeira, destinada a calçadas em áreas urbanas densamente utilizadas, baseia-se na densidade de pedestres e na largura da calçada para determinar o nível de serviço. A segunda, aplicável a calçadas em áreas residenciais com baixo tráfego, determina o nível de serviço com base no comportamento e percepção do usuário. Para isto os autores correlacionam a percepção de qualidade por parte do pedestre a uma série de características da própria calçada e da via onde esta se insere.

KHISTY (1994) – a metodologia visa avaliar elementos qualitativos do espaço para definir o nível de serviço deste. Para tal são utilizadas medidas de desempenho, levantadas por uma revisão bibliográfica, que se referem a características específicas do espaço de pedestre. Foram definidas sete medidas de desempenho (MD), a saber: atratividade, coerência do sistema, conforto, continuidade do sistema, conveniência, segurança e seguridade. Estas MD são descritas o melhor possível a um grupo de observadores acostumados a utilizar um determinado caminho, elencadas quanto a sua importância e avaliadas individualmente para se obter uma nota final referente ao nível de serviço.

SARKAR (1995, *apud* AGUIAR 2003) – este método busca avaliar o projeto de calçadas e interseções com base em princípios de segurança para usuários mais vulneráveis. A avaliação é feita em dois níveis: o primeiro, denominado macro nível, avalia o projeto de interseções e calçadas de acordo com o nível de separação entre os modos; o segundo, micro nível, avalia condições como proteção contra conflitos e existência de obstruções em calçadas e interseções, projeto visual e psicológico para modificação do comportamento, eliminação da possibilidade de queda e percepção de seguridade para determinar um nível de serviço que varia de A a F.

DIXON (1996) – este método utiliza uma escala de pontuação para definir o nível de serviço de A a F de um determinado corredor viário. Assim como a metodologia de Khisty (1994) a pontuação é definida com base na avaliação de medidas de desempenho. Para Dixon (1996) devem ser avaliadas a infraestrutura disponível, a existência de conflitos, amenidades ao longo da via, nível de serviço para veículos motorizados, manutenção e acessibilidade ao transporte coletivo. Estas características são divididas em subcategorias (para os casos de infraestrutura, conflitos e amenidades) e escalonadas em uma tabela que atribui, para cada benefício ou deficiência detectada, uma pontuação que pode ser positiva ou negativa.

Atribuídos os pontos, estes são somados e, conforme a faixa do valor encontrado, definido um nível de serviço.

FERREIRA e SANCHES (2001) – este método, desenvolvido em 1998, avalia aspectos ambientais que determinam a percepção de qualidade por parte do pedestre para definir o nível de serviço das calçadas. O método se baseia na análise de Indicadores de Qualidade definidos por Atratividade Visual, Conforto, Continuidade, Segurança e Seguridade que são quantificados pela atribuição de uma nota coerente com as condições detectadas no local segundo tabelas específicas e ponderados segundo o peso atribuído para cada indicador para definir uma nota final, correspondente a um nível de serviço.

Aguiar (2003) destaca a metodologia de Khisty (1994) como a mais completa e a de Sarkar (1995) como a de aplicação mais simples. A análise comparativa realizada pela autora explicita ainda algumas semelhanças entre os diversos métodos de avaliação de calçadas existentes. Todos os métodos analisados classificam as calçadas segundo o seu nível de serviço, um conceito comum nas análises de tráfego e que se mostra perfeitamente adaptável à avaliação de calçadas.

Além dos modelos avaliados por Aguiar (2003) destacam-se alguns de avaliação de rotas de pedestre cujo desenvolvimento é mais recente, descritos a seguir.

Um importante método a ser comentado é o modelo apresentado no consagrado manual de tráfego Highway Capacity Manual – HCM 2010 publicado pelo Transportation Research Board (TRB, 2010). A versão mais recente do manual, lançada em 2010, inclui um volume específico para tratar o tráfego urbano e, em cada capítulo, um subtítulo específico destinado à determinação do nível de serviço para o pedestre. O método apresentado avalia individualmente os trechos de calçada e de travessia avaliando o desempenho destes para o tráfego de pedestres adotando questões de cunho quantitativo do deslocamento a pé.

Vale ainda apresentar, por sua praticidade, uma metodologia proposta por Silva e Barbosa (2011) que trata de forma independente a avaliação de calçadas e travessias. Embora não se trate de um modelo consolidado, o estudo mostra as conclusões obtidas a partir de um teste piloto, para checar a viabilidade deste método de avaliação direta, independente de análises subjetivas e da opinião do pesquisador. O método empenha-se, através do levantamento das condições físicas e dos equipamentos disponíveis nas calçadas e travessias, para obter um nível de serviço para o usuário que retrate as condições de fluxo e características do ambiente.

É importante ainda salientar que grande parte dos diversos métodos descritos se baseia na análise das condições de tráfego para classificar a adequabilidade das calçadas, principalmente em locais com intenso trânsito de pedestres, o que reflete a importância de se analisar este item na avaliação das rotas e calçadas.

Os modelos apresentados contemplam diversos aspectos para a avaliação da influência de um determinado trecho de via na percepção do usuário sobre a qualidade da caminhada. No entanto, em sua maioria, estes modelos priorizam a análise e o tratamento dispensados aos trechos de calçada, e em alguns casos negligenciando os trechos de travessia de vias.

2.4 Ponderações sobre a avaliação de calçadas e travessias

Como percebido, em geral, os métodos de análise da qualidade de circulação a pé dão maior importância na avaliação e definição do nível de serviço aos trechos de calçada e ao ambiente do entorno do que às travessias. Por vezes, as rotas de pedestre são qualificadas apenas pelos trechos de calçadas, junto ao alinhamento dos quarteirões, ignorando as travessias que conectam tais trechos. Este tipo de tratamento é perfeitamente compreensível prezando-se o fato dos trechos sobre calçadas serem significativamente mais longos que os de travessia.

Neste ponto, vale traçar um paralelo entre a análise do fluxo de pedestres e veículos para avaliar a condição descrita. Análogo ao que descreve o manual HCM 2010 (TRB, 2010), o fluxo de veículos é avaliado em duas condições distintas: fluxo contínuo e interrompido. O fluxo contínuo avalia as condições de pista, largura de faixa, acostamento e outras características da via para determinar o nível de serviço em rodovias, vias expressas e rurais. Já a análise de fluxo interrompido permite a avaliação do fluxo em meio urbano, onde as condições de conflito nas interseções definem o nível de serviço veicular. Isto ocorre porque, a constante interrupção do fluxo, a qual os motoristas são submetidos na cidade, é tão relevante para a percepção de qualidade e capacidade da via, que as condições de fluxo livre tornam-se desprezíveis (TRB, 2010),

Guardadas as devidas proporções, pode-se ponderar que fazer a análise de uma rota de pedestres, em meio urbano, onde este é submetido à constante interrupção de fluxo nas travessias, sem o devido respeito à qualidade desta, seria como avaliar o nível de serviço veicular em meio urbano utilizando-se parâmetros e métodos de fluxo contínuo.

É devido à condição diferenciada a qual o pedestre é exposto durante a travessia, principalmente, no que se refere à situação de insegurança e ao conflito com os demais fluxos

urbanos, que diversos autores se dedicam a analisar a travessia de pedestre de forma diferenciada do restante da caminhada, desenvolvendo métodos específicos para o dimensionamento, tratamento e qualificação da travessia de pedestre.

2.4.1 A importância das travessias de pedestres

Gold (2003) salienta a importância da avaliação das travessias como parte da análise de qualidade das rotas, uma vez que representam, normalmente, 10% do percurso. Além de significar um percentual significativo da extensão percorrida as travessias de pedestres correspondem a uma fatia ainda maior da caminhada quando se analisa a variável tempo. A realização das travessias está normalmente associada a um atraso promovido pelo conflito com o tráfego de automóveis que faz com que o tempo gasto na travessia como um todo corresponda, normalmente, a um percentual ainda maior que os 10% citados pelo autor.

Dentre todos os aspectos relevantes à travessia de pedestre, merece destaque a segurança. As condições de conflito entre pedestres e veículos, a fragilidade e vulnerabilidade do primeiro e os aspectos relacionados à segurança conferem a este local significativa importância. Basile *et al.* (2010) destacam que os acidentes envolvendo pedestres ocorrem mais frequentemente nas travessias, principalmente vitimando pessoas idosas, e em locais com sinalização horizontal. Os autores destacam ainda o alto índice de letalidade destes acidentes dado que, em 2008, os acidentes com pedestres responderam por 21% das mortes no trânsito nos países da união europeia.

Corroboram este aspecto dados do Ministério da Saúde (BRASIL, 2016) que registram os pedestres como 28,4% dos mortos por acidentes trânsito terrestre no Brasil entre outubro de 2014 e outubro de 2015; e 33.215 internações no mesmo período. Segundo levantamento realizado por Barros (2003), acidentes envolvendo atropelamentos são os que apresentam maior taxa de letalidade.

2.4.2 Especificidades da travessia de pedestres

Embora as principais metodologias de avaliação de calçadas calcule a influência do ambiente urbano, iluminação, qualidade do pavimento etc., nas travessias de pedestre outros aspectos da circulação são de especial relevância.

Da forma como salientado anteriormente, os aspectos de segurança assumem uma significativa importância na análise de travessias dado o potencial gerador de acidentes.

Diversos estudos podem ser enumerados para qualificar os níveis de segurança do pedestre em travessias, seja através da avaliação dos acidentes, do comportamento de motoristas e pedestres, ou para determinação de índices de segurança (BASILE *et al.* 2010).

Não apenas as condições de segurança influenciam o comportamento do pedestre no ato de atravessar a via. Segundo Araújo (1999) atrasos excessivos no atravessamento podem levar o pedestre a se precipitar no atravessamento, o que incorre em uma travessia insegura.

Segundo Mello (2008), algumas características específicas do local de travessia influenciam no comportamento e na qualidade do serviço prestado ao pedestre. A pesquisa destaca entre estas características o tempo de atraso na travessia, o espaço para acomodação de pedestres, a ocorrência de acidentes, a velocidade do fluxo de veículos, as condições de visibilidade para pedestres e motoristas, a hierarquização viária e a realização de campanhas educativas. Muitos destes aspectos estão ligados também à questão da segurança, no entanto, refletem também condições de fluidez e conforto para o usuário do modo a pé.

As travessias de pedestres são normalmente marcadas pelo conflito entre pedestres e automóveis potencializando situações de insegurança (NUNES; RODRIGUES; 2010). Neste contexto, o comportamento de ambos e os itens que interferem diretamente neste comportamento tendem a influenciar o nível de serviço prestado aos usuários. Lavalette *et al.* (2009) teorizam que, não apenas a regulamentação, mas também o ambiente em que se insere a travessia influencia na tomada de decisão do pedestre sobre o momento de atravessar.

Mello (2008) ressalta que a compreensão da tendência, comportamento, capacidades e limitações dos indivíduos envolvidos são essenciais a adequação dos dispositivos de engenharia por eles utilizados.

Hamed (2001) associa o comportamento do pedestre, principalmente no que tange ao tempo que este está disposto a esperar antes de atravessar a via, a variáveis como o número de movimentos conflitantes e o volume de pedestres. O autor relaciona ainda características do próprio pedestre como idade, motivo da viagem, histórico de acidentes, sexo, acesso a automóveis, frequência de realização da travessia, e aspectos do tráfego de veículos como velocidade e volume como intervenientes na conduta do pedestre durante a travessia.

Quanto ao comportamento do motorista é válido ressaltar que a presença de dispositivos redutores de velocidade no local, ou próximos à travessia, é também indicadora de maior segurança. Dixon (1997), em estudo realizado junto a motoristas americanos, detectou que a

presença de lombadas em travessias de pedestres tende a influenciar o motorista a ceder a preferência ao pedestre. Segundo os dados apresentados por este estudo, o percentual de motoristas que cedem a preferência ao pedestre sobe de 28% para 77% na presença do dispositivo de redução de velocidade.

Como é possível perceber pelas colocações anteriores, o momento da travessia, além de significativo para a qualidade do deslocamento, apresenta uma expressiva complexidade de análise, tornando a sua avaliação e o aprofundamento dos estudos relacionados de grande importância.

2.4.3 Parâmetros de projeto das travessias de pedestre

A forma de tratamento dada à travessia de pedestres é normalmente designada com base em aspectos de segurança. Segundo Mello (2008), embora a realização da travessia seja influenciada por diversos fatores, o principal foco para a determinação do local e forma de tratamento da travessia é a segurança do pedestre.

Para Untermann (1984, *apud* ARAUJO, 1999) o conflito entre veículos e pedestres nas interseções é a principal causa de acidentes, superando fatores como clima, visibilidade, idade dos pedestres, etc. Esta abordagem justifica a tomada do volume de veículos e pedestres como parâmetro marcante na definição do tratamento a ser adotado.

A travessia de pedestre pode ocorrer em desnível ou em nível sendo que a travessia em nível pode ser semaforizada ou não, e sinalizada com faixa ou não. As travessias não semaforizadas são indicadas para locais onde a demanda de pedestre é variável ao longo do dia e a frequência de chegada é baixa. A instalação do semáforo é indicada para locais onde a interrupção do tráfego é indispensável, ou a demanda de pedestres é maior (FERNANDES, 2008).

Mello (2008) aponta ainda, como solução de tráfego em travessias de pedestres, a implantação de medidas de moderação de tráfego. Estas medidas correspondem à implantação de dispositivos específicos, que se destinam a priorizar o fluxo de pedestres e veículos não motorizados, visando à diminuição do número e gravidade dos acidentes através da redução da velocidade de veículos e condicionamento dos condutores.

Evans e Norman (1998) destacam em seu trabalho que diversos fatores psicológicos, sociais e ambientais influenciam na escolha do momento da travessia e têm relação direta com a ocorrência de acidentes nestes pontos.

Silva *et al.* (2011), em pesquisa específica sobre as características que influenciam a percepção de qualidade de uma travessia, concluem que, embora a segurança seja o parâmetro principal, não é o único a influenciar a decisão do pedestre sobre onde atravessar. Isto significa que, não basta para o projetista se ater às condições de segurança. Uma vez que é o pedestre quem realmente decide sobre o momento e local de atravessar, a negligência dos demais fatores pode levar a uma travessia perigosa. Extrapolando esta condição para o restante da rota, e destacando a importância da travessia na caminhada, pode-se intuir que a qualidade da travessia influencia diretamente na escolha do caminho a ser seguido pelo pedestre e deve ser avaliada no momento de projetar um caminho de pedestres.

Dadas as especificidades e a importância do momento de travessia durante a caminhada anteriormente citada, vários métodos de avaliação para a travessia de pedestre foram desenvolvidos ao longo dos anos. Estes métodos são o principal objeto do presente estudo e estão descritos mais detalhadamente no capítulo seguinte.

3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE TRAVESSIA DE PEDESTRES

Em função do objetivo geral do presente estudo que consiste em avaliar os métodos de qualificação das travessias de pedestre, a revisão bibliográfica realizada identificou nove métodos que avaliam a qualidade da travessia de pedestre de diversas formas e em diferentes situações. Cada método apresenta particularidades, com vantagens e desvantagens que devem ser adequadamente avaliadas.

Conforme salientado anteriormente, a escolha do tratamento a ser adotado está normalmente associada às condições de fluxo de pedestres e veículos. No entanto, os métodos aqui apresentados destinam-se principalmente a avaliar as condições nas quais os dispositivos foram instalados e como influenciam no caminhamento, e não somente a adequabilidade destes ao fluxo. Desta forma, modelos e métodos normalmente utilizados para definir a forma de tratamento da travessia não foram incluídos na análise ora apresentada.

3.1 *Categorização dos métodos de avaliação de travessias de pedestres*

Para melhor entendimento, os nove métodos encontrados para avaliação das travessias estão apresentados na Tabela 3.1 divididos em três categorias básicas: (i) métodos extraídos de metodologias de avaliação de rotas completas; (ii) métodos para situações, público e/ou atributo específico; e (iii) métodos gerais para travessia. Cada categoria apresenta características especiais e condições de análise que serão detalhadas nos itens seguintes.

Tabela 3.1: métodos de avaliação de travessia por categoria

Métodos de rota	Métodos para casos específicos	Métodos gerais
Khisty (1994)	Araújo e Braga (2008)	HCM 2010
Sarkar (1995)	Basile <i>et al.</i> (2010)	Nunes e Rodrigues (2010)
Dixon (1996)		Muraleetharan <i>et al.</i> (2005)
Silva e Barbosa (2011)		

Para efeito desta dissertação, os métodos com dois ou mais autores serão citados pelo primeiro autor, acompanhado da expressão “*et al.*” por simplificação, com exceção do método de Silva e Barbosa (2011) para evitar ambiguidade em relação à referência anterior supracitada.

Os itens a seguir descrevem os métodos levantados, separados por categoria, utilizando a ordem estabelecida na Tabela 3.1.

3.2 Métodos de rota

Alguns dos métodos analisados correspondem, na verdade, à partes de modelos mais gerais que se destinam a avaliar toda uma rota de pedestres. Embora estes métodos não tenham sido desenvolvidos especificamente para a análise das travessias, o fato de fazerem parte de metodologias mais abrangentes pode ser tomado como uma vantagem, pois corresponde melhor à prática da avaliação do caminamento de pedestres, que normalmente engloba os trechos de calçada e as travessias. A análise foi viabilizada extraíndo-se da metodologia originalmente proposta as partes ou critérios referentes às travessias de pedestres. Os métodos de rota encontrados compreendem: Khisty (1994); Sarkar (1995); Dixon (1996); e Silva e Barbosa (2011).

3.2.1 Descrição do método de Khisty (1994)

O método desenvolvido por Khisty (1994) pode ser tomado como um dos principais modelos de avaliação de rotas de pedestre, e propõe avaliar os elementos qualitativos da caminhada e complementar a análise do fluxo de pedestre para a mensuração da qualidade de um local como rota de pedestre. A proposta se baseia na observação de que a análise dos dados de fluxo e densidade, assim como realizado pela metodologia HCM 1985, oferece uma importante ferramenta de avaliação quantitativa para o fluxo de pedestres, mas como apresentado pelo próprio HCM 1985, a qualidade do fluxo de pedestre e seu respectivo nível de serviço estão relacionados também a diversos fatores ambientais de natureza qualitativa como conforto, conveniência, segurança, etc. A metodologia de Khisty (1994) propõe, portanto, uma forma de determinar como estes fatores qualitativos influenciam na percepção de qualidade por parte do pedestre, deixando claro que esta análise não torna desnecessária a análise quantitativa, mas a complementa.

O método se baseia na avaliação de fatores ambientais denominados pelo autor como medidas de desempenho. Através de revisão bibliográfica foram levantadas por ele vinte medidas de desempenho, posteriormente reduzidas a sete por similaridade e disponibilidade de dados. As medidas de desempenho apreciadas por este método são descritas a seguir.

- **Atratividade:** Envolve além dos aspectos estéticos do projeto os aspectos funcionais de segurança, conveniência e conforto que atraem o usuário;
- **Conforto:** Trata itens como proteção contra intempéries, pavimentação, limpeza e outros fatores como odores e ruído que refletem no nível de percepção do conforto pelo usuário;

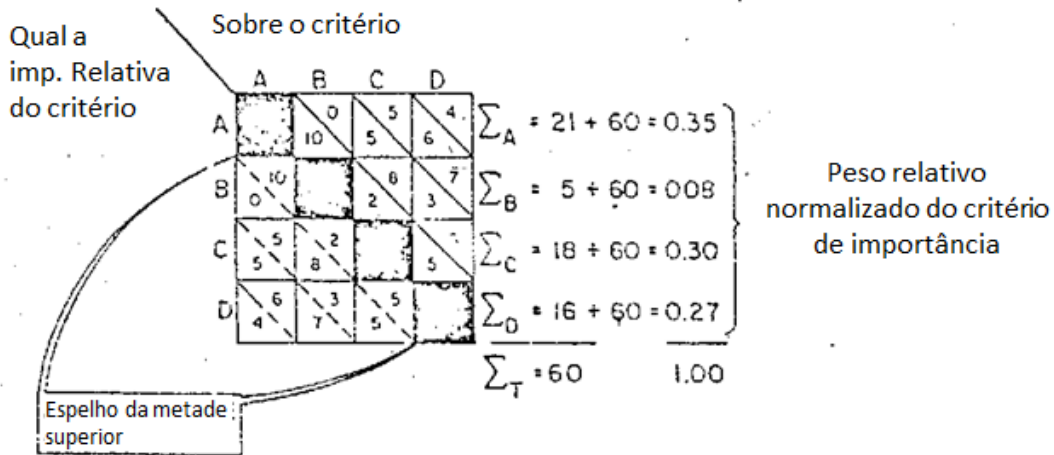
- **Conveniência:** Referente à facilidade de caminhada estabelecida pela coerência entre o caminho projetado e pretendido para redução da caminhada, localização de gradis, rampas e demais dispositivos e existência de obstáculos;
- **Segurança:** Atribuída principalmente à redução dos conflitos entre pedestres e veículos através do projeto adequado e da correta provisão de tempo e espaço nas áreas de conflito;
- **Seguridade:** Ligada à segurança pública, a seguridade pode ser percebida na presença de policiamento, demais usuários, boa iluminação, linhas de visão claras e na relação com a vizinhança;
- **Coerência do sistema:** Está relacionada à capacidade do projeto estético e geométrico em prover ao usuário familiaridade com o local, uma vez que um sistema estranho ao usuário pode acarretar desconforto em um primeiro uso;
- **Continuidade do sistema:** Contempla os aspectos de continuidade e conectividade que devem estar presentes em todo o caminho de pedestre.

Em uma etapa seguinte do trabalho o autor propõe que os pesos relativos de cada medida de desempenho sejam levantados utilizando-se o método de comparação par a par por soma constante junto a um grupo de usuários acostumados a utilizar o caminho em análise. Este método baseia-se no uso de uma matriz na qual o entrevistado distribui 10 pontos entre dois atributos proporcionalmente a importância relativa entre eles. A partir do quociente da soma de pontos obtidos para cada atributo pelo total de pontos distribuídos é possível obter o peso relativo de cada atributo para o entrevistado, semelhante ao apresentado na Figura 3.1.

Dados: Critério A, B, C, D

Encontrar a importância relativa de cada critério (por grupo de resposta)

Usando a aproximação formalizada sugerida



Foi usado "10" como valor a ser distribuído dentro de cada célula, contudo qualquer número pode ser usado

Figura 3.1: Resumo do método de comparação por soma constante

Fonte: Khisty, 1994, p. 3

Nota: traduzido pelo autor

O valor final do peso de um determinado atributo é obtido pela análise da média e desvio padrão entre os valores obtidos para o grupo entrevistado. Obtidos os pesos relativos de cada atributo estipula-se para cada um deles uma nota e um nível de serviço de acordo com o grau de satisfação dos usuários, obtido pela aplicação de uma pesquisa *survey* junto aos usuários regulares das rotas. A escala de pontos e níveis de serviço proposta pelo autor está apresentada na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Nível de serviço e pontuação segundo nível de satisfação do pedestre

Nível de serviço A	Maior ou igual a 85% de satisfação = 5 pontos
Nível de serviço B	Maior ou igual a 60% de satisfação = 4 pontos
Nível de serviço C	Maior ou igual a 45% de satisfação = 3 pontos
Nível de serviço D	Maior ou igual a 30% de satisfação = 2 pontos
Nível de serviço E	Maior ou igual a 15% de satisfação = 1 pontos
Nível de serviço F	Menos de 15% de satisfação = 0 pontos

Fonte: Khisty, 1994, p. 4

Nota: traduzido pelo autor

Por fim o nível de serviço obtido para uma determinada rota ou segmento de rota é obtido pela ponderação entre os pesos relativos e a pontuação obtida por cada medida de desempenho, conforme exemplificado pela Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Nível de serviço obtido pelo método de Khisty (1994)

Medida de desempenho	% de satisfação	NS	Pontos	Peso	Total
Atratividade	21	E	1	0,08	0,08
Conforto	22	E	1	0,10	0,10
Conveniência	33	D	2	0,09	0,18
Segurança	16	E	1	0,24	0,24
Seguridade	61	B	4	0,35	1,40
Coerência do sistema	42	D	2	0,07	0,14
Continuidade do sistema	48	C	3	0,06	0,18
Total geral					2,32

Fonte: Khisty, 1994, p. 5

Nota: traduzido pelo autor

A metodologia foi aplicada para fins de teste em quinze diferentes rotas do Campus do Instituto de Tecnologia de Illinois sendo obtido desempenho satisfatório para a compreensão dos níveis de serviço para pedestres quanto aos parâmetros qualitativos.

No que se refere às travessias de pedestre pode-se julgar este modelo válido para aplicação, uma vez que o próprio autor cita a sua aplicabilidade também a segmentos de rota. No entanto, ao tratar uma determinada travessia como segmento de rota, algumas adaptações se fazem necessárias. De acordo com a recomendação do autor o primeiro passo da metodologia se constitui na escolha das medidas de desempenho e neste ponto faz-se pertinente avaliar, dentre as medidas de desempenho avaliadas, aquelas que são aplicáveis às travessias. Araújo *et al.* (2008) procede de forma similar para a proposição de seu modelo de avaliação de travessias semaforizadas que será posteriormente apresentado. Vale destacar ainda que, embora este modelo não seja amplamente conhecido junto à comunidade técnica, é muito utilizado por acadêmicos no desenvolvimento de modelos próprios, principalmente pelo uso das medidas de desempenho e pela definição de níveis de serviço.

3.2.2 Descrição do método de Sarkar (1995)

Segundo Aguiar (2003) a metodologia proposta por Sarkar (1995, apud Aguiar, 2003) foi desenvolvida com base em princípios de planejamento e projeto visando promover a segurança dos usuários mais vulneráveis do modo a pé, como idosos, crianças e pessoas com dificuldade de locomoção em calçadas e interseções.

Ainda segundo Aguiar (2003) a análise é realizada em dois níveis. O primeiro – macro nível – avalia a qualidade da segregação entre os modos atribuindo um nível de serviço (NS) que varia de A a F. A segunda parte da análise, micro nível, atribui para a rota um nível de qualidade do serviço (NQS) com base nas condições de projeto. Neste nível são avaliadas questões como (a) proteção contra conflitos e obstáculos na calçada; (b) proteção contra conflito e existência de obstruções nas interseções; (c) projeto visual e psicológico para modificação do comportamento do motorista; (d) eliminação da possibilidade de queda e ferimento dos pedestres e (e) percepção de segurança social (seguridade).

Conforme pode ser percebido pelos atributos adotados, este método se atém às travessias nos critérios (b) e (c) da análise em micro nível. Para a análise de macro nível o autor propõe a realização de oito etapas de trabalho que visam orientar e organizar a visita de campo e coleta de dados. Os dados obtidos são comparados a uma tabela de referência para avaliar a condição de exposição do pedestre ao risco de acidente.

A análise de micro nível ocorre de forma similar, com base em pesquisa de campo e comparação das condições encontradas com outras cinco tabelas de referência. Esta análise permite avaliar o nível de serviço para cada quadra da rota em questão.

Para a análise das travessias de pedestre são pertinentes, principalmente, as tabelas que tratam o nível de qualidade do serviço para conflitos e obstruções nas interseções (trata exclusivamente a travessia), projeto visual e psicológico (inclui fatores da calçada, mas foca a travessia) apresentadas em seguida.

Tabela 3.4: Níveis de qualidade dos serviços (NQS): Conflitos e obstruções nas interseções

Nível de serviço A	
Conflito com veículos	Nenhum. Os veículos são banidos
Conflito com bicicletas	Nenhum. Os ciclistas utilizam a via, junto com os veículos motorizados
Guia tátil para os deficientes visuais	Guias sensoriais especialmente projetados
Projeto da interseção	Guias bem projetadas (táteis). Refúgios para pedestres não são necessários. Não existe problema de visibilidade porque os veículos são banidos
Medidas para redução de velocidade	Não são necessárias medidas de redução de velocidade porque os veículos são banidos
Nível B	
Conflito com veículos	Nenhum. Os pedestres tem tempo de travessia exclusivo
Conflito com bicicletas	Nenhum. Os ciclistas têm canalização e tempo exclusivo para travessia
Guia tátil para os deficientes visuais	Guias sensoriais especialmente projetadas. Sinais audíveis acionados pelo pedestre
Projeto da interseção	Guias bem projetadas (táteis). Refúgio para pedestres são bem projetados (cerca e ajardinamento) e colocados onde são necessários.
Medidas para redução de velocidade	A velocidade é reduzida por medidas de moderação de tráfego
Nível C	
Conflito com veículos	Possível. Os pedestres enfrentam conflitos com veículos que fazem a conversão à direita
Conflito com bicicletas	Possível. Os ciclistas utilizam os cruzamentos de pedestres
Guia tátil para os deficientes visuais	Os deficientes visuais são guiados por diferenças de textura no piso
Projeto da interseção	As rampas nas sarjetas são adequadas e utilizáveis, mas não oferecem guias táteis.
Medidas para redução de velocidade	A velocidade é reduzida por medidas convencionais – Pare, luz intermitente, sonorizadores
Nível D	
Conflito com veículos	Possível. Os pedestres enfrentam conflitos com veículos que fazem conversão à direita e à esquerda nos semáforos
Conflito com bicicletas	Possível. Os ciclistas utilizam os cruzamentos de pedestres
Guia tátil para os deficientes visuais	Não existem guias sensoriais para os deficientes visuais
Projeto da interseção	As rampas não são adequadamente alinhadas. Não existem refúgios de pedestres onde necessários. Visibilidade ruim, veículos estacionados muito perto do cruzamento
Medidas para redução de velocidade	Não existem medidas para redução de velocidade
Nível F	
Conflito com veículos	Muito grande. Não existe semáforo. Os pedestres procuram uma brecha entre os veículos para atravessar.
Conflito com bicicletas	Muito grande. Não existem semáforos ou sinalizações de controle de tráfego
Guia tátil para os deficientes visuais	Não existem guias sensoriais para deficientes visuais. Situação extremamente perigosa para eles.
Projeto da interseção	Não existem rampas nas guias. Não existem refúgios para pedestres. Condições muito perigosas. Veículos estacionam no cruzamento
Medidas para redução de velocidade	Não existem medidas para redução da velocidade

Fonte: Aguiar, 2003

Tabela 3.5: Níveis de qualidade do serviço (NQS): Projeto visual e psicológico

Nível de serviço A	
Medidas de redução de velocidade	Não são necessárias porque os veículos são banidos
Obediência aos semáforos e sinalização (p/ 50 veic.)	100% respeitam
Projeto e lay-out da via	Iluminação com altura adequada (4 a 5m). Projeto visando o pedestre (calçadas largas, paisagismo)
Sinalização e regulamentação	A sinalização é clara e bem posicionada
Nível de serviço B	
Medidas de redução de velocidade	Medidas muito efetivas. Projetos de moderação de tráfego (cruzamento elevado, redução da largura da via, etc.)
Obediência aos semáforos e sinalização (p/ 50 veic.)	De 80 a 85% respeitam
Projeto e lay-out da via	Iluminação com altura adequada (4 a 5m). Projeto visando o pedestre (calçadas largas, paisagismo e medidas de moderação de tráfego)
Sinalização e regulamentação	A sinalização é clara e bem posicionada
Nível de serviço C	
Medidas de redução de velocidade	Medidas parcialmente efetivas. São utilizados métodos tradicionais de redução de velocidade (Pare, sonorizadores e luz intermitente)
Obediência aos semáforos e sinalização (p/ 50 veic.)	De 70 a 80 % respeitam
Projeto e lay-out da via	Iluminação com altura moderadamente adequada (5 a 7 m). Projeto visando parcialmente o pedestre (calçadas com largura suficiente em relação à largura da via, via de mão única com uma ou duas faixas de tráfego, com menos de 3m de largura)
Sinalização e regulamentação	As mensagens na sinalização de regulamentação são confusas, embora bem posicionadas
Nível de serviço D	
Medidas de redução de velocidade	Não existem medidas para a redução de velocidade
Obediência aos semáforos e sinalização (p/ 50 veic.)	De 50 a 70% respeitam
Projeto e lay-out da via	Iluminação muito alta (acima de 7m). Projeto que visa os veículos (rua larga e calçada estreita)
Sinalização e regulamentação	A sinalização está colocada em local inadequado
Nível de serviço F	
Medidas de redução de velocidade	A via tem largura muito grande, incentivando o excesso de velocidade
Obediência aos semáforos e sinalização (p/ 50 veic.)	Menos de 50% respeitam
Projeto e lay-out da via	Iluminação muito alta (acima de 7m). Projeto que visa os veículos (via de mão dupla com muitas faixas de tráfego)
Sinalização e regulamentação	Não existe sinalização de regulamentação

Fonte: Aguiar, 2003

3.2.3 Descrição do método de Dixon (1996)

O estudo de Dixon (1996) procura estabelecer um método de análise que permita levantar o nível de serviço de um determinado corredor viário para os modos não motorizados de transporte. Este método foi desenvolvido em um novo contexto da engenharia de tráfego no qual, através do incentivo aos meios de transporte mais sustentáveis, pretende-se reduzir o impacto da mobilidade.

Baseada na percepção de que a padronização de uma metodologia de cálculo do nível de serviço similar à utilizada para automóveis é fundamental para o desenvolvimento dos modos não motorizados, a autora, com base em uma revisão bibliográfica, apresenta o modelo desenvolvido para aplicação na cidade de Gainesville, Flórida.

O método proposto se baseia na observação das características principais da via e da utilização de um sistema de pontos que atribui, para cada segmento de via, uma pontuação que varia de 1 a 21. Os pontos são atribuídos seguindo um quadro específico e a pontuação, assim como o nível de serviço do corredor são definidos pela média ponderada da pontuação de cada segmento pela sua extensão.

O quadro é dividido em duas partes, uma para bicicletas e outra para pedestres, e a pontuação atribuída avaliando, para os pedestres, as seguintes características da via:

- Instalação de pedestre fornecida – Analisa a existência e a continuidade de calçadas em ambos os lados da via, a largura de passeio disponibilizada, a existência de obstáculos ao caminamento e a possibilidade de um caminho exclusivo para pedestres alternativo;
- Conflitos– Trata a interação entre pedestres e motoristas, o número de interseções ao longo do corredor, o risco ao qual se expõe o pedestre em conflito com o tráfego de veículos motorizados, o tempo de atraso em interseções e semáforos, instalação de plataformas, extensão das travessias, velocidade dos veículos, existência de ilhas de travessia;
- Amenidades – Observa a existência de equipamentos específicos para a promoção do conforto do pedestre como afastamentos, iluminação baixa ou sombra de arborização;
- Nível de serviço para veículos – Avalia o impacto da má circulação de veículos no conforto e na segurança do pedestre bem como no microambiente local (ruído, clima);
- Manutenção – Investiga a condição de conservação e limpeza do local refletida pela qualidade da pavimentação, buracos, remendos, poças, intempéries;
- Provisão de equipamentos para multimodalidade – Abrange a existência de equipamentos, intervenções e programas específicos da engenharia de tráfego para incentivo ao uso do modo a pé e da multimodalidade como tratamento especial para pontos de ônibus com assentos e abrigos.

Além do quadro, o artigo apresenta ainda a descrição detalhada de cada critério a ser calculado e as instruções básicas para atribuir a pontuação em conformidade com a Tabela

3.6, além de apresentar as condições esperadas para a via em cada nível de serviço e os locais onde cada nível é recomendado.

Tabela 3.6: Atribuição de pontos segundo Dixon (1996)

	Critério	Pontuação
Infraestrutura de pedestre fornecida (máximo = 10)	Sem continuidade ou não existente	0
	Contínuo em um dos lados	4
	Contínuo em ambos os lados	6
	Mínimo de 1,53m de largura e livre de barreiras	2
	Largura de calçada > 1,53m	1
	Infraestrutura alternativa paralela / fora da rua	1
Conflitos (valor Máximo = 4)	Calçadas e ruas laterais	1
	Não semaforizada ou Sinal de pedestre com atraso de 40 seg. ou menos	0,5
	Implantação de redutor de conflitos na conversão ou plataforma	0,5
	Distância de travessia de 18,3m ou menos	0,5
	Velocidade regulamentada inferior a 56 km/h	0,5
	Ilha de travessia ou canteiro	1
	Amenidades (valor máximo = 2)	Separação física não inferior a 1 m
Bancos ou iluminação baixa		0,5
Árvores de sombra		0,5
Nível de Serviço Motorizado (valor máximo = 2)	NS = E, F ou mais de 6 faixas	0
	NS = D e menos de 6 faixas	1
	NS = A, B, C e menos de 6 faixas	2
Manutenção (valor máximo = 2)	Defeitos frequentes e graves	-1
	Defeitos Pouco frequentes e pequenos ou sem equipamento de acessibilidade	0
	Sem Defeitos	2
Multimodalidade	Não suportada	0
	suportada	1

Fonte: Dixon, 1996, p. 2

Nota: traduzido pelo autor

Os níveis de serviço atribuídos por esta metodologia são similares ao conceito geral de nível de serviço aplicado na engenharia de tráfego em que os níveis A e B são atribuídos à situações de desempenho espetacular e esperados apenas para regiões especiais como, no caso

de pedestres, centros urbanos e campi universitários. Os níveis C e D refletem as condições normais e adequadas à maior parte das situações e os níveis E e F refletem situações inadequadas de circulação. A correlação entre nível de serviço e a pontuação obtida para o trecho é apresentada na Tabela 3.7.

Tabela 3.7: Nível de serviço conforme pontuação segundo Dixon (1996)

Pontuação	Nível de Serviço
21 a 17	A
Entre 17 e 14	B
Entre 14 e 11	C
Entre 11 e 7	D
Entre 7 e 3	E
Inferior a 3	F

Fonte: adaptado de Dixon (1996)

Por fim é apresentado o desempenho do método na avaliação de cinco corredores da cidade de Gainesville. Os resultados foram submetidos a três comitês consultivos da cidade sendo detectada semelhança entre os níveis de serviço medidos e observados, bem como adequação da metodologia em auxiliar na escolha de intervenções e detecção do problema. O método foi ainda utilizado para a realização de diversos projetos de incentivo ao transporte não motorizado. Segundo a autora este método mostra-se adequado como ferramenta de avaliação e intervenção para a criação de projetos e programas de incentivo aos meios de transporte sustentáveis bem como no estabelecimento de limites aceitáveis de qualidade para tais modos, principalmente em corredores urbanos.

3.2.4 Descrição do método de Silva e Barbosa (2011)

O método apresentado por Silva e Barbosa (2011) trata-se de uma proposição metodológica. Embora o método não esteja consolidado, apresenta, de acordo com o próprio estudo, boa aplicabilidade e resultado condizente com a realidade sendo válida a sua indicação como método de avaliação, desde que ressalvada a necessidade de seu aprofundamento.

O método propõe a avaliação de uma rota de pedestre utilizando-se duas planilhas para levantamento e avaliação do caminhamento de pedestre através do registro de equipamentos e características específicas da rota trecho a trecho.

A primeira planilha avalia os trechos de calçada através da análise de características como largura efetiva, condições de segurança e manutenção, atratividade visual e seguridade. Para a avaliação destas características são levantadas: largura de calçada, existência de policiamento, fluxo de pedestres, arborização, pavimentação, iluminação, e outras características e equipamentos com influência na percepção de qualidade pelo pedestre.

Da mesma forma, a segunda planilha, de maior interesse para este estudo, avalia as condições de travessia ao longo da rota. Esta avalia as condições de segurança, manutenção (ou continuidade) e conforto da travessia. Os parâmetros tomados como base para a esta avaliação foram definidos a partir do estudo de Araújo *et al.* (2008), também em análise no presente trabalho. Estes parâmetros abordam uma seleção das medidas de desempenho propostas por Khisty (1994) e adotadas para a travessia de pedestre.

O método em análise se diferencia dos anteriormente citados, principalmente pela forma de definição da nota individual de cada parâmetro. Assim como realizado em outros dois estudos aqui avaliados, Basile *et al.* (2010) e Nunes *et al.* (2011), os autores propõem que a nota individual de cada parâmetro seja estabelecida através da observação de características físicas da travessia e da existência de equipamentos específicos, definidos a partir da experiência dos autores. Desta forma a nota final obtida para cada parâmetro é definida pela observação dos seguintes itens:

- Segurança: Proteção em relação ao tráfego de veículos, sinalização, fluxo de veículos, velocidade do tráfego, visibilidade para o pedestre, iluminação e distância de travessia;
- Manutenção: Condições do passeio na área de espera, existência de obstáculos, rebaixamento de meio-fio, semáforo de pedestre, existência de avanço de calçada ou ilha de travessia;
- Conforto: Tempo médio de espera, área de espera, fluxo de pedestre, mão de direção da via.

Visando auxiliar a análise em campo e a definição das notas de cada parâmetro os atributos acima mencionados foram dispostos pelos autores em um formulário de campo ilustrado na Figura 3.2.

Formulário de Avaliação de Travessias em nível		
Identificação do Trecho		
Logradouro:		
com:		
Sentido:		Extensão:
Segurança	Proteção	
	Semaforizada (1)	Não semaforizada
	Sinalização	
	Faixa e piso diferenciado (0,5)	Apenas Faixa de Pedestre (0,25)
	Sem Sinalização (0)	
	Fluxo de Veículos	
	Baixo (0,5)	Constante com intervalos (0,25)
	Contínuo (0)	
	Velocidade do Tráfego	
	inferior à 40 km/h (0,5)	entre 60 e 40 km/h (0,25)
	acima de 60 km/h (0)	
	Visibilidade	
	Nítida (1)	Obstruída por gradil ou veículos estacionados (0)
	Iluminação	
	Iluminado (0,5)	Iluminação obstruída (0,25)
Sem Iluminação (0)		
Distância de Travessia		
inferior a 6m (até 2 faixas) (1)	entre 6 e 9m (3 faixas) (0,5)	
acima de 9m (4 faixas ou mais) (0)		
Manutenção	condição do Passeio	
	Bem pavimentado (1)	Esburacado ou sem pavimento (0)
	obstáculo	
	travessia livre de obstruções (1)	com obstáculos ou ambulantes (0)
	Rebaixo de meio fio	
	travessia elevada (1)	Rebaixos no caminhamento (0,75)
	rebaixos fora do caminhamento ou sem continuidade (0,25)	sem rebaixo (0)
	Semáforo de Pedestres	
	com foco específico (1)	sem foco específico (0)
	Avanço de Calçada / Ilha	
Existente (1)	Não existente (0)	
Conforto	Tempo médio de espera / Atraso	
	inferior à 30 seg. (2)	entre 30 seg. e 1 min. (1)
	superior a 1 min. (0)	
	Área de espera	
	generosa (espera junto à guia)(1)	suficiente (0,5)
	insuficiente para o fluxo (0)	
	Fluxo de pedestres	
	caminhada livre de interferências (1)	caminhada condicionada ao fluxo (0)
Mão de direção		
única (1)	dupla (0)	

Figura 3.2: Formulário para avaliação de travessias proposto por Silva e Barbosa (2011)
 Fonte: Silva, 2011, p. 7

Assim como nos métodos que serviram de base para realização desta proposta metodológica, a nota final da travessia é definida ponderando as notas de cada parâmetro em relação a sua importância. A importância de cada parâmetro é também definida a partir do estudo realizado por Araújo *et al.* (2008) e apresentada na Tabela 3.8.

Tabela 3.8: Importância relativa dos parâmetros de travessia adotados por Silva e Barbosa (2011)

Parâmetro	Peso
Segurança	0,38
Manutenção	0,32
Conforto	0,30

Fonte: Silva, 2011, p.4

Por se tratar de proposição metodológica, e não uma metodologia consolidada, o método requer maior aprofundamento e adaptações para sua utilização. Apesar da característica propositiva do estudo, este se mostra pertinente, principalmente por dedicar parte da análise especificamente para a travessia de pedestre.

3.3 Métodos de avaliação para casos específicos

Alguns dos métodos levantados são restritos quanto ao tipo de travessia, ao público analisado e/ou a algum aspecto específico do atravessamento. Estes métodos foram analisados principalmente com a intenção de enriquecer a análise através da possível associação destes aos outros, ou da possibilidade de se obter nestes modelos sugestões para o aprimoramento do método selecionado como padrão. Nesta categoria foram colocados dois métodos: Araújo *et al.* (2008) – específico para interseções semaforizadas e Basile *et al.* (2010) – análise específica de segurança.

3.3.1 Descrição do método de Araújo et al. (2008)

A metodologia analisada foi inicialmente desenvolvida por Araújo (1999) e posteriormente reapresentada por Araújo *et al.* (2008) para avaliação de travessias semaforizadas. Este método foi desenvolvido com base em uma recomendação do Highway Capacity Manual de 2000 (HCM 2000) que, em seu capítulo 18, estabelece um nível de serviço para travessias de pedestre. O método apresentado pelo HCM 2000 se baseia em dados de velocidade e densidade de tráfego para determinar o nível de serviço e recomenda que fatores qualitativos devam também ser analisados para definição do nível de serviço para pedestres sem, no entanto, determinar uma metodologia a ser utilizada. Baseado nesta recomendação as autoras propõem, a partir da metodologia de Khisty (1994), uma alternativa para avaliação destas características qualitativas para o caso das travessias semaforizadas.

O método se baseia nos conceitos desenvolvidos por Khisty (1994) sobre o uso de Medidas de Desempenho (MD) para avaliar a percepção do pedestre em relação às características

qualitativas de uma determinada rota de pedestres. O método desenvolvido por Khisty (1994) estabelece sete parâmetros a serem calculados para definição do nível de serviço percebido pelo pedestre. Desses as autoras propõem a seleção de três aplicáveis à travessia: conforto, continuidade do sistema e segurança.

Araújo *et al.* (2008) se baseiam nos preceitos estabelecidos por Khisty (1994) para definir o peso relativo de cada medida de desempenho, adaptando a metodologia ao contexto brasileiro para aplicação em travessias da cidade de São Paulo – SP. Ressaltam ainda que, diferente da proposta de Khisty (1994), o peso de cada medida de desempenho foi definido com base na análise de 17 especialistas da cidade ao invés de consultar usuários do local como é feito pela metodologia original.

Para seleção das medidas de desempenho a serem estudadas na travessia de pedestre foi inicialmente realizada uma análise das medidas propostas por Khisty (1994) e da sua capacidade de utilização em travessias semaforizadas. Das sete medidas anteriormente propostas as autoras selecionaram cinco inicialmente relacionadas a travessia. São elas:

- Conforto: Associada a fatores que conferem bem-estar ao usuário como estado da superfície e limpeza;
- Conveniência: Inclui fatores que tornam a caminhada mais fácil tais como existência de rampas, acessos livres de obstáculos, etc.;
- Segurança: Observa fatores de proteção do pedestre em relação ao tráfego como semaforização, presença de fiscais e largura da travessia;
- Continuidade do Sistema: Inclui fatores que contribuem para a continuidade da rota a ser percorrida e eficiência do sistema como ilhas de travessia, restrição ao estacionamento junto a travessia;
- Economia: inclui fatores associados ao custo monetário da caminhada e aos atrasos gerados.

Em seguida, estas medidas de desempenho foram submetidas à apreciação de um grupo de discussão formado por dezessete especialistas das diversas áreas de atuação da Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP). Um programa de trabalho foi montado e realizado visando determinar os principais atributos da travessia relacionados a cada uma das medidas de desempenho selecionadas. O resultado obtido é apresentado na Tabela 3.9.

Tabela 3.9: Atributos de análise sugeridos por Araújo *et al.* (2008)

Conforto	Segurança	Conveniência	Continuidade	Economia
Largura da via	Largura da via	Largura da via		Largura da via
	Visibilidade (ser capaz de ver o veículo e ser visto)	Visibilidade (ser capaz de ver o veículo e ser visto)		
	Movimento de conversão			
Gradiente	Gradiente	Gradiente		
Condições de iluminação	Condições de iluminação	Condições de iluminação		
Estado de conservação da superfície da estrada	Estado de conservação da superfície da estrada	Estado de conservação da superfície da estrada		
	Faixa de ônibus			
Via de mão única ou dupla	Via de mão única ou dupla	Via de mão única ou dupla		
Drenagem	Drenagem	Drenagem	Drenagem	
Estacionamento	Estacionamento	Estacionamento	Estacionamento	
Parada de ônibus	Parada de ônibus	Parada de ônibus	Parada de ônibus	
Ilha central	Ilha central	Ilha central	Ilha central	
Nº de pedestres	Nº de pedestres	Nº de pedestres		
Tipo de pedestres (relacionado ao uso do solo e atividades locais)	Tipo de pedestres (relacionado ao uso do solo e atividades locais)	Tipo de pedestres (relacionado ao uso do solo e atividades locais)		Tipo de pedestres (relacionado ao uso do solo e atividades locais)
Demanda (em tempo e espaço)	Demanda (em tempo e espaço)	Demanda (em tempo e espaço)	Demanda (em tempo e espaço)	Demanda (em tempo e espaço)
Seguridade	Seguridade	Seguridade		
Tempo de espera	Tempo de espera	Tempo de espera	Tempo de espera	Tempo de espera
Espaço disponível durante a espera	Espaço disponível durante a espera	Espaço disponível durante a espera		
Velocidade dos veículos	Velocidade dos veículos			Velocidade dos veículos
Volume de tráfego	Volume de tráfego	Volume de tráfego		Volume de tráfego
Proporção dos tipos de veículos	Proporção dos tipos de veículos	Proporção dos tipos de veículos		

Fonte: Araújo, 2008, p.6 - 7

Nota: traduzida e alterada pelo autor

Tabela 3.9: Atributos de análise sugeridos por Araújo *et al.* (2008) (continuação)

Conforto	Segurança	Conveniência	Continuidade	Economia
Travessia zebra	Travessia zebra Linha de retenção	Travessia zebra	Travessia zebra	
Sinais de aviso (travessia de pedestres)	Sinais de aviso (travessia de pedestres)			
Informações adicionais para pedestres (sinalização)	Informações adicionais para pedestres (sinalização)	Informações adicionais para pedestres (sinalização)	Informações adicionais para pedestres (sinalização)	Informações adicionais para pedestres (sinalização)
Foco semafórico para pedestres	Foco semafórico para pedestres	Foco semafórico para pedestres		
Foco semafórico para veículos	Foco semafórico para veículos	Foco semafórico para veículos		
Tempo para pedestre	Tempo para pedestre	Tempo para pedestre	Tempo para pedestre	Tempo para pedestre
Tempo para veículos	Tempo para veículos	Tempo para veículos		Tempo para veículos
Visibilidade do foco de pedestres	Visibilidade do foco de pedestres	Visibilidade do foco de pedestres		
Ausência de obstáculos	Ausência de obstáculos	Ausência de obstáculos	Ausência de obstáculos	Ausência de obstáculos
Gradil	Gradil	Gradil	Gradil	
Meio-fio rebaixado	Meio-fio rebaixado	Meio-fio rebaixado	Meio-fio rebaixado	Meio-fio rebaixado
Estado de conservação da calçada	Estado de conservação da calçada	Estado de conservação da calçada	Estado de conservação da calçada	Estado de conservação da calçada
Vendedores de rua	Vendedores de rua	Vendedores de rua	Vendedores de rua	Vendedores de rua
Largura do passeio / ilha central	Largura do passeio / ilha central	Largura do passeio / ilha central	Largura do passeio / ilha central	
Altura do meio-fio	Altura do meio-fio	Altura do meio-fio	Altura do meio-fio	Altura do meio-fio
Vigilância	Vigilância	Vigilância		

Fonte: Araújo, 2008, p.6 - 7

Nota: traduzida e alterada pelo autor

Das trinta e oito características selecionadas foram analisadas as cinco principais visando a aplicabilidade do modelo *in loco*.

Por fim, optou-se pela eliminação da medida de economia, pela discrepância de seus atributos em relação às demais; assim como pela avaliação das medidas de conforto e conveniência como um parâmetro único, e pela eliminação de alguns atributos relacionados à localização e uso do solo, por se entender que tais atributos não fazem parte do escopo da CET-SP que apoiou o desenvolvimento do estudo.

Como resultado do trabalho realizado, foram definidas para análise três medidas de desempenho e seus respectivos atributos abaixo relacionados:

Conforto: Tempo de Espera, espaço disponível para espera junto a travessia, número de pedestres, mão de direção da via (mão única ou sentido duplo), condições da superfície da via;

Segurança: Largura da via, velocidade de tráfego dos veículos, visibilidade, condições de iluminação, gradis;

Continuidade do Sistema: ausência de obstáculos, condições de manutenção da calçada, rebaixamento de calçada, semáforo com foco de pedestres e ilha de travessia.

Selecionadas as medidas de desempenho e seus atributos, a etapa seguinte do trabalho compreendeu a hierarquização das mesmas e a definição dos pesos relativos em travessias semaforizadas. Para isto, a exemplo da metodologia de Khisty (1994), foram utilizados métodos de avaliação psicométricos como a comparação em pares e a soma constante. A pesquisa foi realizada em quatro terminais de ônibus da cidade de São Paulo sendo consultados 424 pedestres. A Figura 3.3 apresenta o exemplo de um cartão preenchido durante a pesquisa.

	SEGURANÇA	CONFORTO	CONTINUIDADE DO SISTEMA
SEGURANÇA	-	7	6
CONFORTO	3	-	5
CONTINUIDADE DO SISTEMA	4	5	-

Figura 3.3: Modelo de resposta para pesquisa de hierarquização das medidas de desempenho pelo método Araújo 2008

Fonte: Araújo, 2008, p.9

Nota: traduzido pelo autor

A partir da análise estatística dos resultados obtidos foi possível determinar os pesos relativos para cada medida de desempenho definidas como apresentado pela Tabela 3.10.

Tabela 3.10: Medidas de Desempenho para Avaliação de Travessias

Medida de Desempenho	Peso
Conforto	0,30
Continuidade	0,32
Segurança	0,38

Fonte: Araújo, 2008, p.12

Nota: adaptada e traduzida pelo autor

Para definição do nível de satisfação do pedestre em relação à travessia, a autora utilizou o método proposto por Grigg (1978, apud ARAÚJO, 2008) e Groeger e Brown (1989, apud ARAÚJO, 2008) conhecido como “Escala linear de diferencial semântico” na qual o pedestre apresenta o seu nível de satisfação em relação a uma determinada característica da travessia, marcando o seu nível de satisfação em uma escala gráfica de 10 cm.

A pesquisa foi realizada junto a 424 pedestres em 4 travessias selecionadas de forma a cobrir todos os atributos analisados. Medido o nível de satisfação do pedestre atribui-se à característica uma pontuação e nível de serviço apresentados anteriormente na Tabela 3.2, sugerida por Khisty (1994).

Por fim, a partir do nível de satisfação do pedestre para cada atributo e a respectiva pontuação, é possível determinar o nível de serviço da travessia através do somatório das notas obtidas por cada atributo pelo correspondente peso relativo.

3.3.2 Descrição do método de Basile *et al.*(2010)

Basile *et al.* (2010) apresentam um método específico para determinação dos níveis de segurança em travessias urbanas semaforizadas ou não. O estudo foi desenvolvido a partir da constatação de que um elevado índice de fatalidade pode ser atribuído aos atropelamentos, mesmo na presença de sinalização, e da necessidade de se intervir junto a tal situação. Desta forma, foi desenvolvido pelos autores um método de avaliação em campo que define o nível de segurança de cada travessia e permite a hierarquização de ações e o tratamento de 215 travessias em 17 diferentes cidades europeias. O método agrega a avaliação por meio da análise estatística de acidentes, modelos comportamentais e de opinião, e a opinião de especialistas em um modelo único, que determina o índice de segurança da travessia.

Os métodos existentes se baseiam normalmente em dados de fluxo e nas características da travessia. No entanto, nem sempre os dados de fluxo estão disponíveis e um elevado número de características influencia a qualidade da travessia, tornando difícil se definir qual exatamente é a participação de cada uma. Para se definir o peso relativo de cada característica a metodologia proposta se baseia no Método de Análise Hierárquica em que especialistas, através de comparação, conseguem definir a importância de cada característica. O método difere ainda entre travessias semaforizadas e não semaforizadas tratando cada cenário em separado.

A análise é realizada em três níveis hierárquicos. O primeiro representa o índice de segurança da travessia, o segundo é definido por quatro macro critérios de contribuição para segurança, a saber: projeto espacial e temporal, visibilidade diurna, visibilidade noturna e acessibilidade; e o terceiro contém a avaliação de cada um dos critérios.

O critério de projeto espacial e temporal faz referência à exposição do pedestre ao tráfego, conflitos e fatores temporais que influenciam na funcionalidade para o pedestre. Os fatores de visibilidade diurna e noturna referem-se à visibilidade do pedestre em relação ao motorista, do motorista em relação ao pedestre e do pedestre em relação aos veículos próximos. A acessibilidade se refere à existência de equipamentos de acessibilidade universal, ausência de obstáculos e perigos.

Para cada critério são definidos indicadores aos quais são atribuídos os valores entre 0 e 1, sendo 0 para situações seguras e 1 para situações de risco. A Figura 3.4 apresenta os dispositivos avaliados para travessias semaforizadas e a Figura 3.5 para não semaforizadas.

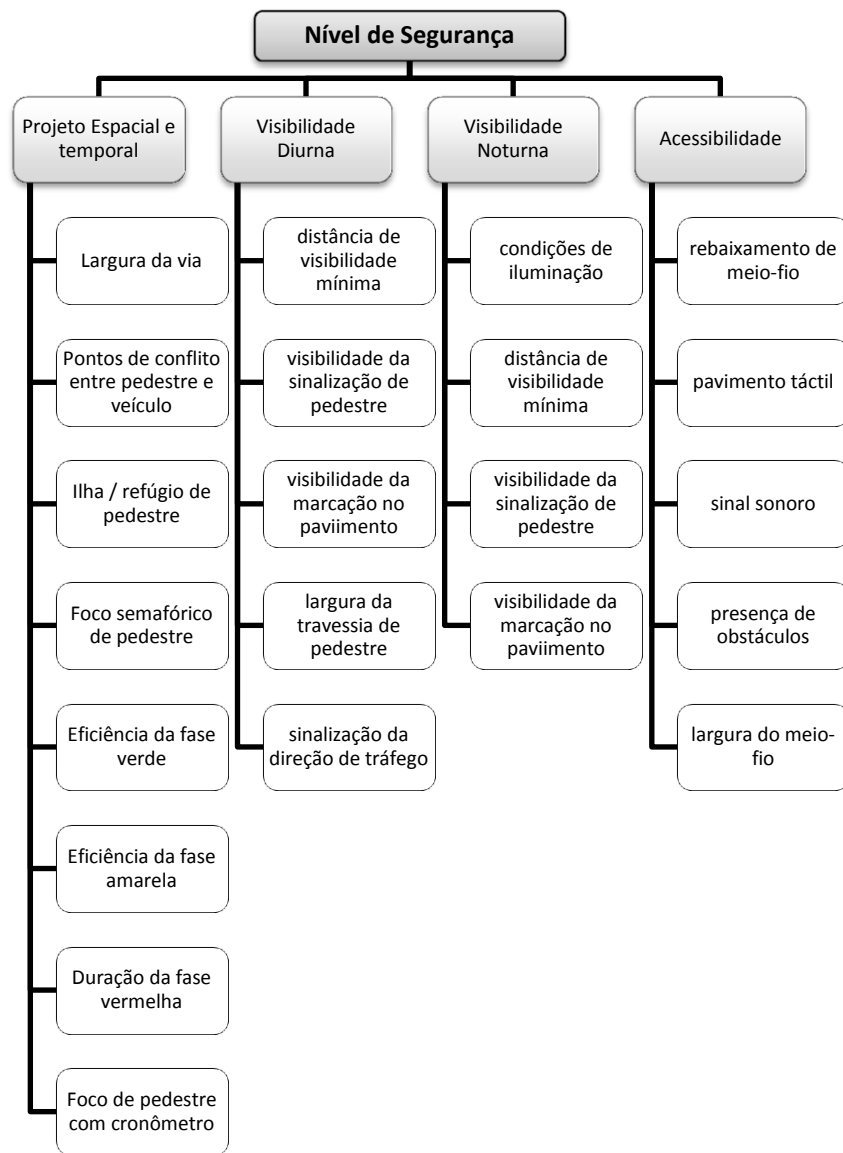


Figura 3.4: Critérios de avaliação de segurança em travessias semaforizadas segundo Basile *et al.* (2010)

Fonte: Basile *et al.*, 2010, p.4

Nota: traduzido pelo autor

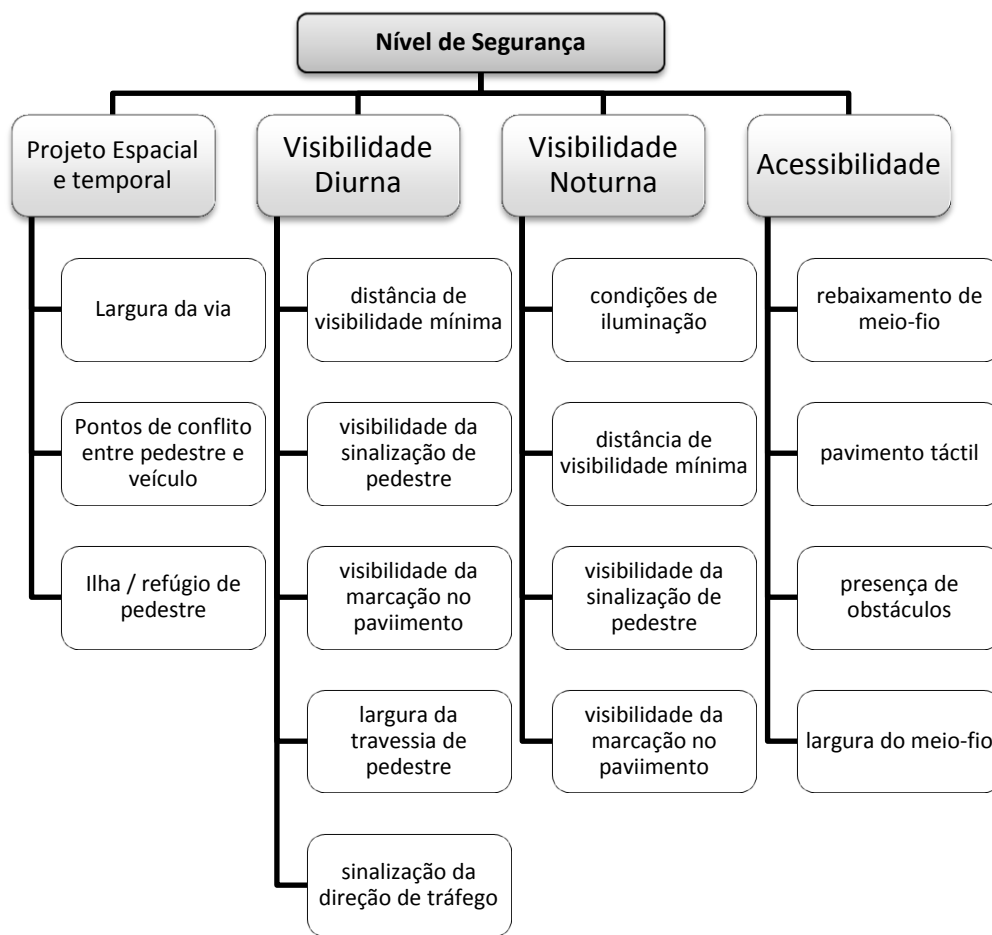


Figura 3.5: Critérios de avaliação de segurança em travessias não semaforizadas pelo método de Basile *et al.* (2010)

Fonte: Basile *et al.*, 2010, p.3

Nota: traduzido pelo autor

Para os critérios quantitativos a nota é atribuída por uma escala em função de um valor de referência. Para os critérios qualitativos é atribuída uma escala adequada à probabilidade de uso. As notas atribuídas a cada critério são apresentadas na Tabela 3.11.

Tabela 3.11: Escala de pontuação para o método de Basile *et al.* (2010)

Critério	Valores
Projeto espacial e temporal	
Largura da via	0: $\leq 2,75$ m; caso contrário $(1 - 2,75/\text{largura})$
Pontos de conflito entre pedestre e veículo	0,2: 1 pto de conflito; 0,4: 2 pto de conflito; 0,6: 3 ou 4 pto de conflito; 1: >4 pto de conflito
Ilha / refúgio de pedestre (projetada para mobilidade reduzida)	0: largura da ilha $> 1,5$ m; 0,5: largura da ilha $< 1,5$ m; 1: sem ilha / refúgio
Foco semafórico de pedestre	0: sim; 1: não

Fonte: Basile *et al.*, 2010, p.5

Nota: traduzido pelo autor

Tabela 3.11: Escala de pontuação para o método de Basile *et al.* (2010)(continuação)

Critério	Valores
Eficiência da fase verde	0: fase suficiente para pessoas com mobilidade reduzida; 0,5: fase suficiente para pessoas sem mobilidade reduzida; 1: fase insuficiente
Eficiência da fase amarela	0: fase suficiente para pessoas com mobilidade reduzida; 0,5: fase suficiente para pessoas sem mobilidade reduzida; 1: fase insuficiente
Duração da fase vermelha	0: ≤ 60 seg.; 1 > 60 seg.
Foco de pedestre com cronômetro	0: existente ; 1: inexistente
Visibilidade diurna	
Distância de visibilidade mínima	0: distância de visibilidade $>$ distância de parada; 1: distância de visibilidade $<$ distância de parada
Visibilidade da sinalização de pedestre	0: muito bom; 0,25: bom; 0,5: suficiente; 0,75: insatisfatório; 1: pobre
Visibilidade da marcação no pavimento	0: muito bom; 0,25: bom; 0,5: suficiente; 0,75: insatisfatório; 1: pobre
Largura da travessia de pedestre	0: $> 2,5$ m; 1: $< 2,5$ m
Sinalização da direção de tráfego	0: existente; 1: inexistente
Visibilidade noturna	
Condições de iluminação	0: muito bom; 0,25: bom; 0,5: visibilidade suficiente; 0,75: visibilidade insatisfatória; 1: visibilidade pobre
Distância de visibilidade mínima	0: distância de visibilidade $>$ distância de parada; 1: distância de visibilidade $<$ distância de parada
Visibilidade da sinalização de pedestre	0: muito bom; 0,25: bom; 0,5: suficiente; 0,75: insatisfatório; 1: pobre
Visibilidade da marcação no pavimento	0: muito bom; 0,25: bom; 0,5: suficiente; 0,75: insatisfatório; 1: precária
Acessibilidade	
Rebaixamento de meio-fio	0: existente ; 1: inexistente
Pavimento tátil	0: existente ; 1: inexistente
Sinal sonoro	0: existente ; 1: inexistente
Presença de obstáculos	0: inexistente ; 1: existente
Largura do meio-fio	0: largura > 2 m; 1: largura < 2 m

Fonte: Basile *et al.*, 2010, p.5

Nota: traduzido pelo autor

O modelo apresenta ainda um método para definição do peso de cada macro critério com base na aplicação do método de análise hierárquica (MAH). Este método possibilita uma análise comparativa caso a caso através de uma matriz de comparação. Para isto os critérios são organizados em linha e coluna sendo o valor da célula A_{ij} atribuído segundo a relação do critério i como critério j segundo os valores apresentados na Tabela 3.12.

Tabela 3.12: Valores de referência para comparação dos critérios do método de Basile *et al.* (2010)

A_{ij}	Julgamento
1	Igual importância
3	Importância fraca
5	Importância forte
7	Importância muito forte
9	Importância absoluta
2, 4, 6, 8	Valores intermediários

Fonte: Basile *et al.*, 2010, p.5

Nota: traduzido pelo autor

Realizada a análise estatística dos resultados obtidos pelo MAH foi possível atribuir a cada um dos critérios analisados um peso relativo aos macro critérios em cada um dos cenários propostos (travessia sinalizada e não sinalizada). Os valores são apresentados pela Figura 3.6.

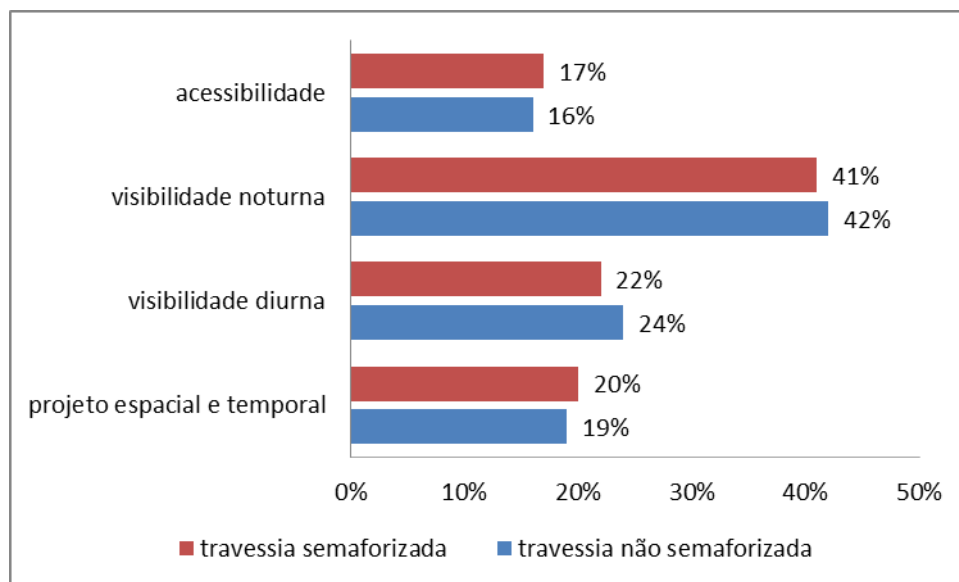


Figura 3.6: Peso relativo dos critérios analisados pelo método de Basile *et al.* (2010)

Fonte: Basile *et al.*, 2010, p. 6

Nota: traduzido pelo autor

Apreciando-se individualmente os atributos da travessia analisados foi possível obter o peso relativo de cada dispositivo/característica, de acordo com o exposto na Tabela 3.13.

Tabela 3.13: Peso relativo dos atributos analisados por Basile *et al.* (2010)

Critério	Peso	Peso	Coeficiente	Coeficiente
	Ñ semaf.	Semaf.	Ñ semaf.	Semaforizado
Percepção de segurança			0,024	0,004
Projeto espacial e temporal		20%	0,014	0,019
Largura da via	15%	7%		
Pontos de conflito entre pedestre e veículo	42%	12%		
Ilha / refúgio de pedestre (projetada para mobilidade reduzida)	43%	14%		
Foco semafórico de pedestre	-	22%		
Eficiência da fase verde	-	18%		
Eficiência da fase amarela	-	14%		
Duração da fase vermelha	-	7%		
Foco de pedestre com cronômetro	-	6%		
Visibilidade diurna	24%	22%	0,034	0,030
Distância de visibilidade mínima	48%	48%		
Visibilidade da sinalização de pedestre	17%	18%		
Visibilidade da marcação no pavimento	21%	20%		
Largura da travessia de pedestre	5%	5%		
Sinalização da direção de tráfego	9%	9%		
Visibilidade noturna	42%	41%	0,004	0,006
Condições de iluminação	47%	42%		
Distância de visibilidade mínima	29%	34%		
Visibilidade da sinalização de pedestre	11%	11%		
Visibilidade da marcação no pavimento	13%	13%		
Acessibilidade	16%	17%	0,004	0,003
Rebaixamento de meio-fio	26%	22%		
Pavimento táctil	19%	16%		
Sinal sonoro	-	20%		
Presença de obstáculos	38%	3%		
Largura do meio-fio	17%	12%		

Fonte: Basile *et al.*, 2010, p. 6

Nota: traduzido pelo autor

Para obtenção do índice final de segurança da travessia foi adotada a Equação 3.1:

$$\text{Índice de Segurança} = \sum_m w_m \cdot \sum_j (w_j^m \cdot A_j) \quad (3.1)$$

Em que:

w_j^m = peso de um critério A_j associado ao macro critério C_m

w_m = peso do macro critério C_m contribuindo para um objetivo geral

Os valores obtidos para cada um dos macro critérios pode ainda ser analisado individualmente para se obter um índice de desempenho genérico.

Por fim, foi estabelecida uma escala de valores associando o nível de serviço ao valor final obtido, como mostra a Tabela 3.14.

Tabela 3.14: Nível de serviço segundo método de Basile *et al.*(2010)

Nível de segurança	Valor numérico
Excelente	0,00 – 0,20
Bom	0,21 – 0,40
Suficiente	0,41 – 0,60
Insatisfatório	0,61 – 0,80
Pobre	0,81 – 1,00

Fonte: Basile *et al.*, 2010, p. 8

Nota: traduzido pelo autor

O método foi testado pelos autores em quinze travessias da cidade de Parma na Itália para análise de seu desempenho e posteriormente aplicado em 215 travessias de 17 capitais europeias. O estudo destaca ainda que a nota final é obtida sem a necessidade de realização de pesquisas de contagem de fluxo, e que esta condição facilita sua aplicabilidade.

3.4 Métodos gerais para travessia

Por fim foram separados dentre os métodos especialmente desenvolvidos para travessias aqueles que tratam a sua análise de forma mais ampla, avaliando quaisquer tipos de tratamento em nível, público e critérios. Nesta categoria foram colocados os seguintes métodos: HCM 2010, Nunes *et al.* (2010) e Muraleetharan *et al.* (2005).

3.4.1 Descrição do método HCM 2010

O reconhecido Highway Capacity Manual (HCM), publicado periodicamente pelo Transportation Research Board (TRB), é dedicado à apresentação da definição de nível de

serviço viário para os diversos modos de transporte e sua respectiva metodologia de cálculo. Estes níveis de serviço são normalmente definidos com base nas condições de densidade de ocupação e velocidade da via. Em sua mais recente versão, publicada em 2010 (denominada HCM 2010), foi incluído o modo a pé como um dos meios de transporte a ser avaliado para a definição do nível de serviço de uma determinada via.

O volume 3 da edição de 2010 é dedicado ao tratamento e análise dos fluxos interrompidos, ou seja, avalia os níveis de serviço viários em áreas urbanas tratando dentre os modos de transporte a serem avaliados, o deslocamento a pé. A descrição das metodologias de cálculo para os níveis de serviço viário são apresentadas de acordo com a situação viária.

O manual introduz em seu capítulo 16 a distinção entre os segmentos de via e interseção e mostra como avaliar o corredor viário em função do nível de serviço em cada segmento/interseção. Posteriormente, em seu capítulo 17, é apresentada a metodologia de definição do nível de serviço para os segmentos de via e nos capítulos 18 a 22 as metodologias de avaliação em interseções consoante com o tipo. Por fim, o manual aborda no capítulo 23 o nível de serviço para pedestres e ciclistas em vias exclusivas de tráfego não motorizado. Embora o capítulo 23 trate especificamente do modo a pé, não leva em conta pontos de travessia ou interseção com outros modos, sendo, portanto, não pertinente ao estudo ora apresentado.

A avaliação das travessias de pedestres é tratada pelo manual em subcapítulos específicos para o modo a pé nos capítulos referentes à avaliação das interseções urbanas. A avaliação das travessias é distribuída entre os capítulos do manual pelo tipo de interseção da seguinte forma:

- Interseção semaforizada – capítulo 18;
- Interseção controlada por placa de PARE em duas aproximações – capítulo 19;
- Interseção controlada por placa de PARE em todas as aproximações – capítulo 20;
- Rotatórias – capítulo 21;
- Rampas de acesso a terminais – capítulo 22.

Para o estudo em discussão é relevante analisar as metodologias para o modo a pé tratadas apenas nos capítulos 18 e 19 do manual. As formulações para avaliação do fluxo de pedestres em interseções controladas por placa de “PARE” em todas as aproximações (capítulo 20), rotatórias (capítulo 21) e rampas de acesso a terminais (capítulo 22) são análogas às descritas

no capítulo 19 para as interseções controladas por placa de “PARE” em duas aproximações, o que torna este capítulo referência para análise das situações tratadas no restante do manual.

Assim sendo, para facilitar o entendimento da metodologia desenvolvida pelo HCM 2010, esta é apresentada neste estudo em duas situações distintas:

- Interseção semaforizada: referente ao capítulo 18;
- Interseção controlada por sinalização fixa: referente ao capítulo 19, que trata da travessia da via em uma interseção não semaforizada, sendo que o método usado no caso de via principal é válido também para interseções com “PARE” em todas as aproximações (capítulo 20) e rotatórias (capítulo 21). O método para o caso de via secundária é válido também para rampas de acesso a terminais (capítulo 22).

Destaca-se ainda que, assim como os métodos empregados pelo HCM 2010 para a avaliação de níveis de serviço de automóveis e demais modos, o nível de serviço para pedestres, é definido apenas pelas condições de fluxo e atraso, independente de variáveis qualitativas como segurança, conforto, etc.

Para análise de travessias em interseções semaforizadas cada aproximação da interseção é avaliada individualmente, independente de existir ou não sinalização específica, desde que não haja proibição explícita. A análise examina para cada travessia duas condições distintas, uma para o local de travessia e outra para a área de espera, e é realizada em cinco passos sequenciais para determinar: (i) a área de circulação na lateral, (ii) a área de circulação na travessia, (iii) o atraso do pedestre, (iv) a pontuação para o nível de serviço da interseção e (v) o nível de serviço.

Para melhor entender o método, primeiramente é preciso compreender algumas concepções básicas da metodologia. Segundo o manual, os diferentes aspectos da viagem do pedestre pela interseção podem ser mensurados por medidas de desempenho, que permitem a avaliação desta em termos do serviço ofertado ao pedestre. Como exemplo, o manual traz a variável área de circulação que, quando medida, permite checar o comportamento das medidas de desempenho área de circulação na travessia e área de circulação na lateral. Quanto maior a área de circulação, melhor o desempenho percebido pelo usuário, como exhibe a Tabela 3.15.

Tabela 3.15: Descrição qualitativa do espaço do pedestre

Espaço do pedestre (ft ² /ped.)	Descrição
> 60	Habilidade de se mover no caminho desejado, sem necessidade de alterar o movimento.
> 40 – 60	Necessidade ocasional de ajustar o caminho para evitar o conflito.
> 24 – 40	Necessidade frequente de ajustar o caminho para evitar o conflito.
> 15 – 24	Velocidade e habilidade de passar pedestres lentos restrita.
> 8 – 15	Velocidade restrita, habilidade de passar pedestres lentos muito limitada.
≤ 8	Velocidade severamente restrita, contato frequente com outros usuários.

Fonte: HCM, 2010, p. 18-60

Nota: Traduzido pelo Autor

Outro conceito tratado pelo manual é as condições de fluxo, ilustrado por dois cenários de circulação, expostos na Figura 3.7 e na Figura 3.8.

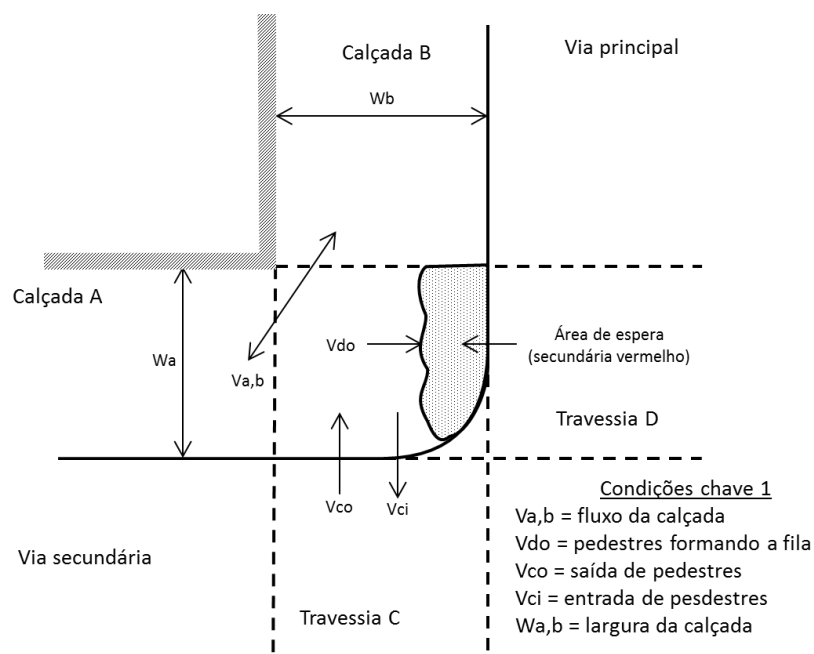


Figura 3.7: Condição 1, atravessamento da via secundária

Fonte: HCM, 2010, p. 18-61

Nota: Traduzido pelo Autor

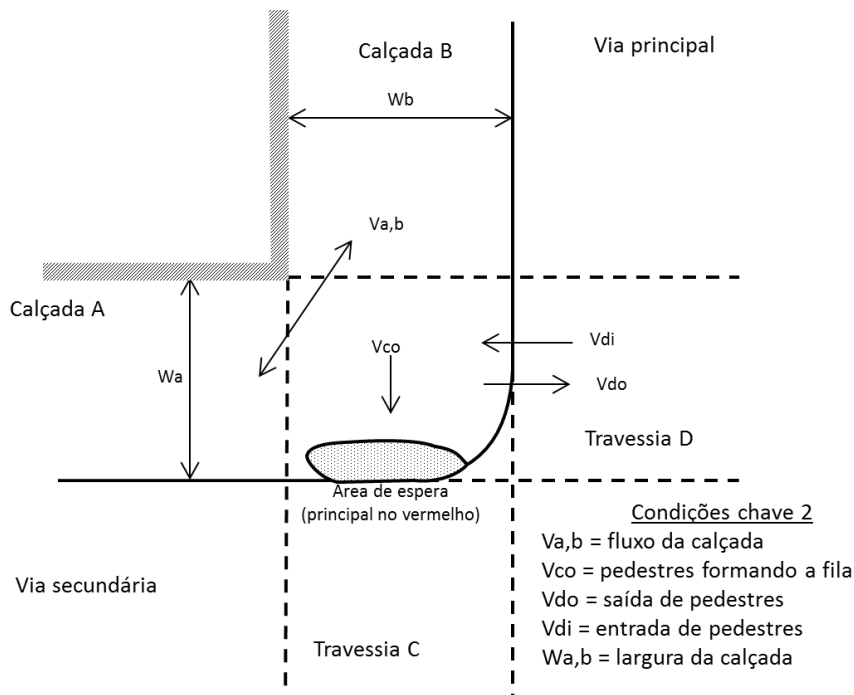


Figura 3.8: Condição 2, atravessamento da via principal
 Fonte: HCM, 2010, p. 18-61
 Nota: Traduzido pelo Autor

A Figura 3.7 corresponde à condição 1 – travessia na via secundária, que ocorre durante a fase de passagem da via principal. Nesta fase os pedestres, que desejam atravessar a via principal, devem aguardar junto à lateral. Por sua vez, a Figura 3.8 ilustra a condição 2, inversa à condição 1, correspondente à travessia da via principal.

Por fim, é definido o conceito de tempo efetivo de caminhada. Segundo indicam as pesquisas, em interseções com foco para pedestres, estes continuam a acessar a travessia durante alguns segundos do tempo de limpeza. O cálculo deste tempo efetivo de caminhada pode ser determinado em conformidade com a condição de travessia. Para travessias em interseções atuadas com foco de pedestre e sem *rest-in-walk* ou de tempo predeterminado utiliza-se a Equação 3.2:

$$g_{caminhada} = \text{Tempo de travessia} + 4,0 \quad (3.2)$$

Para travessias em interseções atuadas, com foco de pedestre e *rest-in-walk* ativo tem-se a Equação 3.3:

$$g_{caminhada} = D_p - Y - R_c - PC + 4,0 \quad (3.3)$$

Por fim, para interseções sem foco de pedestre tem-se a Equação 3.4.

$$g_{caminhada} = D_p - Y - R_c \quad (3.4)$$

Em que:

$g_{caminhada}$ = tempo efetivo de caminhada (s);

Tempo de travessia = tempo de atravessamento definido (s);

PC = tempo de limpeza do pedestre (s);

D_p = duração da fase (s);

Y = intervalo de mudança do amarelo (s);

R_c = intervalo de limpeza do vermelho (s).

Os tempos efetivos de caminhada podem variar significativamente de uma interseção para outra e recomenda-se que, para análises mais apuradas, o uso de uma ampla gama de valores.

Em seguida à apresentação desses conceitos, o manual descreve, passo a passo, os procedimentos para a determinação do nível de serviço em travessias semaforizadas. A primeira etapa trata da determinação da área de circulação lateral.

A análise da área de circulação na lateral e na travessia permite a comparação entre o tempo e espaço disponível com a demanda. Para sua análise define-se como parâmetro o produto do espaço da interseção (parâmetro físico) com o tempo de semáforo (parâmetro operacional), denominado pelo HCM 2010 como parâmetro tempo-espaço.

Para computar o tempo-espaço disponível para circulação e formação de fila na calçada tem-se a Equação 3.5.

$$TS_{lateral} = C(W_a W_b - 0,125R^2) \quad (3.5)$$

Em que:

$TS_{lateral}$ = tempo-espaço lateral disponível (ft².s);

C = tempo de ciclo (s);

W_a = largura total de passagem da calçada A (ft);

W_b = largura total de passagem da calçada B (ft);

R = Raio do meio-fio na esquina.

O tempo médio de retenção representa o tempo médio que o pedestre aguarda para atravessar quando chega à interseção. Para sua definição estima-se que a chegada de pedestres ocorre de forma uniformemente distribuída durante o ciclo. O tempo de retenção para cada aproximação é dado pela Equação 3.6.

$$Q_t = \frac{N(C - g_{caminhada})^2}{2C} \quad (3.6)$$

Sendo:

$$N = \frac{v}{3600} C \quad (3.7)$$

Em que:

Q_t = tempo gasto pelo pedestre aguardando para atravessar durante um ciclo (ped.s),

N = número de pedestres aguardando na lateral a cada ciclo (ped.)

$g_{caminhada}$ = tempo de verde efetivo do pedestre (s),

C = tempo de ciclo (s), e

v = taxa de fluxo dos pedestres chegando a lateral para atravessar (ped./h).

Para as equações anteriores define-se o tempo efetivo de travessia pela Equação 3.2.

Para calcular o tempo-espaço disponível para a circulação toma-se o total disponível na esquina menos o produto do tempo total de retenção, dado pela soma dos tempos de retenção em ambas as condições de travessia, pela área ocupada pelos pedestres, que aguardam para atravessar (5 pés²/p ou 0,46 m²/p). A equação 3.8 descreve a obtenção deste valor.

$$TS_c = TS_{lateral} - [5,0(Q_{tdo} + Q_{tco})] \quad (3.8)$$

Em que:

TS_c = tempo-espaço disponível para circulação (ft².s),

$TS_{lateral}$ = tempo-espaço lateral disponível (ft².s),

Q_{tdo} = tempo gasto pelo pedestre aguardando para atravessar a via principal durante um ciclo (ped.s),

Q_{tco} = tempo gasto pelo pedestre aguardando para atravessar a via secundária durante um ciclo (ped.s),

O espaço requerido para circulação dos pedestres é dado pela divisão do tempo-espaço disponível para circulação pelo tempo que os pedestres consomem para atravessar a esquina, no qual o segundo é computado como o volume total de circulação multiplicado por um tempo médio de 4,0 segundos. As equações 3.9 e 3.10 descrevem este cálculo.

$$M_{lateral} = \frac{TS_c}{4,0N_{tot}} \quad (3.9)$$

Sendo

$$N_{tot} = \frac{v_{ci} + v_{co} + v_{di} + v_{do} + v_{a,b}}{3600} C \quad (3.10)$$

Em que:

$M_{lateral}$ = área de circulação por pedestre (ft²/ped.),

N_{tot} = número total de pedestres que chegam a cada ciclo (ped.),

v_{ci} = fluxo de pedestres aproximando da lateral após atravessar a via secundária (ped./h),

v_{co} = fluxo de pedestres aproximando da lateral para atravessar a via secundária (ped./h),

v_{di} = fluxo de pedestres aproximando da lateral após atravessar a via principal (ped./h), e

$v_{a,b}$ = fluxo de pedestres passando pela esquina da calçada A para B, ou vice-versa (ped./h).

A área de circulação obtida para cada pedestre (equações 3.9 e 3.10) pode ser avaliada segundo os parâmetros da Tabela 3.15 para análise preliminar do desempenho da esquina.

A segunda etapa de análise, constituída pela determinação da área de circulação na travessia, baseia-se em procedimentos e equações similares, tanto para travessia na via principal, quanto para via secundária.

Inicialmente determina-se a velocidade média de circulação respeitando que, segundo estudos específicos, a idade do pedestre e a declividade da via tendem a influenciar na velocidade de tráfego. Para locais onde menos de 20% dos pedestres são idosos (mais de 65 anos) recomenda-se adotar uma velocidade de caminhada igual a 4,0 ft/s (1,22 m/s). Em situações nas quais 20% ou mais dos pedestres são idosos presume-se a velocidade média de 3,3 ft/s (1,01 m/s). Além disto, uma rampa ascendente de 10% ou mais reduzem a velocidade de caminhada em 0,3 ft/s (0,09 m/s).

O tempo-espaço disponível é calculado através da Equação 3.11.

$$TS_{cw} = L_d W_d g_{caminhada,mi} \quad (3.11)$$

Em que:

TS_{cw} = tempo-espaço disponível da travessia (ft².s);

L_d = comprimento da travessia D (ft);

W_d = largura efetiva da travessia D (ft);

$g_{caminhada,mi}$ = tempo efetivo de caminhada para fase que serve movimento através da via secundária.

Este tempo deve ser ajustado para definir o tempo-espaço disponível efetivo, dado pelas equações 3.12, 3.13 e 3.14, que contemplam a redução do tempo disponível correspondente ao impacto da conversão de veículos durante o período de travessia.

$$TS_{cw}^* = TS_{cw} - TS_{tv} \quad (3.12)$$

Sendo

$$TS_{cw} = 40N_{tv}W_d \quad (3.13)$$

$$N_{tv} = \frac{v_{lt,perm} + v_{rt} - v_{rtor}}{3600} C \quad (3.14)$$

Em que:

TS_{cw}^* = tempo-espaço efetivo disponível para travessia (ft.s),

TS_{tv} = tempo-espaço ocupado pela conversão de veículos (ft.s),

N_{tv} = número de conversão de veículos durante a caminhada e intervalo de limpeza do pedestre (veíc.),
 $V_{lt,perm}$ = taxa de fluxo demandada para conversão à esquerda permitida (veíc./h),
 v_{rt} = taxa de fluxo demandada para conversão à direita (veíc./h), e
 v_{rtor} = taxa de fluxo de conversão a direita no vermelho.

O valor da constante (40) na equação 3.13 representa o produto da largura varrida pelo veículo (8 ft ou 2,44m) pelo tempo de conversão (5 s). Os fluxos de conversão à direita e à esquerda apresentados na equação 3.14 estão associados à permissão de conversão durante o tempo de parada no semáforo e que concorrem com o pedestre.

O tempo total de serviço ao pedestre depende da largura da travessia e é calculado pelas equações 3.15, 3.16 e 3.17, correspondendo ao tempo decorrido entre a partida do primeiro pedestre da esquina até a chegada do último na calçada oposta.

Se a largura de travessia W_d é maior que 10 ft (3,05m), adota-se a Equação 3.15:

$$t_{ps,do} = 3,2 + \frac{L_d}{S_p} + 2,7 \frac{N_{ped,do}}{W_d} \quad (3.15)$$

Se a largura da travessia W_d é menor ou igual a 10 ft (3,05m), adota-se a Equação 3.16 e 3.17:

$$t_{ps,do} = 3,2 + \frac{L_d}{S_p} + 0,27 N_{ped,do} \quad (3.16)$$

Sendo

$$N_{ped,do} = N_{do} \frac{C - g_{caminhada,mi}}{C} \quad (3.17)$$

Em que:

$T_{ps,do}$ = tempo de serviço para o pedestre na aproximação da lateral para atravessar a via principal (s)

$N_{ped,do}$ = número de pedestres aguardando na lateral para atravessar a via principal (ped.),

L_d = comprimento da travessia D (ft),

S_p = velocidade média de caminhada (ft/s)

N_{do} = número de pedestres aguardando na lateral a cada ciclo para atravessar a via principal (ped.s)

C = tempo de ciclo (s), e

$g_{caminhada,mi}$ = tempo efetivo de caminhada na via secundária (s).

A equação 3.16 apresenta uma estimativa do número de pedestres que atravessam com a indicação de permissão, e é utilizada também para computar o contingente no sentido oposto da mesma travessia. O tempo de serviço no sentido oposto é calculado da mesma forma.

O tempo total ocupado na travessia é calculado como o produto do tempo de serviço ao pedestre pelo número de pedestres que atravessam durante um ciclo, sendo somados ambos os sentidos de travessia, da forma que descreve a equação 3.18 e 3.19.

$$T_{occ} = t_{ps,do}N_{do} + t_{ps,di}N_{di} \quad (3.18)$$

Sendo

$$N_{di} = \frac{v_{di}}{3600} C \quad (3.19)$$

Em que;

T_{occ} = tempo ocupado da travessia (ped.s),

N_{di} = número de pedestres chegando na lateral à cada ciclo tendo atravessado a via principal,

$T_{ps,do}$ = tempo de serviço para o pedestre na aproximação da lateral para atravessar a via principal (s),

N_{do} = número de pedestres aguardando na lateral a cada ciclo para atravessar a via principal (ped.s)

$T_{ps,di}$ = tempo de serviço para o pedestre na aproximação da lateral após atravessar a via principal (s),

v_{di} = fluxo de pedestres aproximando da lateral após atravessar a via principal (ped./h), e

C = tempo de ciclo (s).

O espaço de circulação provido a cada pedestre é dado pela divisão do tempo-espaço disponível para travessia pelo tempo total ocupado como demonstra a Equação 3.20.

$$M_{cw} = \frac{TS_{cw}^*}{T_{occ}} \quad (3.20)$$

Em que:

M_{cw} = área de circulação da travessia por pedestre (ft²/ped.),

T_{occ} = tempo ocupado da travessia (ped.s), e

TS_{cw}^* = tempo-espaço efetivo disponível para travessia (ft.s).

A área de circulação obtida pode ser avaliada pelos parâmetros apresentados na Tabela 3.15 para uma direção específica de viagem. A análise completa do desempenho da travessia é obtida repetindo-se o procedimento anterior associado à direção oposta e usando outra esquina como referência.

O terceiro passo do método trata da determinação do atraso ao pedestre e deve ser repetido para cada travessia de interesse. O tempo de atraso é dado pela equação 3.21 que se aplica igualmente a ambas as direções de caminhada.

$$d_p = \frac{(C - g_{caminhada,mi})^2}{2C} \quad (3.21)$$

Em que:

D_p = atraso do pedestre (s/ped.),

$g_{\text{caminhada,mi}}$ = tempo efetivo de caminhada na via secundária (s). e
 C = tempo de ciclo (s).

As pesquisas indicam que o atraso ao pedestre não sofre influencia da capacidade mesmo em locais com fluxo de 5.000 p/h e por esta razão não interfere na equação 3.21.

Caso o local de análise tenha a travessia proibida define-se como atraso o tempo obtido pela equação 3.21 somado a duas vezes o atraso da travessia perpendicular, correspondente à volta necessária para se continuar a caminhada.

Em geral, os pedestres tendem a desrespeitar o tempo semafórico quando o tempo de atraso supera 30 segundos e são muito complacentes com o semáforo quando o atraso é inferior a 10 segundos.

O quarto passo proposto pelo método corresponde ao cálculo da pontuação de nível de serviço e deve ser repetido para cada travessia de interesse. A pontuação é obtida através das equações 3.22 a 3.27.

$$I_{p,int} = 0,5997 + F_w + F_v + F_S + F_{atraso} \quad (3.22)$$

Sendo:

$$F_w = 0,681(N_d)^{0,514} \quad (3.23)$$

$$F_v = 0,00569 \left(\frac{v_{rtor} + v_{lt,perm}}{4} \right) - N_{rtci,d} (0,0027n_{15,mj} - 0,1946) \quad (3.24)$$

$$F_S = 0,00013n_{15,mj}S_{85,mj} \quad (3.25)$$

$$F_{atraso} = 0,0401 \ln(d_{p,d}) \quad (3.26)$$

$$n_{15,mj} = \frac{0,25}{N_d} \sum_{i \in m_d} v_i \quad (3.27)$$

Em que:

$I_{p,int}$ = escore do nível de serviço de pedestre na interseção,

F_w = fator de ajuste de seção transversal,

F_v = fator de ajuste do volume de veículos motorizados,

F_S = fator de ajuste de velocidade de veículos motorizados,

F_{atraso} = fator de ajuste do atraso do pedestre,

$\ln(x)$ = logaritmo natural de x,

N_d = número de faixas de tráfego a atravessar na travessia D,

$N_{rtci,d}$ = número de ilhas de canalização de conversão à direita ao longo da travessia D (número inteiro),

$n_{15,mj}$ = contagem de veículos na via principal durante um período de 15 minutos,

$S_{85,mj}$ = 85º percentil de velocidade no segmento médio da via principal,

$d_{p,d}$ = atraso do pedestre quando transpõem a travessia D (s/ped.)

v_i = taxa de fluxo de demanda para o movimento i (veíc./h), e

m_d = conjunto de todos os movimentos de automóveis que atravessam a travessia D.

Destaca-se que a taxa de fluxo de conversão à esquerda usada na equação 3.23 está associada com o movimento de conversão à esquerda que recebe o verde junto com o pedestre e atravessa a travessia em análise. A taxa de fluxo R_{tor} (v_{Rtor}) está associada à aproximação sendo cruzada e não é a mesma da equação 3.14.

O nível de serviço obtido é aplicável em ambos os sentidos.

Por fim, define-se o nível de serviço a partir da pontuação obtida no passo anterior e comparando-a à Tabela 3.16.

Tabela 3.16: Nível de serviço para pedestre segundo HCM 2010 em interseções semaforizadas

NS	Escore do Nível de serviço
A	$\leq 2,00$
B	2,00 – 2,75
C	2,75 – 3,50
D	3,50 – 4,25
E	4,25 – 5,00
F	$> 5,00$

Fonte: HCM, 2010, p. 18-5

Nota: traduzido pelo autor

Para interseções controladas por sinalização fixa, o nível de serviço da travessia é determinado pelo atraso sofrido pelo pedestre para realizá-la, que por sua vez depende da probabilidade do pedestre encontrar um intervalo no fluxo de veículos grande o suficiente para realizar a travessia em segurança. Para esta definição o manual apresenta uma metodologia de cálculo específica, constituída por seis passos básicos, a saber: (i) identificar travessia em dois estágios; (ii) determinar o intervalo crítico; (iii) estimar a probabilidade de atraso na travessia; (iv) estimar a redução de atraso devido a eventos de preferência; (v) calcular o atraso médio; e (vi) determinar o nível de serviço.

O primeiro passo consiste na identificação do número de estágios de travessia. Esta identificação é feita através de observação no local e trata da identificação da forma de

atravessar. Em locais com ilhas ou refúgio de pedestre a travessia ocorre em dois estágios devendo, neste caso, o atraso ser calculado separadamente para cada estágio. Para definir o nível de serviço o atraso de ambos os estágios deve ser somado antes de se determinar o nível de serviço para a travessia completa.

A segunda etapa de cálculo trata da determinação do intervalo crítico. Entende-se por intervalo crítico o período de tempo, em segundos, que o pedestre julga necessário para realizar a travessia em segurança. Para um pedestre isolado se assume que o intervalo crítico é dado pela equação 3.28.

$$t_c = \frac{L}{S_p} + t_s \quad (3.28)$$

Em que:

t_c = intervalo crítico para um pedestre isolado (s),

S_p = velocidade média de caminhada (ft/s)

L = comprimento da travessia (ft), e

t_s = tempo de partida do pedestre e tempo de limpeza (s).

Caso seja detectado no local que a travessia ocorre em pelotões, a distribuição espacial dos pedestres é dada pela equação 3.29. Caso a travessia não ocorra em pelotão, a distribuição espacial é igual a 1.

$$N_p = \text{Int} \left[\frac{8,0(N_c - 1)}{W_c} \right] + 1 \quad (3.29)$$

Em que:

N_p = distribuição espacial dos pedestres (ped.),

N_c = total de pedestres no pelotão, da equação 3.29 (ped.),

W_c = largura da travessia (ft), e

8,0 = largura efetiva de limpeza padrão usada por um pedestre para evitar interferência quando passa por outros (ft).

A distribuição espacial pode ser definida através de análise de campo ou pela equação 3.30 utilizada para definir o tamanho do pelotão.

$$N_c = \frac{v_p e^{v_p t_c} + v e^{-v t_c}}{(v_p + v) e^{(v_p - v) t_c}} \quad (3.30)$$

Em que:

N_c = total de pedestres no pelotão de travessia (ped.),

v_p = taxa de fluxo de pedestres (ped./s),

v = taxa de fluxo de veículos (veíc./s), e

t_c = intervalo crítico de um pedestre isolado (s).

O intervalo crítico para o grupo de pedestres é dado pela Equação 3.31:

$$t_{c,G} = t_c + 2(N_p - 1) \quad (3.31)$$

Em que:

$t_{c,G}$ = intervalo crítico de grupo (s),

t_c = intervalo crítico para um pedestre isolado (s),

N_p = distribuição espacial dos pedestres (ped.).

O terceiro passo, para definição do nível de serviço em interseções controladas por sinalização fixa, trata da estimativa da probabilidade de atraso na travessia. Esta estimativa é dada pela probabilidade do pedestre encontrar um intervalo disponível superior ao intervalo crítico imediatamente após a chegada na travessia.

Assumindo que a chegada de veículos na via principal, e em todas as suas faixas, seja aleatória, pode-se dizer que a probabilidade de encontrar um intervalo maior que o crítico é dado pela distribuição de Poisson. Desta forma, a probabilidade do intervalo não exceder ao crítico é dado pela equação 3.32. Como o tráfego em cada faixa é estimado independente, a probabilidade do pedestre não ter atraso na travessia é calculada com a equação 3.33.

$$P_b = 1 - e^{-\frac{t_{c,G}v}{L}} \quad (3.32)$$

$$P_d = 1 - (1 - P_b)^L \quad (3.33)$$

Em que:

P_b = probabilidade da faixa bloqueada,

P_d = probabilidade de atraso na travessia,

L = número de faixas a atravessar,

$t_{c,G}$ = intervalo crítico de grupo (s), e

v = taxa de fluxo veicular.

A etapa seguinte para estimativa do nível de serviço é o cálculo do atraso médio para espera do intervalo adequado. Assumindo que os motoristas não cedam a preferência ao pedestre, o atraso por pedestre é função do fluxo veicular e pode ser calculado pela equação 3.34.

$$d_g = \frac{1}{v} (e^{vt_{c,G}} - vt_{c,G} - 1) \quad (3.34)$$

Em que:

d_g = atraso da lacuna de pedestre médio (s),

$t_{c,G}$ = intervalo crítico de grupo (s), e

v = taxa de fluxo veicular (veíc./s).

O atraso médio é, portanto, dependente da probabilidade dele ocorrer e do atraso médio por pedestre. A equação 3.35 apresenta a fórmula de cálculo do atraso médio.

$$d_{gd} = \frac{d_g}{P_d} \quad (3.35)$$

Em que:

d_{gd} = intervalo de atraso médio para pedestres que incorrem em atraso diferente de zero,

d_g = intervalo de atraso médio do pedestre (s), e

P_d = probabilidade de atraso na travessia.

O quinto passo da metodologia é válido para locais específicos onde o motorista cede a preferência ao pedestre e/ou vias secundárias, e trata da redução de atraso devido a eventos de preferência. Quando o pedestre chega à interseção a possibilidade de travessia é dada em duas situações; a primeira, calculada pela equação 34 e ocorre quando o intervalo entre veículos é superior ao intervalo crítico; a segunda ocorre quando o motorista para e permite a travessia.

Embora os motoristas sejam, por lei, obrigados a ceder a preferência ao pedestre, a ocorrência real deste fato depende da sinalização, geometria, velocidade, tratamento da travessia, cultura local, fiscalização dentre outros fatores.

A Tabela 3.17 provém de estudo específico no qual os percentuais de motoristas que cedem a preferência foram medidos em duas situações: a primeira com pedestres instruídos a manter posição agressiva de travessia; e a segunda, através de filmagem, sem que os pedestres recebam instruções.

Tabela 3.17: Efeito da instrução do pedestre nas taxas de preferência pelo motorista segundo tratamento da travessia

Tratamento da travessia	Pedestre instruído		Pedestre passivo	
	Número de locais	Preferência média (%)	Número de locais	Preferência média (%)
Foco semafórico intermitente (ativado por botoeira)	3	47	4	49
Foco semafórico intermitente (ativação passiva)	3	31	3	67
Bandeira de sinalização	6	65	4	74
Sinalização de pedestre na pista (25 – 30 mi/h)	3	87	3	90
Sinalização de alta visibilidade e marcas (35 mi/h)	2	17	2	20
Sinalização de alta visibilidade e marcas (25 mi/h)	1	61	1	91
Sinalizador luminoso intermitente	N/A	N/A	17	81

Fonte: TRB, 2010

Nota: traduzido pelo autor

A tabela anterior trata de pontos específicos e serve apenas como parâmetro para a definição do técnico responsável pela análise.

É possível também que o pedestre sofra um atraso menor devido à ocorrência de preferência cedida pelos veículos na via principal. Esta probabilidade é função do volume de veículos, taxas de prioridade e número de faixas da via prioritária.

Para um dado evento de preferência, cada faixa a atravessar pode estar em um dos seguintes estados:

Limpo – sem veículos se aproximando dentro da janela de intervalo crítico;

Bloqueado – um veículo se aproxima dentro da janela de intervalo crítico. Neste caso o pedestre somente atravessará se cada veículo na faixa bloqueada decidir parar.

Em caso contrário aos estados acima mencionados o pedestre deverá aguardar até que outro evento de preferência ocorra. Este processo tende a se repetir até que o tempo de espera supere o tempo requerido para a ocorrência de um intervalo superior ao crítico, e que o pedestre esteja apto a atravessar sem a dependência de um evento de preferência.

O atraso médio, neste caso, pode ser calculado através da equação 3.36, na qual o primeiro termo representa o atraso esperado para que ocorra um evento de preferência, e o segundo o atraso esperado para que ocorra um intervalo adequado.

$$d_p = \sum_{i=1}^n h(i - 0,5)P(Y_i) + \left(P_d - \sum_{i=1}^n P(Y_i) \right) d_{gd} \quad (3.36)$$

Em que:

d_p = atraso médio do pedestre (s);

i = eventos de travessia ($i = 1$ a n);

h = intervalo médio para cada faixa perpendicular;

$P(Y_i)$ = probabilidade de o motorista ceder a preferência ao pedestre no evento i ;

$n = \text{Int}(d_{gd}/h)$, número médio de eventos de travessia antes de um intervalo adequado estar disponível.

A equação anterior requer o cálculo de $P(Y_i)$, que representa a probabilidade do motorista aguardar por um evento de preferência, e depende do número de faixas da via a atravessar.

Para uma faixa adota-se a Equação 3.37:

$$P(Y_i) = P_d M_y (1 - M_y)^{i-1} \quad (3.37)$$

Em que:

M_y = taxa de preferência do motorista (decimal), e

i = eventos de travessia ($i = 1$ a n)

Para duas faixas adota-se a Equação 3.38:

$$P(Y_1) = 2P_b(1 - P_b)M_y + P_b^2M_y^2 \quad (3.38)$$

Para i maior que 1 o cálculo é feito pela Equação 3.39:

$$P(Y_i) = \left[P_d - \sum_{j=0}^{i-1} P(Y_j) \right] \left[\frac{(2P_b(1 - P_b)M_y) + (P_b^2M_y^2)}{P_d} \right] \quad (3.39)$$

Para três faixas tem-se a Equação 3.40:

$$P(Y_i) = \left[P_d - \sum_{j=0}^{i-1} P(Y_j) \right] x \left[\frac{P_b^3M_y^3 + 3P_b^2(1 - P_b)M_y^2 + 3P_d(1 - P_b)^2M_y}{P_d} \right] \quad (3.40)$$

Em que $P(Y_0) = 0$

Se quatro faixas tem-se a equação 3.41:

$$P(Y_i) = \left[P_d - \sum_{j=0}^{i-1} P(Y_j) \right] x \quad (3.41)$$

$$\left[\frac{P_b^4M_y^4 + 4P_b^3(1 - P_b)M_y^3 + 6P_b^2(1 - P_b)^2M_y^2 + 4P_b(1 - P_b^3)M_y}{P_d} \right]$$

Em que $P(Y_0) = 0$

Por fim, o passo final da metodologia é dado pela definição do nível de serviço com base no atraso encontrado segundo a Tabela 3.18.

Tabela 3.18: Nível de serviço para pedestre em interseções com sinalização estática

NS	Controle de atraso	Comentários
	(s/ pedestre)	
A	0 – 5	Normalmente sem conflito de tráfego
B	5 – 10	Ocasionalmente algum atraso devido ao conflito com veículos
C	10 – 20	Atraso significativo para o pedestre, mas não inconveniente
D	20 – 30	Atraso significativo e irritante, aumento da probabilidade de tomada de risco
E	30 – 45	Atraso próximo ao nível de tolerância, provável comportamento de risco
F	> 45	Atraso excede o nível de tolerância, alta probabilidade de tomada de risco pelo pedestre

Fonte: HCM, 2010, p 19-2

Nota: traduzido pelo autor

3.4.2 Descrição do método de Nunes *et al.* (2010)

A exemplo de outros métodos, Nunes *et al.* (2010) propõe uma metodologia para avaliação de travessias com base na análise de cinco parâmetros básicos: segurança, atratividade, rapidez, comodidade e coerência. No entanto, este trabalho diverge em relação aos demais por estabelecer que a avaliação de cada um destes critérios deverá ocorrer de forma objetiva, segundo as características mais comuns das travessias. Para isto, o autor propõe que a avaliação seja feita por meio de 10 indicadores (tipologia, utilização, distância de parada, acessibilidade, espaço disponível, visibilidade, regulação temporal, sinalização, nível de serviço, equipamentos extras) que deverão ser avaliados conforme metodologias existentes.

Em um segundo momento, os resultados obtidos para estes indicadores são agrupados e convertidos de forma a definir uma pontuação de 0 a 5 para cada um dos cinco critérios avaliados.

Para apoio à avaliação, o estudo apresenta a metodologia de cálculo para cada um dos indicadores bem como sua definição.

A primeira avaliação a ser realizada diz respeito à tipologia de travessia. Por tipologia entende-se a adequação da forma de tratamento adotado na travessia em relação à forma de tratamento teoricamente ideal. Uma passagem de pedestre, conforme anteriormente salientado, pode receber diversas formas de tratamento, tais como semaforização, sinalização vertical, tratamento com equipamentos de moderação de tráfego, ou inexistência de tratamento. A pontuação para este critério é definida de acordo com a aproximação do tratamento real com o teórico. No estudo são observadas as seguintes formas de tratamento:

- Passagem em Nível
- Passagem zebra
- Passagem zebra com refúgio
- Passagem semaforizada
- Passagem semaforizada com refúgio
- Passagem em Desnível

Para definição do formato de tratamento adequado é preciso inicialmente do acesso a informações de tráfego veicular e de pedestres, bem como a classificação hierárquica da via a ser atravessada. De posse destas informações procede-se à primeira análise visando determinar se o tratamento teórico é em nível ou desnível utilizando o quadro seguinte.

Tabela 3.19: Definição da forma de tratamento teórico segundo Nunes *et al.* (2010)

Critérios	
Rodovias	Outras Vias
Volume de pedestres ≥ 100 em 4 horas	Volume de pedestres ≥ 300 em 4 horas
Inexistência de passagens a 200m	Volume de veículos ≥ 10.000 em 4 horas
	Tráfego médio diário ≥ 35.000 / dia
	Velocidade > 50 km/h
	Inexistência de passagens a 200m

Enquadramento de Casos conforme critérios

Rodovias ou equivalentes	Sim		Não			
	Cumpre	Não cumpre	> 300	> 300	> 300	< 300
Volume de pedestres em 4 horas						
Passagens a mais de 200m						
Volume de veículos em 4 horas			4	3	Menos de	
Trafego médio diário			critérios	critérios	3 critérios	
Velocidade						
Casos	A	B	C	D	E	F

Fonte: Nunes, 2010, p. 4

Nota: traduzido pelo autor

Os casos E e F correspondem ao tratamento em nível e, nestes casos, é necessária análise complementar para se definir o tipo de travessia em nível realizada com o auxílio da Tabela 3.20.

Tabela 3.20: Definição da forma de tratamento para travessias em nível pelo método Nunes *et al.* (2010)

PV ²	P (ped./h)	V (veículos/h)	Solução recomendável
-	> 1100	< 300	[1] – sem atravessamento formal
<10 ⁸	0 - 1100	-	[1] – sem atravessamento formal
> 10 ⁸	50 - 1100	300 - 500	[2] – passagem zebrada
> 2 x 10 ⁸	50 - 1100	400 - 750	[4] – passagem zebrada com separador
10 ⁸ – 2x10 ⁸	50 – 1100	> 500	[3] – passagem semaforizada
> 10 ⁸	> 1100	300 - 400	[3] – passagem semaforizada
> 2 x 10 ⁸	50 – 1100	> 750	[5] – passagem semaforizada com separador
> 2 x 10 ⁸	> 1100	> 400	[5] – passagem semaforizada com separador

Fonte: Nunes, 2011, p.4

Nota: traduzido pelo autor

Além do volume de pedestres e veículos devem ser respeitados os seguintes casos especiais:

- Áreas Escolares e Hospitalares – tratamento semaforizado;
- Elevado número de faixas – implantação de refúgio de pedestres;
- Conversão à esquerda – tratamento semaforizado (conforme número de interseções);
- Conversão à direita – tratamento semaforizado.

Definida a forma de tratamento teórico para a travessia, a pontuação para a tipologia é atribuída nos casos E e F conforme a Tabela 3.21, e pela Tabela 3.22 para os demais casos encontrados na análise inicial.

Tabela 3.21: Nota de tipologia para os casos E e F do método Nunes *et al.* (2010)

Tratamento real \ Tratamento teórico	Passagem zebra	Passagem zebra com refúgio	Passagem semaforizada	Passagem semaforizada com refúgio
Sem atravessamento formal	3	3	2	1
Passagem zebra	5	4	3	2
Passagem zebra com refúgio	2	5	4	3
Passagem semaforizada	1	2	5	4
Passagem semaforizada com refúgio	1	1	2	5

Fonte: Nunes, 2010, p.6

Nota: traduzido pelo autor

Tabela 3.22: Nota de tipologia para os casos de A a D do método Nunes *et al.* (2010)

Casos	A	B	C	D	E	F
Passagem em desnível teórica	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não
Passagem em nível semaforizada no local	a)	a)	2	3	b)	b)
Passagem em nível não semaforizada no local	a)	a)	1	2	b)	b)
Passagem em desnível no local	5	3	5	5	2	2

a) Não se aplica, não é possível encontrar passagens de nível em uma rodovia

b) Classificação obtida pela 1ª hipótese

Fonte: Nunes, 2010, p. 6

Nota: traduzido pelo autor

O atributo de utilização corresponde ao percentual de pedestres que realmente utiliza a travessia em relação ao total que atravessa em sua área de influência, sendo a área de influência definida pela metade da distância até a próxima travessia, limitando-se o valor a até 100 metros ou até o final do arruamento. Este atributo é calculado a partir de observação no local, e a pontuação é atribuída conforme apresentado na Figura 3.9.

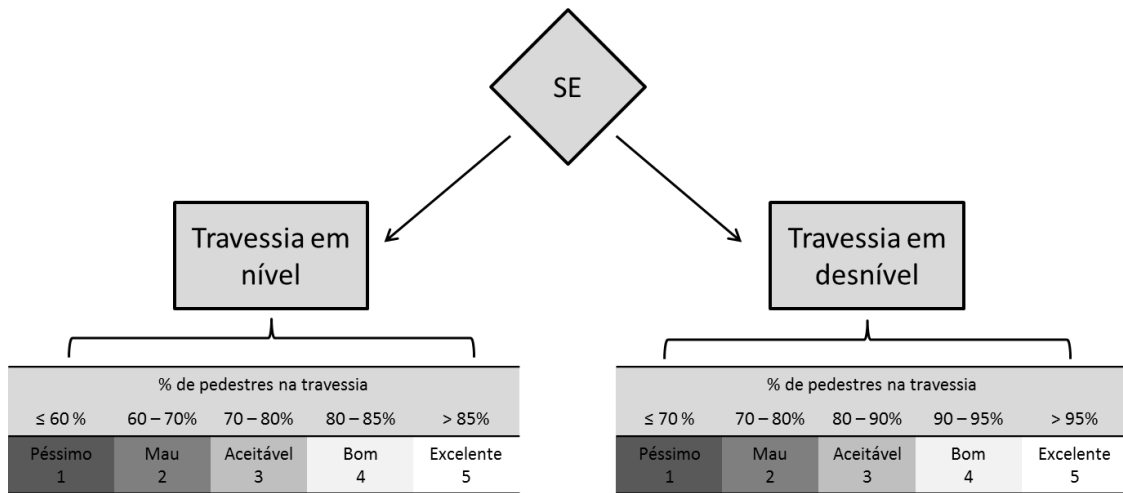


Figura 3.9: Nota de utilização para o método Nunes *et al.* (2010)
 Fonte: Nunes, 2010, p. 7
 Nota: traduzido pelo autor

O atributo Distância de parada diz respeito à relação entre a distância necessária para parar completamente o veículo, calculada conforme a formulação pertinente e definida pela inclinação da via, tipo de pavimento e velocidade, e a distância de visibilidade do pedestre, condicionada pelas condições do local. A pontuação para o atributo é definida conforme a Tabela 3.23.

Tabela 3.23: Nota de Distância de parada para o método Nunes *et al.* (2010)

Classificação	
$Dv \geq 1,2 Dp$	5
$1,1 Dp \leq Dv < 1,2 Dp$	4
$Dp \leq Dv < 1,1 Dp$	3
$0,9 Dp \leq Dv < Dp$	2
$Dv < 0,9 Dp$	1

Dp – Distância de parada Dv – Distância de visibilidade

Fonte: Nunes, 2010, p. 7
 Nota: traduzido pelo autor

O atributo Acessibilidade diz respeito à adequação do local às normas de acessibilidade universal pertinentes, para o caso específico deste modelo observa-se o cumprimento ao decreto-lei nº 163/2006 de Portugal. A nota é atribuída conforme a Figura 3.10.

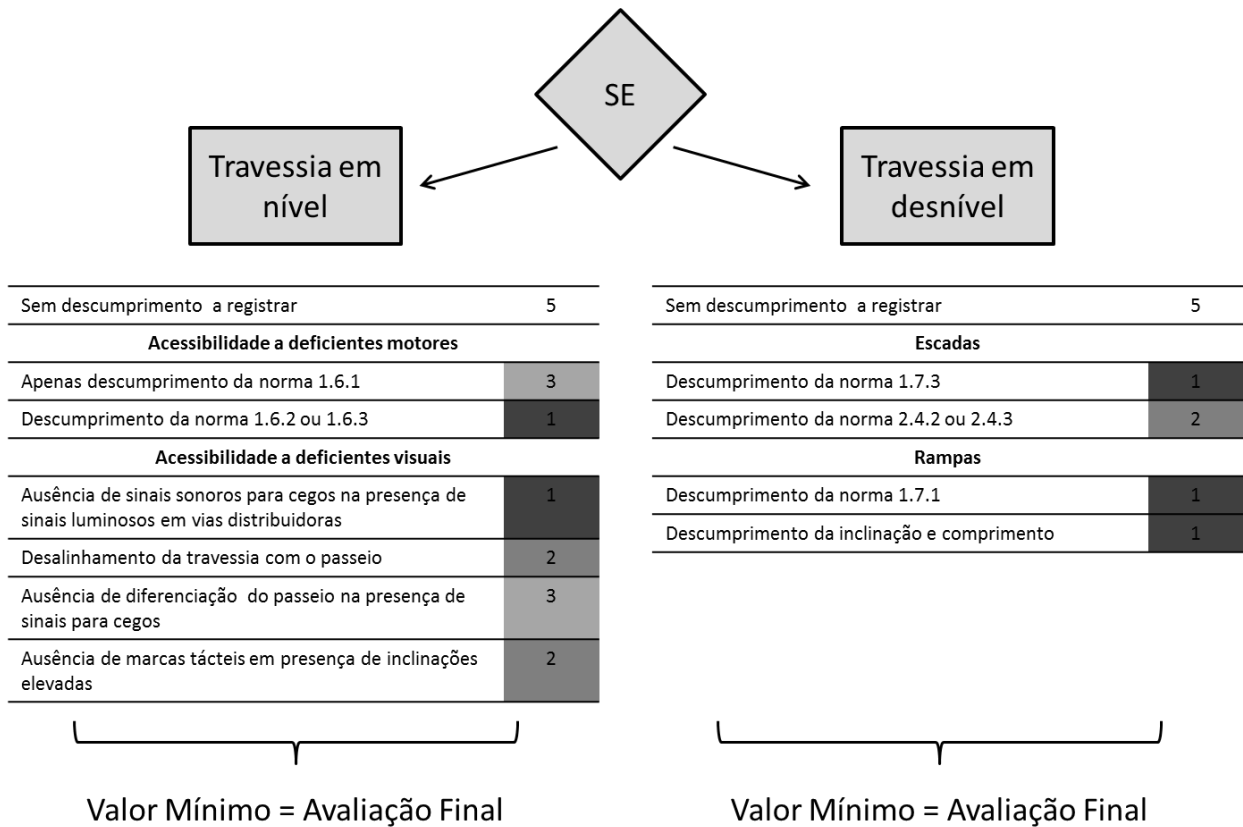


Figura 3.10: Nota de Acessibilidade para o método Nunes *et al.* (2010)
 Fonte: Nunes, 2010, p. 8
 Nota: traduzido pelo autor

Para o atributo Espaço Disponível tomam-se os níveis de serviço obtidos para o espaço de espera e para a largura de faixa conforme as metodologias propostas pelo HCM 2000. A pontuação final é atribuída conforme a Figura 3.11.

Avaliação da Largura

Débito (P/min/m)	≤ 1,6	>1,6 - 10	> 10 - 20	> 20 - 36	> 36 - 59	> 59
Nível de Serviço	A	B	C	D	E	F

↓

Nível de serviço	Largura < 3m	Largura de 3m	Largura 4m	Largura > 4m
A	1	4	5	5
B	1	3	4	5
C	1	2	3	4
D	1	1	2	3
E	1	1	1	2
F	1	1	1	1

Avaliação de refúgio

Débito (m ² / ped)	> 1,2	>0,9 - 1,2	> 0,6 - 0,9	> 0,3 - 0,6	> 0,2 - 0,3	≤ 0,2
Nível de Serviço	A	B	C	D	E	F

↓

Largura ≥ 3m								
Largura ≥ travessia de pedestre		Sim		Não				
Comprimento ≥ 2m								
Nível de serviço		A	B	C	D	E	F	Qualquer
Avaliação		5	4	3	2	1	1	1

Figura 3.11: Nota para Espaço disponível conforme método Nunes *et al.* (2010)
 Fonte: Nunes, 2010, p. 9
 Nota: traduzido pelo autor

O atributo de Visibilidade diz respeito às condições de visibilidade entre pedestre e motorista e às condições de visibilidade noturna. A definição da nota é inicialmente aliada à existência de obstáculo no triângulo de visibilidade (definido principalmente pela distância de parada) sendo pertinentes apenas os valores 1 e 5 para a existência ou ausência de obstáculos à visualização.

O segundo critério do atributo corresponde às condições de visibilidade noturna na travessia. Dada a sua subjetividade foram definidos apenas os valores 1, 3 e 5 para condições ruins, regulares e boas, respectivamente. A nota final é atribuída acatando o menor valor entre os dois critérios.

O atributo de Regulagem temporal é também definido com base em dois critérios e válido apenas para travessias semaforizadas. O primeiro, similar ao critério de utilização é definido pela observação do percentual de pedestres que atravessam no tempo adequado (tempo de verde + tempo de limpeza). O segundo critério trata da análise da adequação do tempo de limpeza, definido como o tempo no qual é encerrada a permissão de travessia e o início da passagem de automóveis. Este tempo deve ser suficiente para o atravessamento inclusive dos pedestres mais lentos estimando-se a velocidade de 0,8 m/s. A nota final é definida segundo a Figura 3.12.

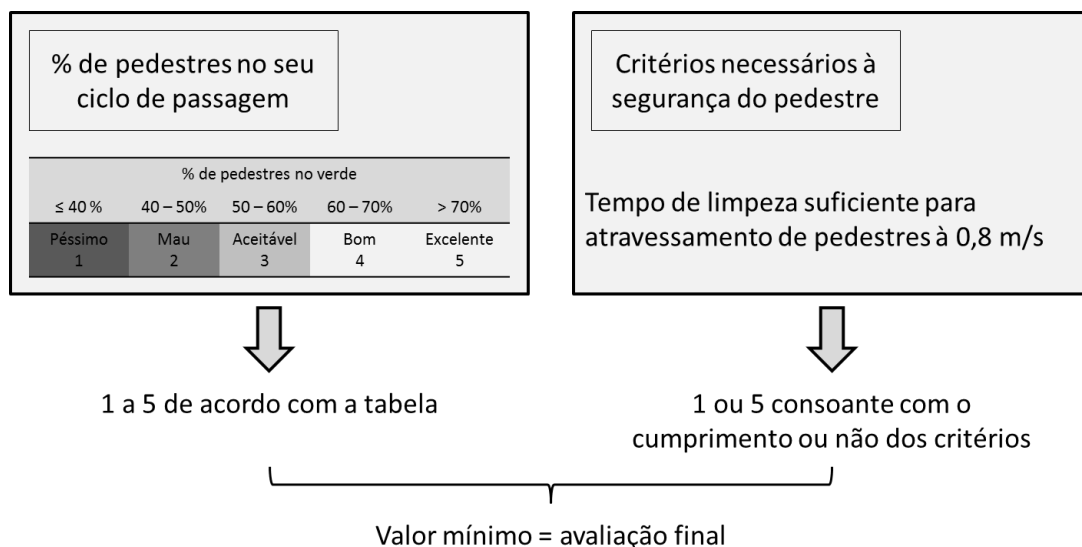


Figura 3.12: Nota para o atributo de regulagem do tempo segundo método Nunes *et al.* (2010)
 Fonte: Nunes, 2010, p. 11
 Nota: traduzido pelo autor

O atributo de sinalização é definido avaliando-se o atendimento às normas de sinalização vigentes em Portugal e o seu estado de conservação. A pontuação é definida conforme apresentado na Tabela 3.24.

Tabela 3.24: Nota para o atributo de sinalização conforme o método Nunes *et al.* (2010)

Sinalização	Local obrigatório	Condições	Se não cumpre	Se cumpre – grau de conservação
Placa Portuguesa Correspondente Brasileiro*				
H7	Sem equivalente direto - placa informativa de passagem sinalizada de pedestre	Travessias não semaforizadas	1,8m ≤ h ≤ 2,2m Boa visibilidade Colocação à direita da via	1 2 a 5
H8a ou H8b	Sem equivalente direto - placas informativas de rampa de pedestre (a) e escadaria (b)	Travessias em desnível	“	1 2 a 5
A16a	Equivalente a A-32b	Locais de perigo para as frenagens	“	2 2 a 5
A16b	Equivalente a A-32a	Com pedestres fora da faixa	“	2 2 a 5
A14	Equivalente a A-33a	Proximidade de escolas	“	1 2 a 5
A15	Sem equivalente – advertência para travessia de idosos	Elevada frequência de idosos	“	2 2 a 5

(*) Codificação estabelecida pelo CONTRAN (2004)

Fonte: Nunes, 2010, p. 11

Nota: adaptado pelo autor

Tabela 3.24: Nota para o atributo de sinalização conforme o método Nunes *et al.* (2010)(continuação)

Sinalização		Local obrigatório	Condições	Se não cumpre	Se cumpre – grau de conservação
Placa Portuguesa	Correspondente Brasileiro*				
Sinais luminosos	Idêntico		1,8m ≤ h ≤ 2,2m Interpretado só pelos pedestres Colocação à direita da via	1	2 a 5
Zebrado	Faixa de travessia de pedestre tipo zebrada	Travessias não semaforizadas	Espaçamento de barras ≈ 0,5m Cor branca ou amarela Reflexão de luz	1	2 a 5
Linhas contínuas	Faixa de travessia de pedestre tipo paralela		Só em travessias semaforizadas Cor branca ou amarela Reflexão de luz	1	2 a 5
Linha de retenção “PARE”	Linha de retenção		Pelo menos 2m de distância Cor branca ou amarela Reflexão de luz	1	2 a 5

(*) Codificação estabelecida pelo CONTRAN (2004)

Fonte: Nunes, 2010, p. 11

Nota: adaptado pelo autor

A avaliação de Nível de serviço é, de forma similar à avaliação de espaço disponível, realizada com a metodologia de cálculo do HCM 2000, correlacionando o nível de serviço detectado a uma determinada nota para o atributo. A metodologia de cálculo e avaliação se baseia na análise de atraso e velocidade seguindo parâmetros diferentes para travessias semaforizadas, não semaforizadas e em desnível. O diagrama da Figura 3.13 resume o método para travessias em nível, e o diagrama da Figura 3.14 para travessia em desnível.

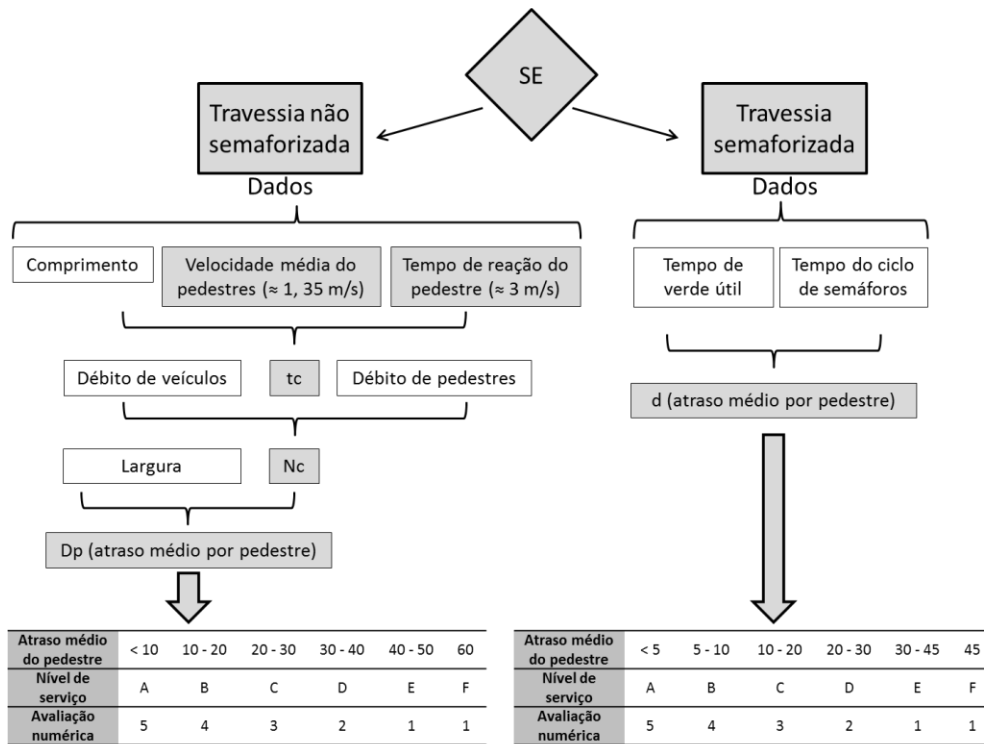


Figura 3.13: Nota para o atributo nível de serviço para travessia em nível conforme Nunes *et al.* (2010)

Fonte: Nunes, 2010, p. 12

Nota: traduzido pelo autor

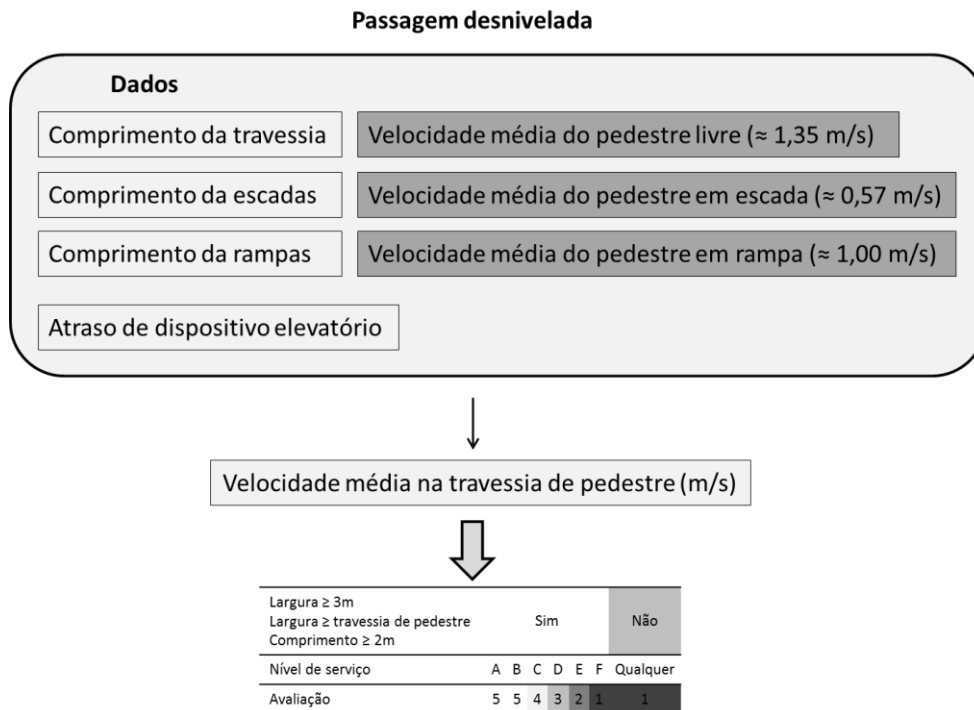


Figura 3.14: Nota para o atributo nível de serviço para travessia em desnível conforme Nunes *et al.* (2010)

Fonte: Nunes, 2010, p. 13

Nota: traduzido pelo autor

Por fim, dada a não obrigatoriedade da instalação de equipamentos extras nas travessias, o atributo homônimo é julgado apenas para o caso em que este exista. Desta forma, a não existência de equipamentos extras como radares ou diferenciação de pavimento, não acarretam prejuízo à nota final e à sua existência é atribuída a pontuação máxima.

Definida a pontuação e desempenho de cada um dos dez atributos o efeito destes na avaliação dos cinco critérios a serem analisados é determinado utilizando-se matrizes de conversão.

Para melhor entendimento deste processo é preciso, primeiramente, esclarecer o significado de cada critério, descrito a seguir:

Segurança: relacionado à proteção do pedestre em relação ao tráfego de veículos;

Atratividade: relacionada à capacidade de uma travessia em atrair usuários, principalmente no que diz respeito à conveniência do caminho;

Rapidez: relacionada ao dispêndio de tempo necessário para realizar a travessia;

Comodidade: relacionado à qualidade global da travessia, com exceção dos fatores de risco, reconhece tempo perdido, desvios, disponibilidade de espaço;

Coerência: relacionado à coerência entre a forma de implantação e o cenário do entorno, examina fatores como volumes de tráfego, localização etc.

A matriz de conversão correlaciona cada atributo ao grau de influência que este desempenha para o critério avaliado. Para isto são utilizados fatores de conversão que vão de zero, para influência nula, a 2,0 para influência muito forte. As matrizes são organizadas por tipo de travessia, apresentadas na Figura 3.15.

Passagem de nível não semaforizada					
	Segurança	Comodidade	Atratividade	Rapidez	Coerência
Tipologia	2	1,5	0	1	2
Utilização	1	1,5	2	0	0
Distância de frenagem	2	0,5	0	0	0
Acessibilidade	1	2	1	1	1,5
Espaço	0	1,5	0,5	1	0
Sinalização	1,5	0	0	0	1,5
Visibilidade	1,5	1	0	0	0,5
Serviço	0	2	1,5	2	0
Equipamentos extra	0	0	0	0	0

Passagem de nível semaforizada					
	Segurança	Comodidade	Atratividade	Rapidez	Coerência
Tipologia	2	1,5	0	1	2
Utilização	1	1,5	2	0	0
Distância de frenagem	0,5	0,5	0	0	0
Acessibilidade	1	2	1	1	1,5
Espaço	0	1,5	0,5	1	0
Sinalização	1,5	0	0	0	1,5
Visibilidade	0,5	0,5	0	0	0,5
Regulação temporal	2	1,5	1	2	1
Serviço	0	2	1,5	2	0
Equipamentos extra	0	0	0	0	0

Passagem desnivelada					
	Segurança	Comodidade	Atratividade	Rapidez	Coerência
Tipologia	0	1,5	0	1	2
Utilização	2	1,5	2	0	0
Acessibilidade	1,5	2	1,5	1	1,5
Sinalização	0,5	0	0,5	0	0,5
Serviço	0,5	1,5	1,5	2	0

Figura 3.15: Matrizes de conversão para o método Nunes *et al.* (2010)
 Fonte: Nunes, 2010, p. 15-16

Devido à complexidade do processo de levantamento de informação e cálculo, o autor desenvolveu autor uma planilha de cálculo para o *software EXCEL* que permite a obtenção automática da classificação de cada critério.

Esta metodologia foi testada em oito travessias da cidade do Porto (Portugal) e, segundo o autor, apresentou bom desempenho e facilidade de uso.

3.4.3 Descrição do método de Muraleetharan *et al.* (2005)

Neste método o autor parte de uma revisão bibliográfica para definir os principais fatores que afetam o nível de serviço no momento da travessia. São identificados como tais o espaço nas laterais, equipamentos para travessia, movimentos de veículos, atraso nos semáforos, interação com fluxo de pedestres e ciclistas. Para cada fator é apresentada uma breve descrição e estabelecidos três níveis operacionais, que servirão de base para a avaliação da travessia, a saber:

1. Espaço nas laterais: relacionado à disponibilidade de espaço para movimentação e espera dos usuários e classificado nos seguintes níveis: espaço suficiente para espera e movimentação; espaço suficiente apenas para espera; e espaço insuficiente para ambos.
2. Os equipamentos de travessia são indicadores da oportunidade de realizá-la, sendo analisada a visibilidade da faixa de pedestres, projeto adequado dos rebaixos, piso podotátil, separação da travessia de bicicletas e refúgios ou ilhas de travessia (caso a travessia ocorra em duas fases da semaforização). Estes equipamentos são categorizados também em três níveis: travessia com excelentes equipamentos; travessia contendo os equipamentos básicos, mas carente de mais dispositivos; e falta de dispositivos e dificuldade de travessia.
3. Os movimentos de conversão dos veículos indicam o potencial conflito entre o fluxo de pedestres e veículos categorizado pelos autores nos seguintes níveis: sem movimentos de conversão; apenas conversão à esquerda; e conversão à esquerda e direita.
4. A avaliação do atraso no tempo de travessia semaforizada é expressa pela formulação proposta pelo HCM, dada pela equação: $\text{atraso} = 0,5 (C - g) 2/C$ em que C = tempo de ciclo e g = tempo de verde efetivo.
5. O nível de interação entre pedestres e ciclistas é definido através da contagem do número de conflitos entre esses, detectado em um determinado tempo em relação ao volume total de pedestres e ciclistas.

Para se definir o nível de serviço da travessia com base nos critérios acima relacionados, os autores realizaram uma análise estatística de regressão passo a passo multi variável com base na aplicação do modelo e de uma pesquisa de opinião em 17 travessias da cidade de Sapporo (Itália).

Para esta análise foi inicialmente realizada uma inspeção de campo para levantamento das condições e dados básicos das travessias a serem avaliadas. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3.25.

Tabela 3.25: Planilha de dados de campo para o método Muraleetharan *et al.* (2005)

Local	travessia	(1) Nível de espaço na lateral		(2) equipamentos de travessia *						(3) conversão de veículos	(4) atraso			(5) interação pedestre - bicicleta			
		Esquina 1	Esquina 2	MV	BS	PD	MR	L	IR		C	tv	Atraso	->	<-	->	<-
1	1	2	3	0,5	0	0	1	4	0	Somente esquerda	120	65	13	29	5	9	30
1	2	3	2	1	0	0	1	2	0	Somente esquerda	110	50	16	0	4	1	11
1	3	3	3	1	0	0	1	2	0	Esquerda e direita	120	32	32	9	2	6	5
1	4	1	1	1	1	1	1	4	0	Sem conversão	120	32	32	1	17	19	6
1	5	2	2	1	0	1	1	4	0	Somente esquerda	94	54	9	10	10	5	2
2	1	1	1	1	1	1	1	4	0	Somente esquerda	120	32	32	0	5	1	6
2	2	1	1	1	0	0	0	4	0	Somente esquerda	110	50	16	17	5	3	2
2	3	2	3	1	0	0,5	1	4	0	Somente esquerda	120	47	22	0	5	1	6
2	4	3	2	0	0	0	1	4	0	Esquerda e direita	Ñ semaf.	5	4	10	4	20	
3	1	2	2	0,5	0	0	1	4	0	Sem conversão	120	38	28	17	5	3	2
3	2	2	2	1	0	1	1	4	0	Somente esquerda	120	32	32	7	4	13	8
3	3	1	1	1	0	1	1	4	0	Esquerda e direita	120	50	20	6	0	5	0
3	4	1	1	0,5	0	0	1	4	0	Esquerda e direita	120	65	13	6	10	10	13
4	1	2	1	1	0	0	1	2	0	Esquerda e direita	Ñ semaf.	5	75	1	25	1	
4	2	3	2	1	0	0	1	2	0	Esquerda e direita	Ñ semaf.	5	0	0	9	2	
4	3	2	3	1	0	0	1	4	1	Esquerda e direita	Ñ semaf.	5	6	1	5	2	
4	4	3	2	1	0	0	1	2	0	Esquerda e direita	Ñ semaf.	5	6	6	5	18	

* MV: marcas da travessia visíveis
BS: caminho para bicicleta separado
PD: piso diferenciado
MR: meio-fio rebaixado
L: numero de faixas
IR: ilha de refúgio

Fonte: Muraleetharan, 2005, p. 5

Nota: traduzido pelo autor

Para os critérios atraso na travessia e interação entre pedestres e ciclistas, medidos diretamente em campo sem a atribuição de níveis, o impacto na opinião do usuário pode ser definido com base no produto do peso pelo valor encontrado.

Para os critérios espaço nas laterais, equipamentos de travessia e conversão de veículos o fator de influência é definido conforme o nível detectado, sendo o resultado apresentado na Tabela 3.27.

Tabela 3.27: Grau de influência conforme nível do parâmetro para o método Muraleetharan *et al.* (2005)

Parâmetro	Coefficiente de correlação parcial (CCP)	Frequência (f)	(CCP) x (f)	Somatório para cada variável categórica	Média	Escore categórico
Espaço na lateral (nível 1)	0,000	190	0,000			D ₁₁ =0,2545
Espaço na lateral (nível 2)	-0,242	284	-68,728	-132,088	-0,2545	D ₁₂ =0,0125
Espaço na lateral (nível 3)	-1,408	45	-63,360			D ₁₃ =-1,1535
Equipamento s de travessia (nível 1)	0,000	416	0,000			D ₂₁ =0,2369
Equipamento s de travessia (nível 2)	-1,187	100	-118,700	-122,939	-0,2369	D ₂₂ =-0,9501
Equipamento s de travessia (nível 3)	-1,413	3	-4,239			D ₂₃ =-1,1761
Conversão de veículos (nível 1)	0,000	84	0,000			D ₃₁ =1,2645
Conversão de veículos (nível 2)	-0,792	89	-70,488	-656,266	-1,2645	D ₃₂ =0,4725
Conversão de veículos (nível 3)	-1,693	346	-585,778			D ₃₃ =-0,4285

Fonte: Muraleetharan, 2005, p. 8

Nota: traduzido pelo autor

O nível de serviço final para a travessia é obtido pela equação 42.

$$NS_{ped.na\ travessia} = 7,842 + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 D_{ij} \delta_{ij} - (0,037 \times pd) - (0,0031 \times pb) \quad (3.42)$$

Em que:

D_{ij} = Escore categórico associado com o j-ésimo nível do i-ésimo atributo

δ_{ij} = 1 se o j-ésimo nível do j-ésimo atributo está presente

pd = atraso do pedestre em segundos

pb = número de interações pedestre – bicicleta

4 METODOLOGIA

Com base no objetivo definido para o estudo de padronização de um método para avaliação da qualidade da travessia de pedestres, preferencialmente dentre os existentes, foram estabelecidas as seguintes etapas da metodologia de trabalho: Estudo dos métodos disponíveis; Análise dos métodos, compreendendo análise teórica, de campo e prática; e Escolha do método padrão, dividida em consulta a um grupo de especialistas e proposições.

A primeira etapa de trabalho foi marcada pela revisão bibliográfica e consistiu na realização do estudo e descrição dos principais métodos atualmente disponíveis para avaliação de travessias de pedestre, apresentada no capítulo anterior.

O fluxograma da Figura 4.1 apresenta a sequência das atividades realizadas em cada etapa do trabalho para definição do método padrão de avaliação de travessias de pedestres.

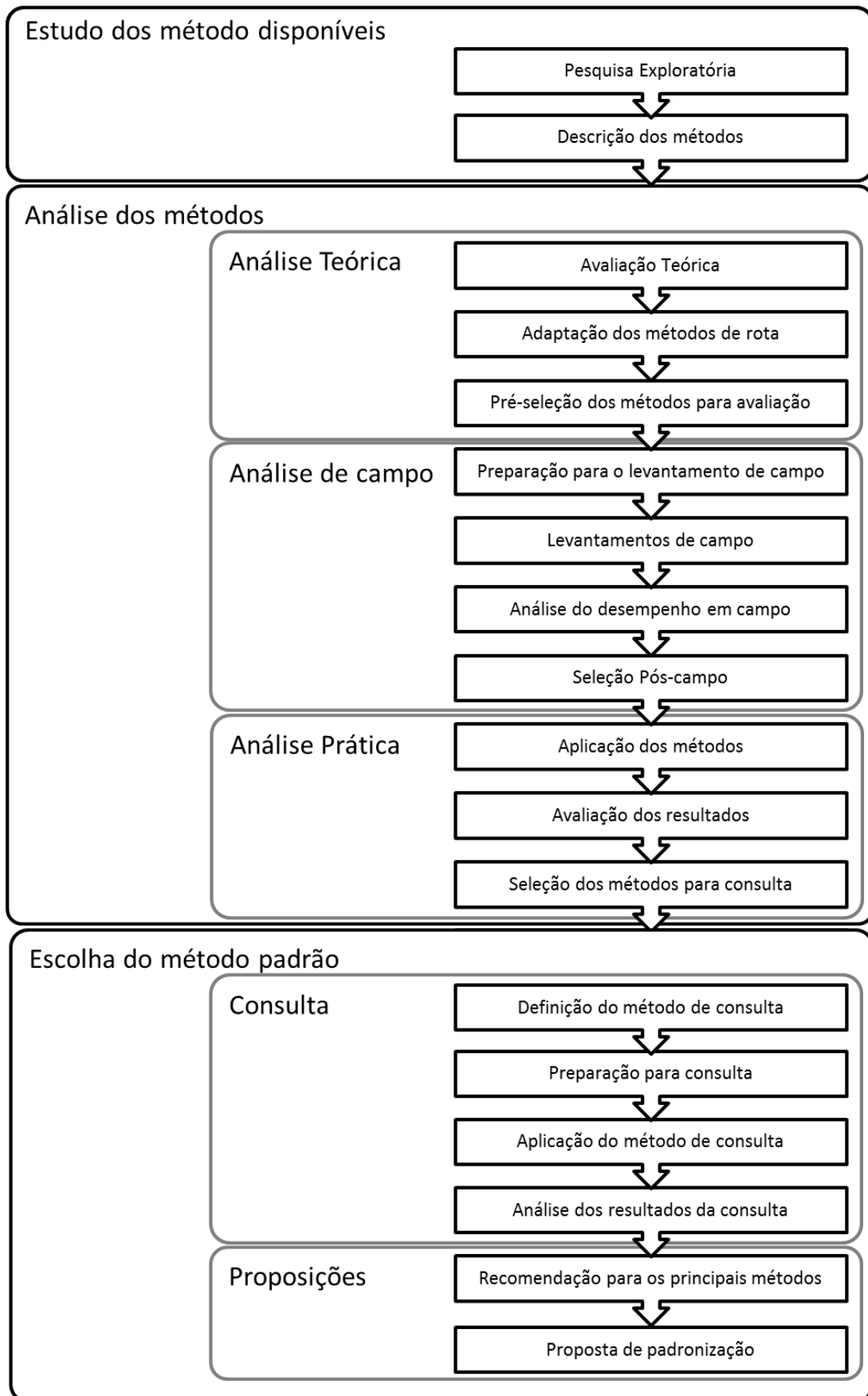


Figura 4.1: Fluxograma da metodologia de trabalho

Os itens de 4.1 a 4.4 apresentam o detalhamento de cada uma das etapas mencionadas no fluxograma da Figura 4.1.

4.1 *Estudo dos métodos disponíveis*

Conforme anteriormente salientado, a primeira etapa de trabalho refere-se à realização de uma pesquisa bibliográfica junto à literatura especializada para apontamento dos principais métodos de avaliação de travessias de pedestres existentes.

Lima e Miotto (2007, p.38) diferenciam a pesquisa bibliográfica da revisão bibliográfica por “um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo, e que, por isso, não pode ser aleatório”. As autoras dividem o processo de pesquisa bibliográfica em quatro etapas que orientaram a pesquisa por métodos de avaliação de travessias de pedestres. As fases definidas tratam da (i) Elaboração do projeto de pesquisa, (ii) investigação das soluções, (iii) análise explicativa das soluções; e (iv) síntese integradora (LIMA; MIOTTO, 2007).

Na elaboração do projeto de pesquisa foi definido como principal objeto o mapeamento dos métodos de avaliação de travessias de pedestres mais proeminentes. De forma a ampliar a abrangência do estudo foram analisados ainda métodos de avaliação de rotas de pedestres que permitissem o exame da travessia.

A fase de investigação compreendeu o levantamento destes métodos utilizando-se ferramentas de pesquisa acadêmica disponíveis na internet como o Portal da Capes e Google Scholar, além de consulta a diversos anais de congressos e especialistas de instituições de pesquisa nacionais com o apoio do professor orientador. Os documentos selecionados foram inspecionados e os métodos disponíveis relacionados.

Durante a fase de análise explicativa, citada por Lima e Miotto (2007), cada um dos métodos em estudo foi descrito resumidamente neste trabalho e organizados de forma a permitir a síntese integradora correspondente à análise teórica apresentada no item 5.1 deste estudo.

4.2 *Análise dos métodos pesquisados e seleção de métodos para avaliação*

A avaliação dos métodos levantados se deu em três momentos distintos. O primeiro momento tratou da análise teórica condizente com a fase de síntese integradora da pesquisa bibliográfica. Essa análise, de acordo com o conceito proposto por Lima e Miotto (2007, p. 43) “consiste na fase de reflexão e de proposição de soluções, baseada no material de estudo que

compôs a pesquisa”. Para o presente estudo buscou-se relacionar as principais características que os diferenciam entre si e os indicadores de usabilidade para subsidiar, junto com a proposição de adaptação necessária, uma primeira seleção dos métodos que apresentaram condições mínimas para padronização, definindo assim, aqueles a serem testados mais profundamente.

Em um segundo instante se procedeu à análise de campo, baseada principalmente na aplicação mútua dos métodos em locais selecionados para melhor compreendê-los, bem como entender as suas principais dificuldades de aplicação. Esta parte prática foi ainda subdividida em preparação de campo e levantamento de dados.

Antes mesmo da aplicação direta em campo foi realizada uma análise específica dos métodos que permitiu uma melhor compreensão dos procedimentos de medição deles. A partir desta análise foram definidos os levantamentos complementares necessários à aplicação, planejados e preparados os procedimentos de campo. Esta etapa buscou simplificar os levantamentos de campo definindo os coincidentes.

Ainda na fase de preparação do campo foram escolhidas as travessias de teste. Pretendendo avaliar as condições de adaptabilidade aos diversos tipos de travessias, tratamentos viários e entorno foram selecionados cinco locais do município de Belo Horizonte, com distintas condições de circulação, onde os métodos foram aplicados e os levantamentos realizados.

Ao todo foram definidos 13 diferentes tipos de levantamentos, além da visita de campo, aplicados às cinco travessias de teste. Os levantamentos foram realizados com o apoio dos alunos de graduação do curso de engenharia civil da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e envolveram: duas pesquisas de opinião, duas pesquisas de satisfação, medição dos tempos semafóricos, contagem de pedestres, perfil de idade do usuário, contagem classificada de veículos, velocidade veicular, atraso na travessia semaforizada, percentual de adesão ao uso, percentual de respeito ao tempo semafórico e distância de visibilidade.

As pesquisas de opinião e satisfação foram realizadas por meio de entrevistas com os usuários das travessias seguindo as instruções e modelos estabelecidos pelos métodos de Khisty (1994) e Araújo (2008) que as exigiram. Os estudos não explicitam a formulação para cálculo da amostragem mínima necessária ou os critérios de confiabilidade e erro admissível que permitam a definição dos valores. Desta forma, adotou-se como modelo a quantidade de

entrevistas realizadas por Araújo (2008), que registrou a opinião de aproximadamente cem (100) usuários por travessia.

As pesquisas de contagem classificada de veículos, contagem de pedestres e velocidade veicular, tradicionais em estudos de tráfego e de uso comum, foram realizadas seguindo as instruções e parâmetros do manual de pesquisas de tráfego do DNIT (2006) para amostragem, equipamentos, período de pesquisas, formulários e demais insumos para a sua realização.

A medição dos tempos semafóricos foi realizada durante a visita técnica por meio da medição direta com cronômetro. Durante a visita realizou-se ainda a medição, com trena, da largura de faixa e calçada, distância de atravessamento, raio do meio-fio, largura de avanços, canteiros e demais dimensões para definição da área de acumulação de pedestres. A inspeção de campo serviu também a identificação das condições locais do pavimento, iluminação, equipamentos de moderação de tráfego e acessibilidade universal, movimentos de conversão, pontos de conflito e ao preenchimento das planilhas de campo dos métodos propostos por Silva e Barbosa (2011), Basile *et al.* (2010), Dixon (1996) e Muraleetharan *et al.* (2005). As visitas de campo prestaram ainda para averiguação das distâncias de visibilidade.

A informação sobre o perfil de idade do pedestre foi inicialmente coletada durante as entrevistas. Para as travessias onde não houve entrevistas este dado foi obtido indiretamente por observação junto com a pesquisa de caracterização do fluxo de pedestres.

Entende-se por pesquisa de caracterização do fluxo de pedestres o levantamento dos dados de atraso e respeito à faixa de pedestre e temporização semafórica, realizada por observação, com o apoio de formulário especialmente desenvolvido para este fim e cronômetro. A definição da amostra para esta pesquisa provém também das recomendações do DNIT (2006) sobre a verificação de obediência às leis de trânsito.

Os resultados obtidos em campo, e principalmente o desempenho de cada método quanto à sua aplicabilidade, foram registrados e apresentados no corrente trabalho para avaliação de desempenho.

Por fim, como momento final de análise, cada um dos métodos foi avaliado quanto aos procedimentos de cálculo e aos resultados obtidos. Os cálculos necessários e a tabulação de dados foram realizados com o apoio dos *softwares EXCEL e HCS+* (para definição do nível de serviço veicular). Neste ponto avaliou-se a abrangência da análise, a facilidade de cálculo e interpretação, e a utilidade do resultado de cada método para orientação do profissional como

insumo às decisões de projeto. É a partir da análise dos dados, informações, ponderações e cálculos realizados com o apoio dos métodos em avaliação, que o profissional de engenharia se torna hábil a propor intervenções para sanar as deficiências da travessia e melhorar a condição de circulação do pedestre.

Finalizada a análise dos métodos, aqueles com melhor desempenho teórico e prático foram selecionados para a avaliação por um grupo de especialistas.

4.3 Consulta ao Grupo de Especialistas

A partir da seleção dos métodos com melhor desempenho teórico, de campo e prático procedeu-se à avaliação das principais características de cada método com o apoio de uma consulta a um grupo de técnicos e especialistas da área.

Para a determinação do método de consulta ao grupo realizou-se uma revisão bibliográfica sobre métodos de tomada de decisão por múltiplos critérios (em inglês, *Multicriterial Decision Making - MCDM*) rastreando aquele que melhor se adaptasse ao problema em questão. Devido à maior facilidade de aplicação e a adequação aos objetivos do trabalho definiu-se o Método de Análise Hierárquica (MAH) como a melhor opção para consulta.

O MAH permite a construção de uma função utilidade na qual são definidos pesos para os critérios de avaliação que auxiliam a compreensão de quais características são mais importantes em um método de avaliação. As alternativas em avaliação são hierarquizadas lançando-se na função utilidade as notas de cada uma por critério, obtidas também através do MAH. Esta disposição esclarece quais métodos apresentam melhor desempenho em cada critério.

Segundo Pestana (2005), o MAH tem sólida base matemática, é intuitivo e incorpora com facilidade a participação de vários agentes avaliadores. Estas condições contribuem com a possibilidade de consulta via internet, reduzindo o custo de pesquisa e permitindo a participação de especialistas de várias localidades.

Definida a forma de consulta, o grupo de especialistas foi escolhido pelo autor, com o apoio da professora orientadora, a partir da rede de contatos profissionais de ambos. Dada à complexidade de preenchimento e a especificidade do assunto optou-se por um grupo pequeno e altamente especializado, formado por profissionais e estudiosos da mobilidade formadores de opinião.

A consulta iniciou-se com a construção de um quadro comparativo, através da disposição das características principais de cada método em uma tabela unificada, que permite a análise conjunta. Além do quadro, foi elaborado um resumo executivo contendo a síntese do desempenho teórico, em campo e prático de cada método para contextualização dos profissionais envolvidos. O resumo incluiu também a descrição dos critérios a serem avaliados.

O quadro comparativo e o resumo executivo, juntamente com uma planilha para avaliação dos métodos par a par, elaborada em *EXCEL*, foram encaminhados por *e-mail* aos profissionais selecionados, após convite individual por telefone, para obtenção dos correspondentes posicionamentos, conforme descreve o item 5.5.4 e os respectivos apêndices.

Os dados obtidos foram tratados e tabulados com o apoio de ferramentas *on line* desenvolvidas por GOPEL (2015) para construção da função utilidade e definição das notas individuais por critério.

4.4 Proposta de padronização e melhoria

Com base na avaliação teórica e prática e de posse dos resultados da consulta aos técnicos e especialistas, da função utilidade e das notas individuais por critério se procedeu à recomendação de melhorias aos diversos métodos analisados e à proposição de um método padrão.

Objetivando orientar a evolução dos métodos analisados, e principalmente do método proposto como padrão, a etapa final do estudo consistiu em apresentar proposições e pontuar sugestões para tratar as principais deficiências encontradas nos métodos. A definição das vantagens e desvantagens de cada método foi balizada, principalmente, pelas notas por critério atribuídas a cada método em comparação com os demais. Orientaram também estas definições a experiência obtida pela aplicação dos métodos e pela realização das análises teórica, de campo e prática.

As sugestões para aprimoramento das metodologias foram elaboradas com base nas análises realizadas e também na comparação de desempenho entre os métodos. Desta forma, foi possível sugerir como melhoria para as deficiências de um determinado método, as estratégias adotadas e méritos dos demais métodos estudados.

Saaty (1988) explica que o método de análise hierárquica existe para organizar o processo de tomada de decisão orientando, através de uma abordagem numérica, à conformação de prioridades científicas. Desta forma, a partir do resultado da consulta ao grupo técnico e da aplicação do MAH foi possível construir uma proposta de padronização para o método de avaliação de travessias adotando-se, dentre os métodos selecionados após o trabalho de campo, aquele que melhor atendeu às expectativas dos especialistas.

Fundamentado no fato de que, embora tenha sido agrupado um conjunto de especialistas com larga experiência na área, não é viável inculcar a estes profissionais uma visão aprofundada do tema, assim, o resultado da consulta foi contraposto à análise teórica e prática para formular uma proposta final. A análise destas duas perspectivas permitiu combinar uma posição consensual ampla, obtida pela consulta aos especialistas, com o parecer aprofundado da análise teórica e técnica em uma proposta de padronização.

5 ANÁLISE DOS MÉTODOS

Para permitir a definição de um método padrão para avaliação das travessias de pedestres foi realizado um trabalho de análise dos nove métodos previamente apresentados no Capítulo 3. Esta análise foi dividida em três etapas distintas apresentadas nos itens seguintes.

A primeira etapa corresponde à análise teórica fundamentada na revisão e pesquisa bibliográfica e visa, através da comparação dos métodos disponíveis e da sua aplicabilidade específica em travessias, definir aqueles aptos à aplicação prática em campo. O segundo estágio de análise trata exclusivamente da aplicação em campo, observando a necessidade de pesquisas complementares e as dificuldades específicas desta fase, determinando os métodos com desempenho muito inferior aos demais e, portanto, inadequados à padronização que se pretende alcançar. Por fim, a análise prática fundamentada nas condições de cálculo e nos resultados obtidos determina os métodos de avaliação a serem submetidos à opinião do grupo de especialistas para apoiar a definição do método padrão.

5.1 *Análise teórica dos métodos levantados*

A análise teórica dos métodos disponíveis teve por base a revisão bibliográfica realizada. Foram identificados os métodos que não se adéquam aos objetivos pretendidos e aqueles que necessitam de adaptação para aplicação em campo, especificamente em travessias de vias.

As principais impressões e conclusões sobre os nove métodos anteriormente descritos são apresentadas a seguir, individualmente por método, visando subsidiar uma primeira comparação entre os mesmos. Além disto, os itens 5.1.10 e 5.1.11 apresentam respectivamente a necessidade de adaptação dos métodos de rota, não desenvolvidos especificamente para travessias, e uma pré-seleção daqueles com condições de prosseguirem para a avaliação prática.

5.1.1 **Análise teórica do método de Khisty (1994)**

Pode-se destacar no método proposto por Khisty (1994) a sua aceitabilidade acadêmica e consolidação. Embora o método não seja amplamente utilizado pelos técnicos da área, trata-se de uma metodologia de referência a diversas pesquisas de âmbito acadêmico.

O seu uso como referência pode ser explicado, em parte, por se tratar de um dos primeiros métodos propostos para avaliação de pedestres que avalia aspectos qualitativos. Atentando

ainda para a possibilidade de uso integrado ao modelo HCM, de acordo com a proposta do próprio autor, o método de Khisty (1994) se mostra completo também quanto à sua abrangência avaliativa.

Pode-se ponderar ainda como uma vantagem significativa deste método, a integração entre a análise de travessias, calçadas e/ou rotas de pedestres. O fato de o método permitir a avaliação para a rota ou para um segmento de rota torna a sua aplicação possível tanto em um nível microscópico, auxiliando no desenvolvimento de projetos e correções pontuais, quanto para uma aplicação mais abrangente, servindo como ferramenta de construção de rotas de pedestre e incentivo ao uso de modos não motorizados.

Embora apresente uma série de vantagens, o seu uso não é tão comum entre a comunidade técnica. Esta condição pode ser atribuída à dificuldade de sua aplicação que demanda a elaboração de pesquisa de opinião específica e uma grande quantidade de entrevistas, dificultando o seu uso. Conforme conclui Aguiar (2003), embora se trate de um método completo no que diz respeito à avaliação fornecida, a sua aplicabilidade é complexa.

Contribui para a sua complexidade a grande quantidade de medidas de desempenho inicialmente proposta (vinte e duas). Mesmo com a seleção das sete medidas mais pertinentes realizada pelo autor, a ortogonalidade entre elas não é pronunciada, o que dificulta a compreensão das mesmas e, por consequência, o entendimento destas para o entrevistado e para o pesquisador.

Quanto à subjetividade da aplicação, pode-se conceber que o método não está sujeito a subjetividade, pois, embora a metodologia se baseie exclusivamente na opinião do usuário, o resultado obtido é totalmente independente do posicionamento, opinião ou formação do técnico que o aplica. Destaca-se ainda que o método é omissivo quanto à opinião técnica, delegando estimativas como a importância da segurança e demais aspectos técnicos apenas ao usuário.

Quanto aos resultados obtidos pode-se estimar que o método fornece boa visão sobre a qualidade de cada trecho avaliado, principalmente no que diz respeito às medidas de desempenho. No entanto, não é possível determinar diretamente através do modelo, quais os dispositivos e/ou medidas corretivas necessárias para melhorar a condição da travessia.

5.1.2 Análise teórica do método de Sarkar (1995)

O método proposto por Sarkar (1995), embora plenamente consolidado, é pouco conhecido pela comunidade técnica e pouco utilizado como referência acadêmica em relação a modelos contemporâneos como o de Khisty (1994).

Dentre os métodos analisados por Aguiar (2003), este foi julgado o de melhor aplicabilidade. A sua utilização é simples e se fundamenta basicamente em uma visita de campo e na comparação das condições encontradas com tabelas de referência fornecidas pelo autor.

Embora tenha alta aplicabilidade, a análise realizada tende a ter grande subjetividade. O técnico responsável deve analisar aspectos específicos do local que podem ser parametrizados. No entanto, o nível de serviço e as tabelas apresentadas não fornecem parâmetros numéricos, ficando a análise sujeita à interpretação do pesquisador. Ou seja, embora os parâmetros possam ser definidos diretamente, por exemplo, a existência de fluxo conflitante, a definição do nível de serviço é feita pelo técnico de acordo com o que ele avalia como alto ou baixo e não a partir de um valor de referência pré-estabelecido. Esta característica torna o modelo subjetivo e faz com que o resultado varie segundo a opinião do profissional que o utiliza.

Outro fator que influencia a subjetividade do modelo é a avaliação do que é relevante ou não. Nas etapas de trabalho o autor instrui o técnico a desprezar determinadas ocorrências, caso a sua abrangência não seja relevante, mas não instrui a partir de quando determinado evento passa a ser relevante para um trecho de via.

Quanto à análise realizada, pode-se conceituar que os resultados obtidos fornecem os indicativos necessários para adoção de medidas corretivas e quais intervenções são mais convenientes para melhoria da condição de caminhada. Esta condição é válida tanto para um determinado segmento na análise em micro nível, sendo aplicável para projetos específicos de calçadas e travessias, quanto para a rota completa em macro nível, sendo aplicável a projetos de incentivo ao transporte não motorizado na adequação e formação de rotas de pedestre.

Por se tratar de um método de análise de rota, este fornece uma análise de travessias totalmente compatível com a análise de calçadas. Embora a abrangência de rota seja uma vantagem do modelo, a atenção dispensada às travessias é indireta, não havendo, por exemplo, distinção quanto ao tipo de travessia.

Ainda analisando a abrangência do método, deve-se ressaltar que o foco da análise é dado para as condições de segurança no local. Mesmo que as tabelas e parâmetros apresentados sejam pertinentes também aos aspectos diversos de qualidade ambiental, como segurança, iluminação, conforto etc., o modelo ignora a opinião dos usuários e o impacto que estes aspectos podem ter na percepção de qualidade.

5.1.3 Análise teórica do método de Dixon (1996)

O método proposto por Dixon (1996), também desenvolvido na década de 90, foi plenamente consolidado, tendo sido testado e utilizado na Flórida. Os resultados obtidos, segundo o autor, foram submetidos a três comitês consultivos e reputados adequados. Estes mesmos comitês destacaram ainda como vantagem a facilidade de interpretação dos resultados, que permite a definição das intervenções indicadas para a melhoria das condições de caminhada. Esta vantagem é comum tanto à análise pontual, quanto para a análise da rota como um todo.

Conforme já descrito, se trata de um método de avaliação para rota, o que torna a análise de travessia compatível com o estudo da calçada. No entanto, vale salientar que o método não destaca a análise da travessia da verificação da rota como um todo, sendo a avaliação feita por segmento de quarteirão que inclui calçada e travessia. A avaliação das travessias ocorre de forma indireta, por meio de características específicas como atraso dos pedestres, largura da travessia, velocidade do veículo, dentre outras. Por consequência, o método também não faz maiores diferenciações sobre o tipo de travessia, tratando-as indistintamente.

Quanto à aplicabilidade, o método apresenta facilidade, sendo necessárias pesquisas complementares simples, como cálculo do atraso nas interseções e velocidade dos veículos. A sua aplicação não está sujeita à subjetividade da interpretação do técnico, uma vez que estabelece numericamente os parâmetros analisados e os seus intervalos de pontuação.

Mostra-se ainda capaz de avaliar questões qualitativas, relacionadas ao conforto ambiental, através de parâmetros diretos. Não existe uma ponderação clara da opinião do usuário ou de técnicos da área sobre tais parâmetros. Pode-se estimar que a importância relativa de cada um destes critérios está associada ao seu peso e pontuação, pois os resultados finais obtidos pelo método foram declarados satisfatórios pelo grupo de consultores responsável pela validação do método.

5.1.4 Análise teórica do método de Silva e Barbosa (2011)

A principal observação sobre este método é o fato de tratar-se de uma proposição metodológica exploratória e não de um método propriamente dito. A sua adoção deve ser, portanto, vinculada a um maior aprofundamento e consolidação. Este caráter tem reflexo direto em algumas definições do método. Como exemplo, cita-se o fato de atribuir pontuação à existência de ilha ou semáforo na travessia, sem vinculação a real necessidade deste tipo de equipamento.

Embora não se trate de um método consolidado como os demais, a sua análise no presente trabalho mostra-se pertinente por dois motivos principais. Primeiramente o método confere às travessias tratamento específico durante a análise e diferentemente dos demais métodos de rota apresentados, faz uma análise destacada das travessias permitindo uma melhor avaliação.

O segundo ponto a destacar é a aplicabilidade do método, que dispensa a realização de pesquisas complementares, demandando apenas a visita de campo. O resultado obtido independe da opinião do aplicador, estando pouco sujeito à subjetividade de análise, além da utilização ser significativamente facilitada pelo formulário proposto pelos autores.

Pela facilidade de interpretação dos resultados obtidos, o método permite a definição das intervenções necessárias na travessia para melhoria do caminhamento. Neste ponto vale destacar que, embora o método trate também da avaliação de calçadas, não é proposta uma forma de definir uma nota final para a rota como um todo, dificultando o seu uso em uma análise macroscópica.

Por fim, vale destacar que o método verifica os parâmetros qualitativos da caminhada como segurança e conforto, analisando-os indiretamente através de critérios técnicos, sem examinar diretamente a opinião do usuário. Além disto, são julgados também aspectos quantitativos como adequação da largura efetiva ao fluxo, mas de forma mais subjetiva.

5.1.5 Análise teórica do método de Araújo *et al.* (2008)

Inicialmente proposto em 1999, e reavaliado em 2008, este método foi desenvolvido com o apoio de técnicos da Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo CET-SP, o que não só corrobora a sua consolidação, mas garante a sua adaptação à realidade brasileira.

A proposta baseia-se em recomendações do HCM e na metodologia de Khisty (1994) para definição de um nível de serviço com base em características qualitativas da caminhada. De

maneira análoga à Khisty (1994), a análise proposta foca em parâmetros qualitativos da travessia e na percepção de qualidade pelo pedestre, sendo a análise de parâmetros quantitativos associada à aplicação do método HCM 2000. No entanto, se destaca por respeitar a opinião dos usuários sobre parâmetros tecnicamente definidos, bem como a dos técnicos da área.

É relevante ressaltar que o método foca especificamente a análise de travessias semaforizadas, destacando este momento do restante da caminhada. Por ser desenvolvido com base no estudo de Khisty (1994) e complementar o HCM, possui caráter prioritariamente qualitativo e pode ser tido como compatível com estes métodos para análise da rota como um todo. Isto significa que, mesmo tendo sido desenvolvido para análises microscópicas, é possível a sua utilização complementar em análises mais abrangentes.

O estudo apresenta a relação desenvolvida pelo grupo técnico responsável contendo os itens e equipamentos a serem analisados na travessia, mas esses não são diretamente avaliados. A pontuação é atribuída somente à medida de desempenho, o que dificulta a interpretação dos resultados para a definição de ações corretivas e de melhorias.

Como as notas obtidas pelo método são baseadas em pesquisa de opinião, pode-se ponderar que é livre de subjetividade e independente da interferência do técnico responsável pela análise. No entanto, a necessidade de pesquisas de opinião para definição do peso de cada medida de desempenho, bem como do nível de satisfação do usuário, tornam a sua aplicação dispendiosa.

5.1.6 Análise teórica do método de Basile *et al.* (2010)

O método desenvolvido por Basile *et al.* (2010) tem foco específico na análise de segurança em travessias urbanas, sendo abrangente quanto ao tipo de travessia examinada (semaforizada ou não), mas restrito quanto à análise dos demais parâmetros de qualidade associados à caminhada.

Dada a especificidade de desenvolvimento e do método em si, este não pode ser associado a modelos de rota ou calçada, restringindo sua aplicação a projetos específicos e dificultando o seu uso na criação de novas rotas de pedestres e programas de incentivo à mobilidade sustentável.

Embora seja restrito quanto ao foco de análise, o método verifica a disponibilidade de diversas características do local para a definição de uma nota. Tanto a lista de características, quanto o peso relativo de cada uma para formação da nota, foram definidos com o apoio de especialistas e procura, por meio destes, refletir a opinião também dos usuários. As análises realizadas aliam estatísticas de tráfego e a opinião de técnicos a modelos comportamentais e às pesquisas de opinião.

O diagnóstico de diversos aspectos da travessia permite a compreensão do tipo de intervenção necessária para melhorar a qualidade da caminhada e pode ainda ser realizado em âmbito geral ou específico quanto ao projeto, acessibilidade e visibilidade.

O método dispensa a realização de pesquisas complementares ou a disponibilidade de dados de fluxo, tornando-o de fácil aplicação. Como a análise se baseia na determinação da existência ou não dos dispositivos de engenharia e em parâmetros numericamente definidos, não está sujeito à subjetividade de interpretação do aplicador.

O método foi previamente testado pelo autor em 15 travessias da cidade de Parma na Itália e consolidado pelo uso em 215 interseções de 17 cidades europeias.

5.1.7 Análise teórica do método HCM 2010

A metodologia proposta pelo manual HCM trata-se de uma avaliação validada não apenas pelo grupo técnico responsável pelo manual e por seus desenvolvedores, mas também pelo histórico da própria publicação. Reconhecido internacionalmente como principal referência na definição do nível de serviço e atualizado periodicamente desde 1950, o manual encontra-se em sua quinta edição (TRB, 2015).

O método proposto estuda especificamente as travessias de pedestre, destacando-as e separando por tipo de tratamento e característica da via: semaforizada, via principal ou via secundária. Embora seja dado tratamento específico, o método faz parte de um modelo mais abrangente, que permite também a avaliação de calçadas em formato compatível, do segmento viário e da rota como um todo. É base para análises microscópicas, útil em projetos específicos e para análises mais abrangentes na definição e avaliação de rotas de pedestre e políticas de transporte não motorizado.

Tradicionalmente a análise proposta pelo manual HCM foca aspectos estritamente técnicos, baseando a definição do nível de serviço nas condições de fluxo e atraso. Embora não

investigue a opinião dos usuários e a avaliação de questões de natureza qualitativa como conforto ambiental e segurança, o manual recomenda, inclusive em versões anteriores, que tais parâmetros sejam examinados por análises complementares.

Como o método é baseado em aspectos técnicos somente, a sua aplicação é direta, com levantamentos realizados por uma série de pesquisas complementares e livres de subjetividade. Embora os dados necessários sejam diretos, a quantidade de pesquisas e a complexidade das formulações tornam a sua aplicação difícil.

O *software* HCS+ 2010 (*Highway Capacity Software*), foi desenvolvido pela McTrans – centro de auto suporte dentro da Escola de Engenharia de Infraestrutura Sustentável e Meio Ambiente e parte do Instituto de Transporte da Universidade da Florida especificamente para facilitar a entrada de dados e a realização dos cálculos do manual (McTrans, 2015).

No entanto, a utilização do *software* demanda conhecimento específico e, como inibe a participação do técnico nas etapas de cálculo, o nível de detalhamento dos resultados obtidos pode ficar mascarado pelo resultado final. Uma análise criteriosa destes resultados tende a preservar o potencial de utilização destes na definição das intervenções necessárias para melhoria da caminhada. Para o caso brasileiro, pode se entender ainda como complicador o uso do sistema americano tradicional de unidades espaciais.

5.1.8 Análise teórica do método de Nunes *et al.* (2010)

O método proposto por Nunes *et al.* (2010) tem como característica básica sua aplicabilidade objetiva. Apesar de não levantar diretamente a opinião do usuário, reflete a sua percepção de qualidade através de atributos específicos da travessia. Avalia características ambientais como segurança e atratividade atribuindo pesos específicos a cada um destes atributos.

Os atributos analisados incluem fatores como sinalização, acessibilidade e demais aspectos de projeto que, por serem ricamente avaliados, fornecem ao técnico uma boa perspectiva e facilidade na definição das intervenções necessárias à melhoria da travessia. O método é aplicado através de análises diretas, não estando sujeito à subjetividade, com exceção da avaliação de visibilidade noturna.

Para análise destes atributos é necessário uma série de levantamentos de campo, incluindo o cálculo do nível de serviço pelo método HCM, levantamentos de dados de fluxo e demais

pesquisas, que tornam a sua aplicação complexa. No entanto, o autor tenta facilitar esta condição pelo uso de um formulário em *EXCEL* pré-fornecido.

O método trata especificamente de travessias urbanas, incluindo travessias em desnível, e, embora seja abrangente quanto aos tipos de travessia analisadas, não é diretamente relacionado a um método de avaliação de calçada ou rota. Esta característica dificulta o seu uso para análises macroscópicas de construção de rotas.

O método foi consolidado pelo autor através de testes específicos, e sua validade também atestada por ele. Além disto, toma como referência modelos como o HCM, e normas portuguesas, o que reforça a sua pertinência.

5.1.9 Análise teórica do método de Muraleetharan *et al.* (2005)

A análise proposta pelo método de Muraleetharan *et al.* (2005) foca principalmente aspectos de projeto e fluxo, como atraso e conflitos. Embora a análise não caracterize diretamente parâmetros qualitativos da travessia, os parâmetros avaliados têm influência em questões como conforto e segurança. Além disto, a formulação apresentada foi balizada por meio de pesquisa de opinião junto aos usuários, pretendendo identificar o impacto de tais aspectos de projeto da travessia.

Como a análise enfatiza aspectos típicos de projeto, separando-os em categorias distintas, com pesos específicos, os resultados obtidos fornecem ao técnico responsável indicativos claros das intervenções necessárias para a melhoria de qualidade da travessia.

O método é específico para a análise de travessias e, embora seja pertinente a todo tipo de travessia em nível, não indica modelos de rota ou calçada compatíveis. Esta característica tende a restringir o seu uso para análises microscópicas realizadas em projetos específicos.

Muraleetharan *et al.* (2005) tem aplicação direta através da observação *in loco*, não sendo necessário realizar pesquisas complementares dispendiosas, apenas o levantamento de tempo semafórico. Sua aplicação é ainda facilitada pela utilização da planilha de campo sugerida pelo autor. No entanto, a definição de níveis para alguns dos parâmetros avaliados está sujeita à subjetividade e ao julgamento do técnico de campo, podendo ocorrer variação dos níveis encontrados para uma mesma travessia conforme o pesquisador.

Para definição do atraso do pedestre foi tomado como referência o manual HCM. O nível de serviço estabelecido pelo método é baseado em pesquisa bibliográfica e pesquisa de opinião

específica sobre a percepção do usuário. O método tem sua eficácia e eficiência atestadas pelo próprio autor.

5.1.10 Necessidade de adaptação dos métodos de rota

Conforme comentado no item 3.1, os métodos Khisty (1994), Sarkar (1995), Dixon (1996) e Silva e Barbosa (2011) foram inicialmente desenvolvidos para análise de rotas de caminhada, sendo necessária a realização de adaptações para a aplicação em travessias. Estas adaptações consistem basicamente em extrair do modelo de rota a análise de características e aspectos que interferem no atravessamento e eliminar os parâmetros correspondentes aos trechos de calçada.

Para Khisty (1994) este filtro foi realizado por Araújo *et al.* (2008) que, ao se basear no primeiro para criar o método de avaliação específico de travessias semaforizadas, destacou o uso das medidas de desempenho conforto, continuidade do sistema e segurança como significativos para a travessia.

Para o método proposto por Sarkar (1995), embora seja possível destacar da análise completa os critérios pertinentes à travessia, esta adaptação descaracteriza o método como um todo. Conforme descrito no item 3.2.2, dos cinco critérios da análise de micro nível, apenas dois são pertinentes à travessia, mesmo assim com adaptações. Isto tende a distorcer os resultados e valores utilizados para análise de macro nível, invalidando-a. Esta condição torna a aplicação do método, especificamente em travessias, problemática e o invalida para o presente estudo.

Para Dixon (1996) esta adaptação mostrou-se menos impactante, uma vez que um maior número de características vinculadas à travessia é contemplado pelo método. De qualquer forma, a sua adaptação tende a demandar, no caso de sua escolha como método padrão, uma revisão de sua validade. As adaptações realizadas neste método são devidamente descritas e detalhadas no item 5.3, que discute os resultados obtidos em campo por cada método.

Por fim, o método proposto por Silva e Barbosa (2011), destaca claramente a análise da travessia da avaliação de calçada ao apresentar tabelas distintas e notas específicas para cada tipo de trecho.

5.1.11 Pré-seleção dos métodos para a pesquisa de campo

Com base na análise e descrição dos nove métodos apresentadas neste capítulo, associadas às adaptações necessárias e à comparação de suas principais características, no que se refere à utilização para a análise de travessias, foram selecionados para teste em campo os métodos: Khisty (1994); Dixon (1996); Silva e Barbosa (2011); Araújo *et al.* (2008); Basile *et al.* (2010); HCM 2010; Nunes *et al.* (2010); e Muraleetharan *et al.* (2005).

Dos nove métodos inicialmente estudados, o único não relacionado para o teste em campo foi o método proposto por Sarkar (1995). Embora apresente excelente desempenho na análise de rota, sendo citado por Aguiar (2003) como o de maior aplicabilidade, ele não apresenta parâmetros suficientes para que se obtenha um resultado significativo ao aplicá-lo especificamente em travessias.

5.2 Análise do desempenho em campo

Para melhor compreender o potencial e características de cada um dos métodos antes de proceder à avaliação e escolha do método a ser padronizado foi realizado o teste destes em campo. Este teste foi realizado através da aplicação simultânea dos métodos em travessias na cidade de Belo Horizonte – MG. A aplicação foi realizada com o apoio dos alunos de graduação do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Minas Gerais e do Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia.

Os itens seguintes descrevem os procedimentos para a seleção das travessias e a aplicação dos métodos. Posteriormente, cada método foi avaliado pelo autor e pelo técnico responsável pelos levantamentos de campo em função de sua aplicabilidade. Em seguida, foi realizada nova seleção entre os métodos testados para indicação daqueles que serão apresentados ao grupo técnico especializado para escolha do método padrão.

5.2.1 Escolha das travessias de teste

O tratamento viário e de sinalização para travessias de pedestre apresentam uma grande gama de possibilidades. Somente no que se refere ao tratamento visando melhoria das condições de segurança da travessia pode-se elencar o acréscimo de calçada, instalação de refúgio ou canteiros, criação de calçadões, semáforos de pedestres, restrição de conversões, estreitamento de pista, dispositivos de canalização do fluxo de pedestres, passagens em desnível, dispositivos de iluminação específica ou fiscalização especial (GOLD, 1998).

A forma de tratamento pode variar não somente quanto às condições de fluxo, mas também quanto às condições da via em que se encontra, do local de travessia em si, e da caracterização dos pedestres. Para a escolha entre semáforo ou faixa, por exemplo, deve-se inicialmente pressupor a existência de iluminação e controle de estacionamento adequados, boa visibilidade, velocidade veicular limitada a 60 km/h e ainda analisar a existência de canteiro e o perfil de idade do pedestre (SORRATINI, 2006).

Mesmo em uma estimativa preliminar é possível se perceber que as diversas características de uma travessia que influenciam na percepção de qualidade do pedestre podem se combinar em um número elevado de possibilidades. Trabalhando com apenas algumas características básicas, por exemplo, mão de direção, forma de controle do fluxo de veículos, uso do solo no entorno, adoção de moderação de tráfego, existência de ilha ou canteiro central, existência de rebaixo no meio-fio, tem-se pelo menos 64 diferentes combinações possíveis. Dada esta significativa variedade de opções, decidiu-se adotar para o teste dos métodos em análise algumas combinações mais comuns do tratamento de travessias.

O manual de projeto do Department for Transport (1995), para travessia de pedestres, lista quatro opções básicas de tratamento para travessias em nível hierarquizadas conforme o tráfego de veículos e de pedestres:

- Não tratamento;
- Sinalização horizontal;
- Semaforização;
- Moderação de Tráfego.

Além destes quatro tipos básicos de travessia em nível, é importante englobar como opção o tratamento em desnível realizado por meio da instalação de passarela ou passagem subterrânea. A instalação de travessias em desnível é normalmente recomendada para vias onde a velocidade dos veículos é elevada (vias expressas), vias com grande volume de veículos, vias muito largas, e pontos críticos de acidentes por atropelamento (DNIT, 2010).

Embora este tipo de travessia não seja objeto específico do presente estudo, a análise desta opção de tratamento deverá ser avaliada pelos especialistas como um dos critérios de escolha da metodologia padrão, uma vez que, a definição incorreta do método de tratamento pode resultar no aumento do risco de acidentes.

A opção pelo tipo de tratamento a ser adotado é por diversas vezes associada ao volume de veículos e de pedestres da via (SORRATINI, 2006). Desta forma, pode-se, indiretamente inferir que o tipo de tratamento está relacionado também à classificação viária. A classificação funcional é estabelecida de acordo com o grau de mobilidade (facilidade para deslocar-se) e acessibilidade (facilidade para conectar a origem com o destino da viagem) permitidos na via que, por sua vez, influenciam o fluxo de veículos (DNIT, 2010).

A partir da classificação viária urbana tradicional adotada pelo DNIT (2010), que divide o sistema viário urbano em vias expressas, arteriais, coletoras e locais, correlaciona-se o tipo de tratamento da travessia e a classificação viária da forma descrita na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Características geométricas da via

Classificação Viária	Tratamento para o pedestre
Vias expressas	Desnível
Vias arteriais	Desnível ou faixa zebrada
Vias coletoras	Faixa zebrada
Vias locais	Livre

Fonte: adaptado de DNIT, 2010, p. 53

Interfere na escolha da forma de tratamento também o ambiente urbano em que se insere a travessia. A criação de áreas ambientais está intimamente ligada à implantação de dispositivos moderadores de tráfego visando à redução da velocidade veicular e uma maior segurança e conforto para o pedestre (BHTRANS, 1999). Algumas destas medidas se destinam especificamente ao tratamento de travessias, tais como plataformas, platôs e avanços de calçada. A construção destes dispositivos tem sua instalação também vinculada à classificação funcional da via em conformidade com a Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Recomendação da aplicação de medidas moderadoras de tráfego

	Deflexões verticais (Plataformas e platôs)	Deflexões Horizontais (Avanços de calçada)
Arteriais	Não recomendado	Não recomendado
Coletoras primárias	Possível	Possível
Coletoras secundárias	Viável	Viável
Locais	Viável	Viável

Fonte: adaptado de BHTRANS, 1999, p. 41

A partir da análise conjunta das recomendações apresentadas sobre o tratamento adequado às travessias de pedestres e das formas mais comuns de tratamento foi elaborada a Tabela 5.3.

Tabela 5.3: Tratamento da travessia conforme classificação viária

Tratamento	Via Local	Coletora	Arterial	Expressa
Sem tratamento	Aplicável	Aplicável	Não recomendado	Não recomendado
Sinalização horizontal	Aplicável	Recomendado	Aplicável	Não recomendado
Semaforização	Incomum	Recomendado	Aplicável	Não recomendado
Moderação de tráfego	Recomendado	Aplicável	Não recomendado	Não recomendado
Travessia em desnível	-	-	Aplicável	Recomendado

Conjugando as formas de tratamento para travessias anteriormente comentadas, o tratamento viário em função do local e a classificação da via elencaram-se cinco combinações típicas de tratamento abaixo enumeradas:

- Via local de bairro com mão dupla e travessia sem tratamento para pedestres;
- Via local de área central com mão única e travessia com dispositivo de moderação de tráfego;
- Via coletora de área central com mão única e travessia com avanço de calçada e semáforo;
- Via coletora de bairro com mão dupla e travessia sem avanço ou ilha, com faixa zebra para pedestre e sem semáforo;
- Via Arterial de área central com mão dupla e travessia com avanço, canteiro central, faixa zebra para pedestres e semáforo.

Não foram incluídas na análise as vias expressas ou corredores de transporte por ser recomendada, a adoção de travessia em desnível. Da mesma forma, contemplou-se a moderação de tráfego apenas para via local, uma vez que o equipamento de moderação mais comum no município de Belo Horizonte é a plataforma de pedestres, não indicada para vias com tráfego de transporte coletivo (coletoras principais e arteriais) (BHTRANS, 1999).

Estabelecidos os cinco tipos básicos de travessia/via a serem avaliados, selecionou-se no município de Belo Horizonte as travessias abaixo enumeradas e posteriormente descritas:

1. Rua Carlos Alves junto à Av. Cel. José Dias Bicalho na Pampulha;
2. Rua Rio de Janeiro junto à Rua dos Caetés no Hipercentro;
3. Rua São Paulo junto à Rua dos Caetés no Hipercentro;
4. Av. José Dias Bicalho junto à Alameda das Acácias na Pampulha;
5. Av. Afonso Pena próximo à interseção da Rua dos Caetés com Rua Curitiba no Hipercentro.

A Figura 5.1 apresenta a localização das interseções onde as travessias analisadas se inserem no município de Belo Horizonte, enumeradas conforme a relação anterior.

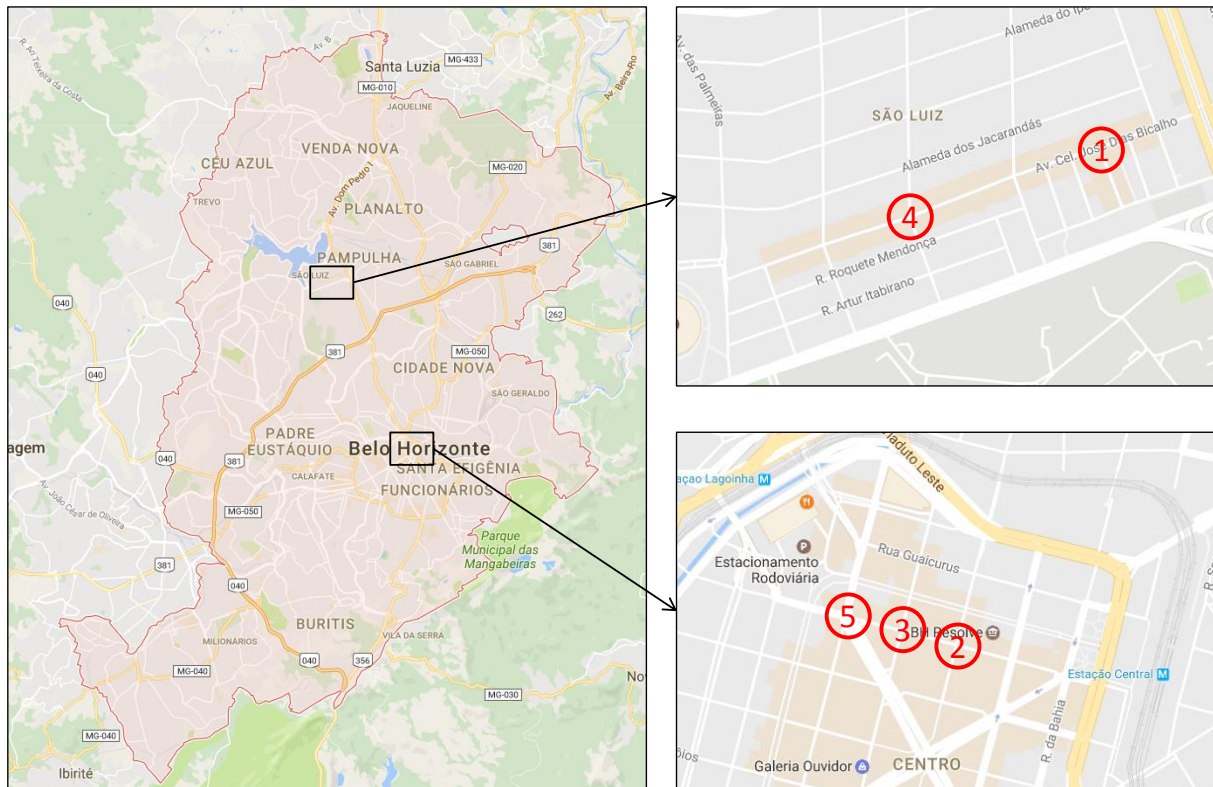


Figura 5.1: Mapa de localização das travessias analisadas
Fonte: Google Maps

5.2.2 Descrição das travessias de teste

Além das condições da travessia e de circulação da via a ser transposta, a escolha dos locais foi orientada pelo tratamento da via em que se inserem. As travessias de bairro foram escolhidas junto à Av. Cel. José Dias Bicalho apresentada na Figura 5.2. Esta avenida, localizada no bairro São José, na região da Pampulha, possui um centro de comércio local. A avenida, embora se insira em um grande centro urbano como é capital mineira, apresenta baixo adensamento populacional. As características da via permite que ela represente o centro de um bairro de periferia de grandes cidades, ou o centro de um município de pequeno porte, uma vez que apresenta pouco tráfego de passagem e de veículos pesados, com um fluxo mediano de pedestres. A velocidade na via é controlada por ondulações transversais.



Figura 5.2: Avenida Cel. José Dias Bicalho na Pampulha
Fonte: Google Streetview

Para as travessias da região central, adotou-se como referência a Rua dos Caetés, no Hipercentro de Belo Horizonte. Conforme pode ser percebido pela Figura 5.3, a Rua dos Caetés recebeu tratamento especial para o trânsito de pedestres e corresponde a um ponto de concentração de transporte coletivo, que gera um significativo fluxo de pedestres e de ônibus. Ponderando ainda que esta rua tem interseções com importantes corredores de acesso ao centro da metrópole, as suas travessias representam uma condição crítica, onde um grande número de pedestres circula exposto ao conflito com o tráfego de ônibus e automóveis.



Figura 5.3: Rua dos Caetés no Hipercentro de Belo Horizonte
Fonte: Google Streetview

Desta forma, a escolha destes dois locais e suas respectivas travessias proporcionou avaliar o desempenho dos métodos em pontos que representem situações comuns de análise, que façam parte do trabalho cotidiano dos técnicos de tráfego. Espera-se que o método seja adequado

para utilização, principalmente em pontos críticos de circulação de pedestres em grandes centros urbanos, que representem projetos especiais com grande desafio técnico; e para utilização em vias de tráfego moderado de veículos e pedestres, que representam a situação básica de projeto encontrada em áreas periféricas das grandes cidades e áreas centrais de cidades de médio e pequeno porte, para as quais normalmente se contratam e desenvolvem projetos especiais de pedestres.

Exposto isto, os parágrafos seguintes apresentam individualmente cada uma das travessias escolhidas para o teste dos métodos e as interseções em que se inserem.

Travessia 1: Rua Carlos Alves junto à Avenida Cel. José Dias Bicalho – a primeira travessia analisada corresponde ao atravessamento de uma via local de mão dupla, com baixo fluxo de veículos (da ordem de 40 veículos/hora no pico) que não apresenta tratamento específico para pedestres. Esta travessia localiza-se na aproximação com uma via coletora que abriga o fluxo do bairro e concentra o comércio local, correspondendo a uma condição comum em regiões periféricas e em pequenos centros urbanos. A Figura 5.4 apresenta a travessia analisada e a interseção em que se insere.



Figura 5.4: Travessia da Rua Carlos Alves junto à Avenida Cel. José Dias Bicalho
Fonte: Google Streetview

Travessia 2: Rua Rio de Janeiro junto à Rua dos Caetés – A segunda travessia analisada situa-se também em uma via que, embora seja oficialmente classificada como via arterial, tem caráter local, e se diferencia da primeira principalmente pelo ambiente urbano em que se insere. A Rua Rio de Janeiro está em um núcleo urbano com grande concentração de

atividades e que recebeu tratamento específico para acomodar o elevado trânsito de pedestres. Embora esteja em uma região de intenso fluxo veicular, a via apresenta baixo volume de tráfego (da ordem de 120 veículos/hora no pico) por se tratar de uma rua de mão única sem continuidade, que inibe a ocorrência de tráfego de passagem. Devido ao acentuado fluxo de pedestres a travessia recebeu tratamento específico com a instalação de uma plataforma elevada com faixa para pedestres. O atravessamento ocorre em interseção não semaforizada, junto à Rua dos Caetés, que tem como principal característica a concentração do fluxo de transporte coletivo (em parte proveniente de alteração temporária imposta pelas obras de instalação de um sistema de BRT em via paralela), com tratamento de pedestre ao longo do trecho que apresenta mão única nas duas vias, calçadas largas, grande número de comércios e pontos de ônibus que refletem um intenso fluxo de pedestres. A Figura 5.5 apresenta a travessia em análise e a interseção em que se insere.



Figura 5.5: Travessia da Rua Rio de Janeiro junto à Rua dos Caetés
Fonte: Google Streetview

Travessia 3: Rua São Paulo junto à Rua dos Caetés – A terceira travessia ocorre também junto à Rua dos Caetés, no hipercentro de Belo Horizonte, apresentando igualmente intenso fluxo de pedestres. No entanto, a travessia da Rua São Paulo se diferencia significativamente da Rua Rio de Janeiro quanto ao fluxo veicular e tipo de tratamento. A Rua São Paulo apresenta características de uma via coletora, com mão única e intenso fluxo de veículos (da ordem de 720 veíc./hora no pico), serve como acesso à Avenida Afonso Pena (principal via do centro belo-horizontino). Dado o volume de tráfego a interseção recebeu tratamento semafórico, sendo a travessia equipada com faixa de pedestre, avanço de calçada, foco e tempo específico

para a travessia de pedestres. A Figura 5.6 apresenta a interseção e a travessia que refletem uma situação de tráfego comum em grandes centros.



Figura 5.6: Travessia da Rua São Paulo junto à Rua dos Caetés
Fonte: Google Streetview

Travessia 4: Avenida Cel. José Dias Bicalho junto à Alameda das Acácias – A penúltima travessia avaliada, a exemplo da primeira, reflete o ambiente de um bairro periférico ou de um centro de pequeno porte. O local avaliado corresponde ao atravessamento da Av. Cel. José Dias Bicalho, anteriormente comentada, junto à Alameda das Acácias que, devido ao significativo fluxo de veículos conflitante com a travessia (da ordem de 850 veículos/hora) apresenta faixa de pedestre. Vale ressaltar que o único tratamento dado ao pedestre nesta interseção é a implantação da faixa, não existindo no local, avanço, ilha, plataforma ou semáforo. Esta situação de implantação representa um cenário comum em bairros e pequenos centros urbanos conforme pode ser visto na Figura 5.7.



Figura 5.7: Travessia da Av. Cel. José Dias Bicalho junto à Alameda das Acácias
Fonte: Google Streetview

Travessia 5: Avenida Afonso Pena Junto à Rua dos Caetés – Por fim, foi analisada também a travessia da Av. Afonso Pena, principal via da região central de Belo Horizonte, junto à interseção com a Rua dos Caetés, anteriormente descrita. Esta interseção caracteriza uma situação especialmente crítica para a circulação de pedestres por se tratar da travessia de uma via larga e com grande fluxo de veículos (da ordem de 4.300 veículos/hora no pico) em uma região com alto fluxo de pedestres. Esta travessia é tratada com faixa de pedestres, semáforo com foco e tempo específicos e apresenta canteiro central, correspondendo a uma situação de circulação comum em grandes centros urbanos e vias arteriais principais. A Figura 5.8 apresenta a travessia e o contexto em que se insere.



Figura 5.8: Travessia da Avenida Afonso Pena junto à Rua dos Caetés
Fonte: Google Streetview

5.2.3 Descrição dos levantamentos de campo

Para aplicação dos métodos selecionados em campo foi necessária a realização de uma série de levantamentos complementares. Inicialmente foi definida a realização de 12 pesquisas complementares distintas, a serem aplicadas nas cinco interseções de teste. A Tabela 5.4 elenca os levantamentos necessários e aponta sua relação com os métodos em análise neste trabalho que os demandam.

Tabela 5.4: Relação dos levantamentos de campo e métodos relacionados

Levantamento	Métodos relacionados
Pesquisa de opinião sobre as medidas de desempenho – modelo Araújo <i>et al.</i> (2008)	Araújo <i>et al.</i> (2008)
Pesquisa de satisfação por travessia – modelo Araújo <i>et al.</i> (2008)	Araújo <i>et al.</i> (2008)
Pesquisa de opinião sobre as medidas de desempenho – modelo Khisty (1994)	Khisty (1994)
Pesquisa de satisfação por travessia – modelo Khisty (1994)	Khisty (1994)
Tempo semafórico	HCM 2010, Nunes <i>et al.</i> (2010), e Muraleetharan <i>et al.</i> (2005);
Contagem de pedestres	HCM 2010, e Nunes <i>et al.</i> (2010);
Perfil de idade do usuário	HCM 2010
Contagem classificada de veículos	HCM 2010, Dixon (1996) (para definição do nível de serviço veicular), e Nunes <i>et al.</i> (2010)
Velocidade veicular	HCM 2010
Atraso na travessia semaforizada	Dixon (1996)
Percentual de adesão ao uso	Nunes <i>et al.</i> (2010)
Percentual de respeito ao tempo semafórico	Nunes <i>et al.</i> (2010)
Distância de visibilidade	Nunes <i>et al.</i> (2010)

Alguns destes levantamentos são aplicáveis a mais de um método e servem também a avaliação de outros modos de transporte, como a contagem classificada de veículos (CCV); outros são específicos para aplicação de um método exclusivo e válido apenas a avaliação de

travessias, como a realização de pesquisa de opinião direcionada ao uso dos métodos propostos por Araújo *et al.* (2008) e Khisty (1994).

Além dos levantamentos acima apontados, a aplicação simultânea dos métodos demanda a realização de inspeção de campo para levantamento de características físicas do local, sendo que, para os métodos propostos por Silva e Barbosa (2011) e Basile *et al.*(2010) , apenas a inspeção de campo é necessária à sua aplicação.

Devido a restrições de recursos, se adotou algumas simplificações na realização dos levantamentos complementares. As pesquisas de opinião para definição do peso relativo de cada medida de desempenho, aplicáveis aos métodos de Khisty (1994) e Araújo *et al.* (2008) foram suprimidas do teste preliminar. Para a obtenção dos resultados foram adotados os valores previamente estabelecidos pelos autores nos respectivos trabalhos de proposição. Esta medida foi tomada não apenas por simplificação, mas principalmente por refletir a situação real de aplicação dos métodos. Dada à natureza das medidas de desempenho pode-se estimar que o peso relativo de cada medida depende de características culturais e sociais da população local e não varia de uma interseção para a outra como os demais dados levantados. Corroborar esta afirmação o fato de, em seu estudo, Araújo *et al.* (2008) ter calculado para os pesos das medidas de desempenho a média das entrevistas realizadas em todas as travessias analisadas, e não um valor específico para cada. Desta forma, é natural pressupor que, no caso de se adotar um destes métodos como padrão para a avaliação das travessias, a aplicação da pesquisa sobre medidas de desempenho será necessária apenas para um primeiro levantamento, mas não para análises seguintes. Assim, o uso contínuo destes métodos dispensará a aplicação desta pesquisa devido à existência de estudos anteriores, sendo razoável, a sua revisão periódica. Desta forma, tomou-se a simplificação adotada como recomendação para replicar no teste as condições esperadas em campo após a padronização.

Outra simplificação foi empregada para a definição da velocidade de tráfego dos pedestres. Tomou-se como base a recomendação do manual HCM 2010 que propõe, para condições normais de declividade e composição do perfil de idade do pedestre, uma velocidade de 1,22 m/s para o pedestre durante a travessia.

Os valores referentes à velocidade veicular, tempo de atraso do pedestre, percentual de adesão ao uso da travessia e percentual de respeito ao tempo semaforico foram obtidos por amostragem, no horário de pico. O cálculo da amostra tomou como base os padrões

estabelecidos pelo Manual de Pesquisa de Tráfego do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006).

Para velocidade pontual do veículo e tempo de atraso investiga-se uma variável constante e uma população infinita. Para tal situação a amostra mínima é definida pela equação 5.1.

$$n = \frac{(kS)^2}{E^2} \quad (5.1)$$

Em que:

n = amostra mínima

k = coeficiente representativo do nível de confiança

S = desvio padrão da população

E = Erro admissível

Para a definição da amostra respeitou-se a recomendação e valores referenciais do próprio manual para um nível de confiabilidade de 95% ($k = 1,96$), erro admissível de 10% (2 km/h inferindo-se que a média de velocidade não deve ser inferior a 20 km/h) e desvio padrão de 7,7 km/h para via de 2 faixas e 7,9 km/h para vias de 4 faixas. Com estes valores têm-se amostras mínimas de 56,9 e 59,9 ocorrências para vias de 2 e 4 faixas, respectivamente. Adotou-se, portanto, uma amostra de 60 ocorrências. A adequação da amostra foi posteriormente aferida pelos valores encontrados.

Para o levantamento do percentual de respeito ao tempo semafórico e uso da faixa de pedestre (ou alinhamento para os pontos sem faixa) tem-se um evento discreto com população infinita. Neste caso a amostra mínima é definida segundo o manual do DNIT (2006) pela equação 5.2.

$$n = \frac{pqk^2}{E^2} \quad (5.2)$$

Em que:

N = tamanho mínimo da amostra

p = proporção de motoristas ou pedestres que obedecem a regulamentação

q = proporção de motoristas ou pedestres que não obedecem a regulamentação

k = coeficiente representativo do nível de confiança

E = erro admissível

O manual de pesquisas do DNIT (2006) destaca ainda que para este tipo de pesquisa seja presumida inicialmente uma amostra de 100 medições, que segundo Box e Oppenlander (1976, apud DNIT, 2006) são frequentemente adequadas. Este valor corresponde ainda à amostragem crítica para uma confiabilidade de 95% e erro admissível de 10%.

Os levantamentos foram realizados com o apoio de alunos do curso de graduação em engenharia civil da Universidade Federal de Minas Gerais, preferencialmente durante os horários de pico em dias típicos (excetuando-se o levantamento de velocidade pontual) sob a supervisão do autor.

Os dados levantados em campo foram tabulados com o apoio do *software EXCEL* e estão apresentados no APÊNDICE A. Os resultados foram aplicados aos respectivos métodos em análise para a avaliação do desempenho das interseções de teste. O tratamento dos dados, a aplicação dos modelos e os respectivos resultados obtidos são apresentados no item 5.2.5 desta dissertação.

A necessidade de pesquisas complementares representa um importante empecilho à aplicação dos modelos acima relacionados. No entanto, é imprescindível ponderar que alguns destes levantamentos são úteis também à definição de nível de serviço para os modos automóvel e bicicletas. Neste caso, a dificuldade imposta é atenuada pela possibilidade de reaproveitamento de dados. Tal característica é especialmente relevante no que diz respeito à contagem classificada de veículos, levantamento de tempo semafórico e velocidade veicular, relacionados diretamente ao nível de serviço de automóveis.

Ressalta-se ainda que a dificuldade de realização de cada levantamento é específica. Esta distinção fica clara ao analisar, por exemplo, a facilidade de se levantar o tempo semafórico de uma interseção, em contraste com a realização de uma pesquisa de opinião ou CCV, que demandam maior esforço de planejamento e execução.

Por estes motivos apresentados, a necessidade e a correspondente dificuldade de realização de cada tipo de levantamento complementar mostram-se como uma característica importante de cada método em análise e deve ser apresentada ao grupo técnico responsável pela definição do método padrão.

5.2.4 Relato técnico dos levantamentos de campo

Como cada levantamento tem suas peculiaridades e dificuldades que devem ser adequadamente avaliadas, este item apresenta resumidamente algumas observações sobre os levantamentos realizados. Estas observações resultam do relato dos técnicos e do autor do trabalho, a partir da experiência de aplicação das pesquisas de campo em consonância com o que preconiza a metodologia de trabalho.

5.2.4.1 Pesquisas de Satisfação

Pesquisa de satisfação – modelo Araújo *et al.* (2008): Aplicada para utilização do método proposto por Araújo *et al.* (2008), esta pesquisa apresenta significativa dificuldade de realização, pois demanda inicialmente 100 entrevistas para cada interseção, de forma similar ao realizado pela autora. Observando-se o tempo médio de 5 minutos, informado pelos pesquisadores de campo, para o preenchimento de cada formulário, cada interseção ocupa cerca de 8 horas de um pesquisador dedicado à coleta de dados, ou mais tempo em casos com baixa demanda. Ainda de acordo com o relato dos pesquisadores, esta dificuldade é ainda ressaltada pelo fato da amostra ser coletada junto aos pedestres em trânsito no local que, devido à pressa, não demonstram boa vontade em colaborar com a pesquisa. Aliado ao fato do questionário ser de difícil entendimento por parte do entrevistado, a aplicação desta pesquisa mostrou-se impraticável perante as demais.

Pesquisa de satisfação – modelo Khisty (1994): De maneira análoga à pesquisa de satisfação anterior, a realização da pesquisa de opinião para o método Khisty (1994) demanda grande esforço técnico devido ao tamanho da amostra (100 entrevistas) e pela dificuldade em se obter as respostas. Como esta dificuldade é associada, inclusive à boa vontade do usuário em parar para responder e não necessariamente à complexidade do questionário em si, obteve-se para este modelo de pesquisa desempenho similar ao anterior.

5.2.4.2 Tempo Semafórico

Levantamento simples realizado rapidamente em campo com o apoio de cronômetro ou através de dados secundários, caso estejam disponíveis. Este levantamento é útil para os modelos HCM 2010, Nunes *et al.* (2010) e Muraleetharan *et al.* (2005). Além da avaliação do nível de serviço para pedestres, a pesquisa serve também para avaliação de outros modos de transporte.

5.2.4.3 Contagem de Pedestres

Levantamento simples realizado durante o horário de pico. Demanda apenas um pesquisador, durante um período de pelo menos duas horas. Devido à especificidade do horário e dos equipamentos utilizados (contador mecânico) exige pequeno esforço de planejamento. É útil para os métodos HCM (2010) e Nunes *et al.* (2010). Os dados obtidos servem também para a definição, dimensionamento e projeto da infraestrutura de pedestres.

5.2.4.4 Perfil de idade do usuário

Dado obtido diretamente através das pesquisas de opinião. Nas travessias onde não foi realizada pesquisa de opinião o levantamento foi realizado por observação *in loco*. O levantamento por observação é simples e de execução rápida, com sua velocidade podendo variar de acordo com o volume de pedestres.

5.2.4.5 Contagem Classificada de Veículos (CCV)

Pesquisa tradicional da engenharia de tráfego, a CCV é útil para os métodos HCM 2010, Dixon (1996) (nível de serviço veicular) e Nunes *et al.* (2010). Esta pesquisa é realizada durante o horário de pico e demanda planejamento, material específico (contador mecânico) e pelo menos duas horas de coleta. O número de pesquisadores varia conforme a quantidade de movimentos permitidos no local, podendo variar de dois a seis pesquisadores por interseção. Especialmente neste caso é imprescindível observar a utilidade destes dados para a avaliação e dimensionamento de todos os modos presentes na interseção, sendo comum a existência de tal informação em banco de dados específicos devido à sua grande utilidade. Em Belo Horizonte, por exemplo, o órgão de trânsito disponibiliza uma biblioteca com grande acervo de contagens para uso da própria instituição e de técnicos interessados. Para as interseções em análise optou-se pelo levantamento direto visando melhor representar as dificuldades reais de aplicação de cada método, independente da existência de dados secundários. Por fim, ressalta-se que para o método proposto por Nunes *et al.* (2010), que demanda apenas o levantamento do fluxo conflitante com o pedestre, a pesquisa apresenta simplificação, sendo necessário apenas 1 pesquisador para o levantamento.

5.2.4.6 Velocidade veicular

Pesquisa simples realizada por apenas um pesquisador com duração que pode variar de 30 minutos a algumas horas, de acordo com o volume de tráfego. Embora o levantamento seja simples e não demande grande esforço de coleta, o planejamento é necessário planejamento para utilização de equipamento específico (radar de mão). Os dados levantados servem ao método HCM 2010 e são úteis também para o projeto viário e para definição da implantação de equipamentos de moderação de tráfego.

5.2.4.7 Caracterização do comportamento do pedestre

A pesquisa de caracterização do comportamento do pedestre realizada condensou em um único levantamento três pesquisas simultâneas, a saber.

- Atraso na travessia semaforizada;
- Percentual de adesão ao uso
- Percentual de respeito ao tempo semafórico

O levantamento foi realizado com o auxílio de um cronometro e um formulário específico (APÊNDICE B) no qual, através de observação *in loco*, foi registrado o comportamento de pelo menos 100 pedestres por travessia, aleatoriamente escolhidos, quanto ao uso da faixa e respeito ao tempo semafórico. Nas interseções semaforizadas foi registrado também o tempo de espera para a travessia, contado a partir do momento da aproximação, excluindo-se o tempo em movimento.

Nas interseções não semaforizadas o levantamento mostrou-se extremamente simples e rápido sendo, no pior caso, necessário pouco mais do que uma hora para a coleta na travessia menos movimentada. A pesquisa torna-se mais rápida em interseções mais movimentadas devido à abundância de eventos.

Para as interseções semaforizadas a pesquisa é mais demorada, proporcional ao tempo de atraso dos pedestres, devido à necessidade de acompanhá-lo durante toda a travessia. Ainda assim, no pior cenário, foi necessário apenas um pesquisador durante duas horas e vinte minutos para coletar as 100 observações necessárias.

5.2.4.8 Visita de Campo

Além das pesquisas mencionadas, foi realizado, em cada travessia, um levantamento de campo para registrar as principais características físicas e equipamentos encontrados em cada local. O cadastro foi realizado com o apoio de trena e formulário específico para registrar as seguintes características de cada travessia:

- Distância de visibilidade;
- Levantamento de características geométricas;
- Equipamentos urbanos nas travessias.

Este levantamento é rápido e de fácil realização. As características de cada travessia foram cadastradas em pouco mais de 30 minutos por um único técnico. Vale ressaltar ainda que,

devido às tecnologias de realidade aumentada disponíveis via internet, foram dispensadas visitas complementares em campo.

5.2.5 Dados levantados

Os procedimentos e *softwares* utilizados no tratamento e tabulação de dados pretendem refletir a realidade dos profissionais de tráfego no seu cotidiano e, por este motivo, se adotou métodos simplificados de tratamento utilizando planilhas eletrônicas e *softwares* amplamente conhecidos no meio técnico.

Desta forma, para todos os dados abaixo apresentados foi utilizado na tabulação e tratamento dos valores obtidos em campo o *software EXCEL*, com exceção do nível de serviço veicular obtido por meio do *software* específico HCS+, também amplamente reconhecido.

5.2.5.1 Tempo semafórico

O tempo semafórico foi medido *in loco* com a ajuda de um cronômetro no horário de pico. Os resultados levantados para as travessias semaforizadas em análise estão expressos na Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Tempos semafóricos das travessias de teste

Travessia	Tempos (s)			
	Verde	Amarelo	Vermelho	Ciclo
3 – São Paulo	50	3	67	120
5 – Afonso Pena sentido centro	69	2	49	120
5 – Afonso Pena sentido bairro	67	2	51	120

5.2.5.2 Contagem de Pedestres

A Tabela 5.6 apresenta o total de pedestres contados nas travessias somando-se ambos os sentidos, na hora de maior volume.

Tabela 5.6: Fluxo de pedestres no pico para as travessias de teste

Travessia	Hora de Pico	Pedestres no Pico
1 – Alexandre Barbosa	17:15 – 18:15	162
2 – Rio de Janeiro	17:15 – 18:15	3.191
3 – São Paulo	17:45 – 18:45	1.364
4 – Dias Bicalho	17:45 – 18:45	58
5 – Afonso Pena	17:30 – 18:30	3.381

5.2.5.3 Contagem Classificada de Veículos (CCV)

A Tabela 5.7 apresenta a hora de pico e o volume e tráfego motorizado para as interseções analisadas. Os volumes de tráfego foram obtidos em função da Unidade de Veículo Padrão (UVP) expressa em função da equação 5.3 (considerando índice de equivalência de motos igual a 0,5).

$$UVP = V_{auto} + 0,5 \times V_{moto} + 2,5 \times V_{ônibus} + 2 \times V_{caminhão} \quad (5.3)$$

Tabela 5.7: Fluxo de tráfego motorizado nas interseções de teste

Interseção da travessia	Hora de Pico	UVP no Pico
1 – Alexandre Barbosa	17:15 – 18:15	697,5
2 – Rio de Janeiro	17:30 – 18:30	856
3 – São Paulo	17:15 – 18:15	1.187
4 – Dias Bicalho	17:15 – 18:15	1.186
5 – Afonso Pena	17:30 – 18:30	4.711,5

Além do volume total na interseção é fundamental atentar para o volume máximo conflitante com o tráfego de pedestres detectado nas travessias em análise. A Tabela 5.8 apresenta estes valores em UVP e a hora em que foi obtido o fluxo máximo.

Tabela 5.8: Fluxo de Tráfego motorizado conflitante nas travessias de teste

Travessia	Hora de Pico	UVP no Pico
1 – Alexandre Barbosa	17:15 – 18:15	44,5
2 – Rio de Janeiro	17:30 – 18:30	119,5
3 – São Paulo	17:30 – 18:30	716,5
4 – Dias Bicalho	17:15 – 18:15	842
5 – Afonso Pena	17:30 – 18:30	4.309

5.2.5.4 Velocidade veicular

A média da velocidade pontual obtida na seção intermediária do quarteirão em cada aproximação onde ocorre a travessia é apresentada na Tabela 5.9.

Tabela 5.9: Velocidade média de tráfego nas travessias de teste

Travessia	Velocidade (km/h)
1 – Alexandre Barbosa	35
2 – Rio de Janeiro	35
3 – São Paulo	40
4 – Dias Bicalho	40
5 – Afonso Pena	55

5.2.5.5 Velocidade do Pedestre

Conforme anteriormente citado, devido à abundância de estudos sobre o tema optou-se, por simplificação, pela não realização desta pesquisa.

Para os estudos aqui desenvolvidos estimou-se a velocidade de 1,22 m/s, conforme sugere o manual HCM 2010.

5.2.5.6 Atraso na travessia semaforizada

O atraso médio para o atravessamento nas travessias semaforizadas obtido em campo está expresso na Tabela 5.10.

Tabela 5.10: Atraso médio para o atravessamento das travessias de teste

Travessia	Atraso médio (s)
1 – Alexandre Barbosa	não semaforizada
2 – Rio de Janeiro	não semaforizada
3 – São Paulo	43,27
4 – Dias Bicalho	não semaforizada
5 – Afonso Pena	5,65

Para a travessia da Av. Afonso Pena, realizada em dois tempos, adotou-se a soma dos atrasos nas duas fases da travessia.

5.2.5.7 Percentual de adesão ao uso da faixa

Os valores percentuais de adesão à faixa levantados em campo são apresentados na Tabela 5.11.

Tabela 5.11: Percentual de adesão à faixa nas travessias de teste

Travessia	Adesão à faixa
1 – Alexandre Barbosa	70,1%*
2 – Rio de Janeiro	78,3%
3 – São Paulo	95,9%
4 – Dias Bicalho	27,6%
5 – Afonso Pena	52,0%

(*) faixa não existente, foi observado o respeito ao alinhamento.

5.2.5.8 Percentual de respeito ao tempo semafórico

O percentual de respeito ao tempo semafórico pelos pedestres, nas interseções semaforizadas, é descrito na Tabela 5.12.

Tabela 5.12: Percentual de respeito ao tempo semafórico de pedestre nas interseções de teste

Travessia	Respeito ao semáforo
1 – Alexandre Barbosa	Ñ semaforizada
2 – Rio de Janeiro	Ñ semaforizada
3 – São Paulo	71,4%
4 – Dias Bicalho	Ñ semaforizada
5 – Afonso Pena	43,1%

Para o caso da Av. Afonso Pena, onde a travessia é realizada em dois tempos conceituou-se que o tempo semafórico foi respeitado apenas quando isto ocorreu nos dois estágios.

5.2.5.9 Distância de visibilidade

A distância de visibilidade foi levantada diretamente em campo e os resultados obtidos dispostos na Tabela 5.13.

Tabela 5.13: Distância de visibilidade nas travessias de teste

Travessia	Distância de visibilidade (m)
1 – Alexandre Barbosa	30
2 – Rio de Janeiro	50
3 – São Paulo	100
4 – Dias Bicalho	150
5 – Afonso Pena	150

5.2.5.10 Nível de serviço HCM

Além dos dados levantados diretamente em campo, o modelo proposto por Dixon (1996) utiliza o Nível de serviço motorizado como parâmetro de avaliação das travessias. Desta forma, faz-se necessário o cálculo deste valor como parâmetro complementar, devendo-se, na análise deste método, respeitar também as dificuldades advindas desta necessidade.

O cálculo dos níveis de serviço veiculares foi feito com o auxílio do *software* HCS+ específico para este fim, tendo sido obtidos os seguintes níveis de serviço para as aproximações em estudo.

Tabela 5.14: Níveis de serviço veicular HCM para as aproximações em teste

Travessia	Nível de Serviço
1 – Alexandre Barbosa	A
2 – Rio de Janeiro	F
3 – São Paulo	E
4 – Dias Bicalho	A
5 – Afonso Pena	E

5.2.6 Ponderações sobre o desempenho em campo por método

Embora os métodos sejam diferentes entre si, apresentam algumas características comuns que tendem a facilitar a comparação entre eles. Os estudos e artigos que descrevem os métodos não são claros quanto à definição de amostras, sendo necessário consultar bibliografia auxiliar para esta definição. Além disto, existe dificuldade em definir em campo a melhor forma de fazer a amostragem. Em alguns casos não fica claro se o dado pretendido deve ser obtido por sentido ou fase da travessia, o que gera dúvidas no pesquisador.

As pesquisas de opinião necessárias para aplicação dos métodos de Khisty (1994) e Araújo *et al.* (2008) apresentaram grande dificuldade, principalmente se comparadas aos demais levantamentos realizados. As dificuldades estão relacionadas à falta de interesse do usuário em contribuir para a pesquisa, e ao tempo para realiza-las tendo em vista o tamanho da amostra. Diante deste cenário e do desempenho dos demais métodos quanto aos trabalhos de campo, a validação destes métodos como opção para a padronização mostrou-se inadequada.

A aplicação do método de Dixon (1996) depende de duas pesquisas complementares: contagem classificada de veículos (para definição do nível de serviço motorizado) e atraso em interseções semaforizadas.

Salienta-se ainda que, a pontuação atribuída pelo método de Dixon (1996) ao nível de serviço motorizada é relacionada a faixas de valores em relação ao nível “D”, e não a valores específicos. O critério é valorado com dois pontos para níveis superiores ao “D”, um ponto para o nível “D”, e zero para níveis inferiores. Desta forma, pode-se conjecturar que, se o método for aplicado por um técnico com experiência em análises de tráfego e capaz de identificar visualmente o nível “D”, a contagem de tráfego pode ser substituída por uma visita em horário de pico.

Vale lembrar ainda que as análises do tráfego e circulação de pedestres podem, em muitas situações, estar associadas a uma análise geral de tráfego, em que a contagem veicular se faz necessária. Nesta situação o dado de tráfego veicular passa a servir também à análise de outros modos de transporte.

Além da CCV o método de Dixon (1996) demanda a realização de pesquisa de atraso nas interseções semaforizadas que, conforme supracitado, é de simples realização. Argumentando ainda sobre a possibilidade de adaptações teóricas provenientes dos demais métodos analisados pode-se conjecturar a possibilidade de aplicação do método sem a necessidade

deste levantamento, substituindo-o por fórmulas específicas para cálculo do atraso em travessias semaforizadas estabelecidas pelo HCM 2010.

O método de Silva e Barbosa (2011) não requer pesquisas complementares, e sua aplicação é realizada a partir da visita de campo. Recomenda-se apenas que tal visita seja feita no horário de pico para facilitar a análise de alguns critérios específicos.

Cabe ainda dizer que, embora este método não recomende explicitamente a realização de pesquisa de campo, alguns dos critérios podem ser menos suscetíveis à subjetividade ao supor a sua realização. A partir de levantamentos complementares e de formulações sugeridas pelo método HCM 2010 obtêm-se dados como volume de tráfego, velocidade dos veículos, tempo de atraso e densidade de ocupação da calçada.

O método de Basile *et al.* (2010), assim como o método anterior, pode ser aplicado sem a necessidade de levantamentos complementares. Sua aplicação requer apenas a realização da visita de campo para levantamento de alguns parâmetros geométricos e averiguação da presença de equipamentos básicos na travessia. A única ressalva feita pelo autor é que sejam realizadas duas visitas em horários diurno e noturno para melhor caracterizar os critérios relacionados à visibilidade.

Para a aplicação do método HCM 2010 é necessária a verificação de alguns dados básicos do local como a geometria da via, travessia e calçadas e o tempo semafórico. Além dos cadastros básicos de campo é necessário o levantamento do volume de pedestres, percentual de idosos na via e velocidade do pedestre, sendo que os dois últimos são correlacionados.

O método HCM 2010 não estabelece claramente como a velocidade de tráfego do pedestre deve ser mensurada em campo para interseções não semaforizadas, mas para as semaforizadas este dado é obtido indiretamente a partir do greide da via e do percentual de idosos detectados em campo.

A definição do volume de pedestres demanda pouco esforço de pesquisa, sendo necessário apenas um pesquisador durante duas horas em campo. Para travessias semaforizadas o manual recomenda que este dado seja coletado também nas travessias perpendiculares, exigindo maior planejamento e gerando mais custo. Este complemento é necessário à avaliação do espaço do pedestre e permite analisar o conforto e a adequação das dimensões da calçada ao fluxo de pedestres. No entanto, não interfere diretamente no nível de serviço que depende basicamente do atraso e do conflito com o trânsito de veículos e pode ser dispensado.

O método de Nunes *et al.* (2010) baseia-se no HCM para definição de dois parâmetros básicos (espaço disponível e nível de serviço HCM) sendo, portanto, necessária a realização das mesmas pesquisas complementares exigidas pelo método anterior. Além destas, são demandados dados sobre o percentual de uso da travessia e respeito ao tempo semafórico. Estas pesquisas são de realização simples e não exigem grande esforço. Podem ser realizadas simultaneamente por um único técnico, em um tempo relativamente curto (inversamente proporcional ao volume e pedestres).

É requerida ainda a definição do fluxo de veículos conflitante e o cadastro de campo para determinar os tempos semafóricos, características geométricas da via, disponibilidade de equipamentos específicos, condições de visibilidade e sinalização.

Quanto à contagem de tráfego é importante apontar que o método Nunes *et al.* (2010) demanda apenas o volume de veículos no local da travessia, reduzindo o esforço de planejamento e o número de pesquisadores.

O método de Muraleetharan *et al.* (2005), assim como os anteriores, baseia-se na realização de pesquisas de campo para observação das condições de fluxo dos pedestres e veículos, bem como de características geométricas e de projeto, como disponibilidade de equipamentos específicos e tempo semafórico.

Ressalta-se ainda que o método Muraleetharan *et al.* (2005) demanda o estabelecimento das interações entre pedestres e ciclistas, mas não deixa claro se refere-se às condições de tráfego estabelecidas neste conflito ou ao volume de interações. Nos locais analisados não foi detectado tráfego de ciclistas, dispensando desta forma a realização de qualquer pesquisa relacionada a este fluxo.

Para facilitar a análise e visualização das ponderações sobre o desempenho de campo foi elaborada a Tabela 5.15 com a relação de levantamentos complementares à visita de campo exigida por cada método e as principais observações sobre sua realização.

Tabela 5.15: Ponderações sobre as pesquisas complementares

Método	Pesquisas Complementares	Observações
Araújo <i>et al.</i> (2008)	Pesquisa de satisfação – modelo Araújo <i>et al.</i> (2008).	Pesquisa significativamente dispendiosa em relação à demanda dos demais métodos.
Khisty (1994)	Pesquisa de satisfação – modelo Khisty (1994).	Pesquisa significativamente dispendiosa em relação à demanda dos demais métodos.
HCM 2010	Tempo semafórico; contagem de pedestres; perfil de idade do pedestre, contagem veicular na travessia; velocidade veicular; velocidade do pedestre.	Demanda significativo número de levantamentos complementares, mas todos de execução simples.
Dixon (1996)	Contagem veicular completa; atraso na travessia semaforizada.	Demanda CCV completa para definição do nível de serviço veicular. Pesquisa de atraso de execução simples e rápida.
Silva e Barbosa (2011)	Desnecessário.	Independe de levantamentos complementares.
Basile <i>et al.</i> (2010)	Desnecessário.	Independe de levantamentos complementares.
Nunes <i>et al.</i> (2010)	Contagem veicular na travessia, contagem de pedestres, percentual de adesão ao uso, distância de visibilidade, tempo semafórico.	Demanda parte dos levantamentos do HCM 2010 acrescido de três outras pesquisas específicas e de execução simples.

A exigência de levantamentos complementares é diretamente impactante na percepção de qualidade do método, intervindo nos custos de aplicação, aplicabilidade e robustez da análise. Por este motivo a relação acima foi tomada como critério específico de avaliação junto ao grupo de especialistas e a listagem apresentada aos profissionais no momento da consulta.

5.2.7 Seleção dos métodos após os trabalhos de campo

Os métodos de Khisty (1994) e Araújo *et al.* (2008) foram dispensados da consulta para a padronização pela dificuldade encontrada em campo para se obter a amostra necessária à sua aplicação. O esforço de pesquisa para a aplicação destes métodos se mostrou desproporcional ao despendido nos demais métodos em avaliação. Este fato é ainda agravado pelo resultado obtido por estes métodos refletir apenas as características qualitativas da travessia, sendo

necessária a aplicação de métodos quantitativos complementares, como o HCM segundo o próprio autor do estudo original, para a completa avaliação da travessia.

Para o método proposto por Araújo *et al.* (2008) deve-se ponderar ainda que contempla apenas a análise de interseções semaforizadas.

Corroborando esta dificuldade a conclusão obtida por Aguiar (2003) que, apesar de recomendar o método de Khisty (1994) para rotas como o mais completo, enfatiza que o mesmo demonstra grande dificuldade de aplicação.

Então, serão submetidos à avaliação do desempenho prático os seguintes métodos:

- Dixon (1996);
- Silva e Barbosa (2011);
- Basile *et al.* (2010);
- HCM (2010);
- Nunes *et al.* (2010);
- Muraleetharan *et al.* (2005).

A avaliação prática, realizada com base na análise dos procedimentos de cálculo e resultados obtidos por cada método, é apresentada no item seguinte deste estudo.

5.3 Aplicação dos métodos

De posse dos dados obtidos nas pesquisas de campo procedeu-se à avaliação das travessias de teste utilizando-se os seis métodos selecionados para determinação do nível de serviço nas cinco travessias de teste. A aplicação prática dos métodos tem por objetivo permitir a avaliação da facilidade de cálculo e aplicação dos métodos, bem como elucidar a capacidade de cada método como ferramenta de apoio ao desenvolvimento de projetos e intervenções nas travessias analisadas. Entende-se que, ao adotar um método de avaliação de travessia, o profissional de engenharia pretende não apenas ilustrar as condições de circulação para o pedestre, mas principalmente intervir no local para aperfeiçoamento da situação de caminhada. Neste contexto, os dados e valores gerados pelo uso dos métodos devem ser, além de coerentes, capazes de instruir o técnico na concepção do projeto de tratamento viário.

Os itens seguintes demonstram a aplicação dos métodos em estudo e comentam os resultados e valores obtidos.

5.3.1 Aplicação do método de Dixon (1996)

Dentre os métodos selecionados para análise prática, apenas o proposto por Dixon (1996) não separa a avaliação de travessias em relação à calçada e ao restante da rota. Neste ponto, é importante destacar a adaptação da metodologia para sua aplicação em travessias.

A tabela de pontuação adotada neste estudo provê da simplificação da Tabela 3.6 anteriormente apresentada, na qual foram mostrados especificamente os itens que se referem à travessia de pedestre e preservada a pontuação definida pelo estudo original. A Tabela 5.16 traz o quadro de critérios proposto por Dixon (1996) adaptado para a travessia de pedestre da forma como utilizado na análise.

Tabela 5.16: Tabela de atribuição de pontos de Dixon (1996) simplificada para travessias

Categoria	Critério	Pontuação
Conflitos (valor Máximo = 3)	Não semaforizada ou sinal de pedestre com atraso de 40 seg. ou menos	0,5
	Implantação de redutor de conflitos na conversão ou plataforma	0,5
	Distância de travessia de 18,3m ou menos	0,5
	Velocidade regulamentada inferior a 56 km/h	0,5
	Ilha de travessia ou canteiro	1
Nível de serviço motorizado (valor máximo = 2)	NS = E, F ou mais de 6 faixas	0
	NS = D e menos de 6 faixas	1
	NS = A, B, C e menos de 6 faixas	2
Manutenção (valor máximo = 2)	Defeitos frequentes e graves	-1
	Defeitos pouco frequentes e pequenos ou sem equipamento de acessibilidade	0
	Sem Defeitos	2

Fonte: adaptada de Dixon (1996)

Para emprego do método especificamente na travessia, além da seleção dos critérios, foi preciso rever o quadro de correlação entre a pontuação total e o nível de serviço determinado pela autora. Tomando apenas os critérios válidos para a travessia, a pontuação máxima possível passa de 21 para 7. Preservando a proporção entre a pontuação e o nível de serviço, conforme proposto pela autora, tem-se que este deverá ser definido conforme a Tabela 5.17.

Tabela 5.17: Nível de serviço conforme pontuação proposta por Dixon (1996) simplificada para travessia

Pontuação	Nível de Serviço
7 a 5,7	A
Entre 5,7 e 4,7	B
Entre 4,7 e 3,7	C
Entre 3,7 e 2,3	D
Entre 2,3 e 1,0	E
Inferior a 1,0	F

Fonte: Adaptado de Dixon (1996)

Desta forma, o método proposto por Dixon (1996) adaptado foi aplicado às travessias de teste, com o auxílio do *software EXCEL* resultando nas pontuações e Níveis de serviço mostrados na Tabela 5.18.

Tabela 5.18: Avaliação das travessias de teste conforme Dixon (1996) adaptado

Travessia	Conflito	NS Motorizado	Manutenção	Total	NS
1 – Alexandre Barbosa	1,5	2,0	-1,0	2,5	D
2 – Rio de Janeiro	2,0	2,0	2,0	6,0	A
3 – São Paulo	1,5	1,0	2,0	4,5	C
4 – Dias Bicalho	1,5	2,0	0	3,5	D
5 – Afonso Pena	1,5	1,0	2,0	4,5	C

O fato de o método ter sido desenvolvido para análise de trechos e rotas de pedestres torna complexo o entendimento de algumas variáveis em nível local, nomeadamente no critério de conflitos. Esta característica atrapalha especialmente a análise de interseções não semaforizadas.

O método avalia ainda a implantação de faixas como obrigatória, o que não condiz com a situação normal de projeto, principalmente em vias de baixo fluxo como da travessia 1. No que diz respeito à existência de equipamentos de moderação de tráfego, o método falha por não observar e atribuir pontos à presença de ilhas, canteiros e semáforos de pedestres, mas não à existência de plataformas, por exemplo.

Este método se destaca pela facilidade de uso. O preenchimento do formulário mostra-se rápido e, com o uso de planilhas eletrônicas, o resultado é obtido praticamente instantaneamente. O detalhamento dos resultados por critério facilita a sua interpretação e a proposição de correções assim como, a facilidade de preenchimento permite a simulação de intervenções.

O modelo não está sujeito à subjetividade e, conforme anteriormente salientado, não necessita de pesquisas complementares complexas.

5.3.2 Aplicação do método de Silva e Barbosa (2011)

Como o método proposto por Silva e Barbosa (2011) avalia a travessia de forma separada da calçada, a adaptação necessária restringe-se à adoção do formulário de travessia proposto pelo autor isoladamente para definição do nível de serviço, sem a necessidade de maiores adaptações.

Destaca-se como um dos métodos de maior aplicabilidade dentre os levantados. O preenchimento do formulário é simples e rápido e, com o apoio de uma planilha eletrônica, é possível obter o resultado imediatamente após a visita técnica e realizar simulações de intervenção.

Os resultados obtidos para cada travessia conforme Silva e Barbosa (2011) estão expressos na Tabela 5.19.

Tabela 5.19: Avaliação das travessias de teste conforme Silva e Barbosa (2011)

Travessia	Segurança	Manutenção	Conforto	Total	NS
1 – Alexandre Barbosa	3	2	4	3,0	D
2 – Rio de Janeiro	4	4	5	4,3	B
3 – São Paulo	3,75	4,75	5	4,4	B
4 – Dias Bicalho	2,25	2	4	2,7	D
5 – Afonso Pena	2,75	4,75	0,5	2,7	D

No entanto, a praticidade do modelo se reflete em relevante deficiência quanto à subjetividade. Alguns dos critérios adotados (tempo de atraso, velocidade e volume de tráfego, área de espera) poderiam ser mais bem avaliados utilizando metodologias e cálculos mais complexos. O uso destas formulações, embora demandasse pesquisas complementares e reduzisse a sua praticidade, refletiria também na redução da subjetividade encontrada.

Outra deficiência detectada durante o uso do método refere-se à forma de tratamento dada à travessia. Locais onde a semaforização é desnecessária são penalizados e, locais onde existem equipamentos de moderação de tráfego não são devidamente pontuados. Esta condição é natural ao observar o grau de maturidade do método, que não é posto pelo autor como uma metodologia em si, mas como uma proposta metodológica ainda a ser aprimorada.

Há de se destacar ainda que, mesmo não sendo um método plenamente desenvolvido, os resultados obtidos são coerentes com a realidade detectada em campo e com os valores alcançados pelos demais métodos.

5.3.3 Aplicação do método de Basile *et al.* (2010)

Os resultados da aplicação de Basile *et al.* (2010) nas travessias de teste foram dispostos na Tabela 5.20.

Tabela 5.20: Avaliação das travessias de teste conforme Basile *et al.* (2010)

Travessia	Projeto Espacial e Temporal	Visibilidade Diurna	Visibilidade Noturna	Acessibilidade Universal	Total	NS
1 – Alexandre Barbosa	0,75	0,52	0,48	0,45	0,53	Suficiente
2 – Rio de Janeiro	0,66	0,13	0,17	0,26	0,27	Bom
3 – São Paulo	0,39	0,27	0,25	0,20	0,27	Bom
4 – Dias Bicalho	0,75	0,26	0,26	0,45	0,38	Bom
5 – Afonso Pena	0,34	0,32	0,14	0,20	0,23	Bom

O método é muito prático e de aplicação simples e rápida. Com o auxílio de planilhas eletrônicas o resultado é obtido instantaneamente após o preenchimento do formulário sem a necessidade de cálculos adicionais.

Alguns dos critérios são sujeitos à subjetividade (classificados como muito bom, bom etc.). Em alguns casos surgem dúvidas no preenchimento, principalmente nos critérios de pontos de conflito, que não apresenta como deve ser calculado; e nos critérios de sinalização, pois não há referência se a sinalização é para motoristas ou pedestres.

Outra deficiência a se ajuizar é a punição à inexistência de ilhas mesmo quando não são necessárias, de forma similar ao que ocorre em outros métodos. Ademais, o impacto de equipamentos de moderação de tráfego não é devidamente apreciado.

Embora apresente uma classificação geral, o método não se refere diretamente a níveis de serviço como os demais.

Os resultados podem ser analisados individualmente por critério, e isto facilita a compreensão de quais intervenções são necessárias para aumentar a qualidade da travessia. Como as entradas são diretas e os cálculos instantâneos permite inclusive a simulação de intervenções.

5.3.4 Aplicação do método HCM 2010

Os resultados obtidos pelo método HCM 2010 a partir de sua aplicação foram dispostos na Tabela 5.21.

Tabela 5.21: Avaliação das travessias de teste conforme HCM 2010

Travessia	Atraso (s)	Espaço na calçada	Espaço na travessia	Escore do NS - Ip*	NS
1 – Alexandre Barbosa	0,19	-	-	-	A
2 – Rio de Janeiro	0,12	-	-	-	A
3 – São Paulo	17,60	20,3	50,5	2,10	B
4 – Dias Bicalho	27,06	-	-	-	D
5 – Afonso Pena	37,4	1,16	16,9	2,72	B

(*) o Escore do Nível de serviço (Ip) é calculado conforme formulação sugerida pelo método apenas para travessias semaforizadas

A análise dos dados e a aplicação do método proposto pelo HCM 2010 se mostraram de grande dificuldade, especialmente pelas fórmulas e procedimentos de análise variarem significativamente de acordo com o tipo de interseção.

Embora o modelo de cálculo seja complexo, esta aplicação pode ser significativamente facilitada pelo uso do *software* HCS+, especialmente desenvolvido para este fim, ou pelo uso de planilhas eletrônicas.

A complexidade de cálculo se repercute ainda na disponibilidade de dados detalhados, o que permite a completa compreensão das condições de projeto e facilita a simulação de intervenções. Vale ressaltar que o método compreende apenas a análise quantitativa da travessia e não permite a análise de parâmetros como segurança, atratividade ou conveniência, particularmente para travessias não semaforizadas nas quais o único parâmetro de análise é o atraso do pedestre.

Para interseções semaforizadas o método permite além do nível de serviço associado ao atraso, a análise de parâmetros geométricos e de disponibilidade de espaço na travessia e calçada.

Durante a aplicação nas interseções de teste foram detectadas algumas dificuldades de análise, sobretudo em projetos atípicos como a travessia da Av. Afonso Pena onde a faixa de travessia é instalada após a conversão à esquerda e não há sincronismos nos tempos semaforicos para o pedestre. Neste caso, o nível de serviço foi estabelecido calculando-se o dobro do atraso obtido. Da mesma forma, o procedimento para a análise do espaço disponível no canteiro central não está claramente definido no Manual.

5.3.5 Aplicação do método de Nunes *et al.* (2010)

Os resultados obtidos pelo método de Nunes *et al.* (2010) a partir de sua aplicação foram dispostos na Tabela 5.22, ressalta-se que, apenas para este método não é previsto pela metodologia um resultado geral para a travessia.

Tabela 5.22: Avaliação das travessias de teste conforme Nunes *et al.* (2010)

Travessia	Segurança	Comodidade	Atratividade	Rapidez	Coerência
1 – Alexandre Barbosa	2,3	2,4	2,4	2,6	2,5
2 – Rio de Janeiro	3,7	3,4	3,2	3,0	3,2
3 – São Paulo	3,6	3,5	3,6	3,3	3,3
4 – Dias Bicalho	3,3	2,1	2,0	2,2	2,9
5 – Afonso Pena	2,5	1,6	1,5	1,4	2,4

O método proposto por Nunes *et al.* (2010) destaca-se entre os demais pela abrangência e detalhamento da análise realizada. Este método é o que demonstra maior dificuldade de cálculo que, conforme os demais, pode ser simplificado pelo uso de planilhas eletrônicas.

Destaca-se ainda que este se baseia, dentre outros, no método HCM 2000 para definição de parâmetros como atraso e espaço, trazendo para si a dificuldade de aplicação deste método, bem como sua precisão e nível de detalhamento. No entanto, em casos específicos, pode ser dispensável esta associação devido à existência de critérios paralelos, por exemplo, o critério de espaço que, para larguras menores que três metros têm a sua pontuação independente do nível de serviço do HCM. Ou seja, uma pré-avaliação com o método no local, antes dos trabalhos de levantamento de dados, pode, em determinadas situações, ser um simplificador, permitindo a supressão de pesquisas complementares.

É importante também destacar que este método é extremamente abrangente, sendo capaz de avaliar inclusive travessias desniveladas e a adequação da tipologia de tratamento adotada. Os resultados obtidos são detalhados e, embora não forneçam um nível de serviço final, permitem o completo entendimento das qualidades e deficiências de cada travessia, permitindo a simulação de intervenções para definição de projeto e adequações.

Nos testes realizados foi possível perceber alguma dificuldade em analisar travessias não formalizadas, principalmente nos critérios de tipologia, usabilidade e espaço disponível.

A análise da distância de parada tem caráter rodoviário e não preza diretamente a existência de semáforos ou plataforma como equipamentos de segurança e redutores de velocidade.

Embora tenha um critério específico para análise de equipamentos extras a metodologia não é clara quanto à sua forma de utilização que acaba por não impactar no resultado final.

Por fim, ressalta-se que o método precisa ser adaptado às normas brasileiras para sua aplicação local, principalmente no que se refere aos itens de acessibilidade e sinalização.

5.3.6 Aplicação do método de Muraleetharan *et al.* (2005)

Os resultados obtidos pelo método Muraleetharan *et al.* (2005) a partir de sua aplicação foram dispostos na Tabela 5.23. Diferente da maioria dos métodos analisados, este apresenta um escore geral da travessia, sem associá-lo a uma escala de nível de serviço.

Tabela 5.23: Avaliação das travessias de teste conforme Muraleetharan *et al.* (2005)

Travessia	Escore
1 – Alexandre Barbosa	6,3
2 – Rio de Janeiro	9,4
3 – São Paulo	9,2
4 – Dias Bicalho	6,5
5 – Afonso Pena	8,6

O método proposto por Muraleetharan *et al.* (2005) é de aplicação simples e rápida, sendo excelente para análises menos aprofundadas ou ao longo de corredores. O uso de planilhas eletrônicas torna a sua aplicação ainda mais fácil com resultados quase instantâneos ao levantamento.

O método é sujeito à subjetividade, principalmente na avaliação dos parâmetros de espaço e equipamentos. Esta subjetividade pode ser menos influente se adotar o uso de indicadores diretos parametrizados. Neste caso seria necessária a realização de pesquisas complementares de contagem de pedestres e bicicletas.

O uso do critério de conversão tornou-se confuso, principalmente por falta de instruções sobre a forma de se proceder a análise. O mesmo pode ser dito para o critério de interferência entre pedestres e ciclistas.

Embora ampla, a análise de equipamentos pode, com base em outros métodos, se tornar mais criteriosa e bem orientada para reduzir a subjetividade.

O pouco detalhamento da análise reflete-se em uma maior dificuldade de compreender os resultados obtidos e em uma conseqüente dificuldade de definir intervenções. O método tem

como saída apenas uma nota geral, que não está diretamente relacionada a um nível de serviço.

5.3.7 Resumo dos resultados

A Tabela 5.24 apresenta o resumo dos resultados obtidos em cada travessia por cada um dos métodos analisados.

Tabela 5.24: Avaliação das travessias de teste por método analisado

Travessia	Dixon (1996) adaptado	Silva e Barbosa (2011)	Basile et al. (2010)	HCM 2010	Nunes et al. (2010)*	Muraletaran (2005)
1 – Alexandre Barbosa	D	D	Suficiente	A**	2,44	6,3
2 – Rio de Janeiro	A	B	Bom	A	3,3	9,4
3 – São Paulo	C**	B	Bom	B	3,46	9,2
4 – Dias Bicalho	D	D	Bom**	D	2,5	6,5
5 – Afonso Pena	C	D	Bom	B	1,88**	8,6

(*) média das notas obtidas em cada critério em uma escala de 0 a 5

(**) resultados destoantes

Conforme é possível observar na tabela anterior, os resultados obtidos pelos diferentes métodos de análise são, em sua maioria, coerentes entre si. As travessias da Rua Alexandre Barbosa (1) e da Av. Cel. José Dias Bicalho (4) tem desempenho de Regular a Ruim, com exceção da avaliação do HCM 2010 para a travessia 1 que, pela característica específica deste método, tem seu nível de serviço estabelecido com base apenas no atraso ao pedestre e ignora o tratamento viário insatisfatório dispensado à travessia.

A avaliação da travessia da Av. Afonso Pena (5) se divide em desempenho regular e fraco para três dos métodos e bom para outros três. Em especial destaca-se o resultado obtido pelo método de Nunes *et al.* (2010) que a penaliza significativamente em função do arranjo de travessia em fases, que prejudica a sua rapidez, comodidade e atratividade.

As travessias das Ruas Rio de Janeiro e São Paulo, ambas junto ao corredor tratado da Rua dos Caetés, tem desempenho de Bom a Ótimo, com exceção apenas para a Rua São Paulo pelo método de Dixon (1996) adaptado, em função do elevado fluxo de veículos e conseqüente conflito.

5.3.8 Análise dos resultados obtidos

Analisando-se os resultados obtidos por cada um dos métodos em comparação com os demais e a coerência entre eles é possível conjecturar sobre a adequação dos resultados alcançados por cada uma das propostas estudadas.

O método adaptado da proposta de Dixon (1996) mostrou-se capaz de capturar a qualidade da travessia de forma coerente com as demais na maioria das áreas analisadas. A exceção acontece na travessia da Rua São Paulo onde o elevado fluxo de veículos penaliza a pontuação geral, mesmo que este seja controlado adequadamente pelo semáforo.

O método proposto por Silva e Barbosa (2011) apresentou resultado inesperado, sendo coeso em todas as travessias mesmo se tratando de uma proposição metodológica não consolidada.

O método de Basile *et al.* (2010), embora se refira especificamente às condições de segurança da travessia, destoa dos demais apenas na interseção da avenida Coronel José Dias Bicalho, que não apresenta equipamentos de proteção ao pedestre. Esta condição pode ser parcialmente explicada pela importância que os critérios relacionados à segurança apresentam para a maioria dos autores.

Os resultados obtidos pelo método HCM 2010 se desvia da análise geral destacadamente para a travessia da Rua Alexandre Barbosa. Como este método analisa apenas questões quantitativas relacionadas ao fluxo e atraso, não foi capaz de detectar as deficiências capturadas neste ponto pelos demais. O baixo conflito entre veículos e pedestres e o atraso praticamente inexistente na travessia incorreu em uma pontuação excelente para o local pelo HCM 2010, em contraposição às demais metodologias que a julgaram de forma regular ou ruim devido, principalmente, às condições físicas negligentes.

O método de Nunes *et al.* (2010) foi congruente com os demais em todas as travessias, se destacando apenas na travessia da Avenida Afonso Pena que foi rigidamente penalizada pelo seu arranjo complexo. Vale salientar, no entanto, que pela análise comparativa dos resultados obtidos para esta travessia não é possível se obter uma conclusão sólida.

Por fim, o método de Muraleetharan *et al.* (2005), assim com o método proposto por Silva e Barbosa (2011), apontou conclusões harmoniosas com as demais metodologias em todas as travessias testadas.

Via de regra, os resultados pela aplicação dos métodos são próximos. Corroborando esta similaridade a definição de níveis de serviço, que permite extrapolar o entendimento dos valores absolutos para o conceito de faixas de qualidade. A maior parte dos métodos se ancora diretamente no conceito herdado da análise veicular e consagrado pelo manual HCM com seis níveis de atendimento, o que favorece ainda mais a formação desta congruência, gerando um consenso geral e intrínseco a respeito da qualidade de cada travessia.

Outro fator que pode explicar parcialmente esta concordância é o fato do desenvolvimento de cada método ser fortemente baseado em propostas anteriores. Este sequenciamento de propostas gera uma tendência na análise, fazendo com que cada novo método avalie as mesmas características estudadas pelos antecessores, concentrando as suas sugestões no acréscimo de itens para avaliação, ou na proposição de novas formas de avaliar os mesmos aspectos da travessia. Destoam desta tendência apenas os métodos de Basile *et al.* (2010) e o HCM 2010 que se atém a análise de critérios específicos do atravessamento, respectivamente a segurança e o fluxo de pedestres. Ainda assim, estes métodos priorizam atributos de grande importância no julgamento da qualidade de uma travessia e que correspondem a critérios de peso e com grande influência na nota final.

Esta coerência entre os resultados denota que todos os métodos são relativamente equivalentes na sua capacidade de compreender e avaliar a qualidade da travessia e, portanto, este parâmetro, por mais significativo que seja, não serve para diferenciá-los, ficando a análise e definição do método padrão vinculada à avaliação do método em si, e não do resultado. Ressalta-se ainda que, independente desta condição de similaridade dos resultados, a proposição de um método padrão busca o seu aperfeiçoamento que, conseqüentemente, refletirá em uma melhor capacidade de avaliação.

5.4 Análise geral dos métodos

Finda a etapa de aplicação prática dos métodos em estudo foi concebida uma primeira avaliação geral deles, conclusiva sobre as perspectivas teórica e prática. Dentre os nove métodos inicialmente levantados para a avaliação das travessias de pedestre, seis mostraram melhor desempenho teórico e prático na aplicação direta em travessias.

Conforme anteriormente comentado, o método proposto por Sarkar (1996), embora denote grande aplicabilidade, não oferece parâmetros suficientes para a análise específica em travessias. Isto se deve ao fato de ter sido desenvolvido para aplicação em rotas, apresentando a deferência à travessia como uma vantagem em relação a outros métodos do gênero, mas não o suficiente para aplicação localizada.

A proposta de Khisty (1994), embora suficientemente aplicável à travessia, mostra pouca aplicabilidade se comparado ao desempenho dos demais métodos avaliados, e carece de análises quantitativas. Da mesma forma, o método proposto por Araújo *et al.* (2008), desenvolvido com base em Khisty (1994) especificamente para travessias semaforizadas,

demonstra as mesmas deficiências que seu antecessor, agravado ainda pela especificidade de ser aplicável apenas a um tipo de travessia.

O desempenho geral dos demais métodos após as análises teórica e prática é apresentada individualmente e de forma sucinta nos itens seguintes.

5.4.1 Análise geral do Método HCM 2010

Método altamente consolidado, sendo este o mais amplamente conhecido em meios técnicos, servindo de base inclusive para o desenvolvimento de outros. O método é compatível com a análise de rota e, portanto, compatível com análises locais e mais amplas.

Sua aplicação é complexa e envolve o levantamento de dados complementares e pesquisas de contagem de veículos e pedestres. O tratamento de dados é intrincado e exige o uso de várias fórmulas, com significativa alteração conforme o tipo de travessia, mas pode ser simplificado com a aplicação de software específico existente.

Devido à grande variedade de dados e análises necessárias à sua aplicação, o método fornece uma visão abrangente quanto aos diversos aspectos quantitativos da travessia e bom entendimento de suas deficiências, muito embora, o trabalho de extração destas conclusões demande esforço técnico.

Os resultados obtidos são coerentes com os demais métodos, mas é relevante destacar que se atêm a análise de características geométricas e de fluxo, diferente dos demais que oferecem também uma perspectiva qualitativa da travessia. Esta deficiência é apontada inclusive pelos responsáveis por sua elaboração que salientam a necessidade de análises complementares para a percepção de aspectos ambientais e qualitativos. Tais análises são especialmente relevantes para a avaliação de modos não motorizados, em que o usuário está exposto ao meio em que se insere e não protegido pelo veículo como nos modos motorizados.

5.4.2 Análise geral do método Dixon (1996)

O método baseia-se em observações de campo e no levantamento de características específicas da travessia – como atraso e condições de segurança – para o preenchimento de uma tabela. A tabela fornece condições para a definição de uma pontuação global, que serve de base para a definição do nível de serviço.

O método Dixon (1996) foi extraído de uma metodologia de avaliação de rota e consolidado pelo uso junto a comitês técnicos, mas sua aplicação específica em travessias carece ainda de validação. Como é proveniente de um método de rota, mostra potencial para uso pontual ou ao longo de um caminho.

Sua aplicação é simples, demandando como levantamentos complementares a determinação do atraso em travessias semaforizadas e do nível de serviço veicular (que depende da contagem veicular em todos os movimentos da interseção). Permite a avaliação qualitativa e quantitativa a partir de parâmetros pré-estabelecidos e, portanto, não está sujeito à subjetividade.

Os resultados obtidos são de fácil interpretação e permitem facilmente a definição das intervenções necessárias. Segundo o estudo que originou o método, os resultados são coerentes com a opinião do usuário.

5.4.3 Análise Geral do método Silva e Barbosa (2011)

Método de aplicação extremamente simples, se baseia na realização de uma visita *in loco* onde são levantados e registrados, em planilha específica, a existência e condições dos principais equipamentos e características da travessia. A partir deste levantamento e de cálculos simples é definido um nível de serviço para a travessia.

O método de Silva e Barbosa (2011) foi extraído de outro desenvolvido para rota, que inclui uma segunda planilha para análise da calçada. Embora seja plenamente compatível com a análise de rota e calçada sem a necessidade de adaptação o método, como um todo, trata-se de uma proposta metodológica e carece de consolidação para que seja considerado um método aplicável.

Esta metodologia destaca-se pela sua grande aplicabilidade, não demanda levantamentos complementares e está parcialmente sujeito à subjetividade, podendo ser aplicado rapidamente, mesmo por técnicos com menos experiência, e sem grandes custos. A subjetividade do método pode ainda ser reduzida ao considerar, em uma futura consolidação e aprofundamento do estudo, o uso de parâmetros e fórmulas apresentadas em outros métodos avaliados.

Os resultados são bem detalhados, o que facilita a sua interpretação e a definição de intervenções. Conforme os resultados obtidos pelos demais métodos, os níveis de serviço definidos são coerentes com a realidade em campo.

5.4.4 Análise Geral do método Basile *et al.* (2010)

Método específico para avaliação das condições de segurança na travessia. Busca, a partir de uma análise em três níveis, estabelecer um nível de serviço de segurança para travessia. O primeiro nível se refere às condições gerais da travessia; o segundo apresenta a caracterização em macro critérios; e o último, no qual se baseiam os demais níveis, avalia individualmente cada critério.

O nível mínimo é avaliado a partir de tabelas de referência utilizadas para caracterizar se as condições e equipamentos encontrados em campo correspondem a condições adequadas. Estes critérios são agrupados, conforme a pertinência, em macro critérios e, estimando a importância de cada micro critério, se define uma nota para cada critério de segundo nível. De forma similar, proporcionalmente ao peso e importância de cada macro critério, é definida uma nota final e um nível de serviço.

A metodologia foi consolidada pelo uso em 17 cidades europeias mostrando-se eficiente na definição da intervenção e no entendimento do problema. O método foi desenvolvido especificamente para análise das condições de segurança na travessia, não sendo pertinente para demais critérios (fluxo, qualidade ambiental, etc.) ou compatível com análises de rota.

O método é de fácil aplicação e dispensa a realização de pesquisas complementares. Alguns dos critérios estão sujeitos à subjetividade. Os resultados são detalhados e facilitam o bom entendimento das condições da travessia e a proposição de intervenções. Os valores obtidos são também coerentes com o resultado obtido pelos demais métodos mesmo não avaliando as condições gerais da travessia.

5.4.5 Análise geral do método Nunes *et al.* (2010)

A exemplo de outras metodologias, o método de Nunes *et al.* (2010) baseia a sua análise na avaliação de cinco parâmetros básicos: segurança, atratividade, rapidez, comodidade e coerência. Para qualificar estes critérios o autor propõe a avaliação de 10 indicadores básicos que podem ser diretamente medidos na interseção sem, no entanto, estabelecer um nível de serviço geral.

Este método se destaca pela sua objetividade e abrangência, pois conforme anteriormente citado, os indicadores são levantados diretamente em campo e não estão sujeitos à subjetividade. Além disto, é aplicável a qualquer tipo de travessia, inclusive em desnível, e oferece, dentre os métodos ora avaliados, a análise mais ampla e detalhada.

O método foi consolidado pelo autor e tem uma aplicabilidade relativamente baixa, devido ao grande número de pesquisas complementares necessárias para utilização, a saber: contagem veicular, contagem de pedestres, percentual de adesão ao uso, distância de visibilidade, tempo semafórico. Embora em grande número, nenhum destes levantamentos é de difícil execução.

Além das pesquisas complementares, afeta a aplicabilidade do método uma considerável quantidade de cálculos que é facilitada por uma planilha específica desenvolvida pelo autor. Esta complexidade é ainda agravada pelo fato do método basear parte da análise em características quantitativas avaliadas conforme o manual HCM.

Como o método foi especificamente desenvolvido para travessias, não está diretamente associado a um método de rota ou calçada e, diferente dos demais, não fornece uma nota final ou nível de serviço global.

A dificuldade de cálculo é proporcional à qualidade da informação fornecida, sendo capaz de avaliar os mais diversos aspectos da travessia. Os resultados obtidos são detalhados e, como se baseia em análises e medições diretas, facilitam a definição de intervenções.

Segundo os resultados obtidos pelos demais métodos avaliados o resultado é satisfatório também quanto à capacidade de refletir as condições de campo.

5.4.6 Análise Geral do método Muraleetharan *et al.* (2005)

O método de Muraleetharan *et al.* (2005) se baseia na utilização de uma planilha de campo para estabelecer o nível de atendimento quanto ao espaço nas laterais, equipamentos para travessia, movimentos de veículos, atraso nos semáforos, interação com fluxo de pedestres e ciclistas. As três primeiras características são classificadas em três níveis de atendimento e associadas às demais através de uma fórmula específica, desenvolvida com base na opinião dos pedestres, para definir o nível de serviço da travessia.

Embora o método avalie parâmetros quantitativos da travessia, foi calibrado a partir da opinião do usuário e permite a avaliação de parâmetros qualitativos como conforto e

segurança. A definição das notas está parcialmente sujeita à subjetividade e sua aplicação é facilitada pela necessidade de poucos levantamentos complementares (conflito com ciclistas).

Este método não exige grande esforço de cálculo. No entanto, como fornece diretamente o nível de serviço final, a tradução deste valor em intervenções não é tão direta quanto em outros métodos apresentados.

Foi consolidado pelo autor durante o seu desenvolvimento, através de pesquisa de opinião e apresentou resultado satisfatório também nos testes realizados no presente trabalho.

Como se trata de um método desenvolvido especificamente para travessias, não existe correlação direta com modelos de rota ou calçada.

5.5 *Consulta aos Especialistas*

Conforme preconiza a metodologia adotada, a escolha do método padrão de avaliação de travessias de pedestres foi subsidiada por uma consulta a um grupo de especialistas da área de transportes. Para isto os métodos e suas respectivas características foram apresentados a este grupo para que, através da aplicação de um método de apoio à tomada de decisão por múltiplos critérios, fosse possível consolidar uma opinião quanto às características mais importantes neste método padrão e qual método, dentre os estudados, melhor corresponde às expectativas.

5.5.1 Seleção dos métodos para avaliação por especialistas

Com as análises teórica e prática foi possível indicar, dentre os métodos estudados a relação daqueles para avaliação dos especialistas e que serão abalizados para proposição de um método padrão. Como nenhum dos métodos estudados na fase prática apresentou condições significativamente destoantes dos demais, a relação destacada para avaliação dos especialistas é idêntica à utilizada nesta fase da análise.

5.5.2 Definição do método de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios

Antes de realizar a consulta aos especialistas, para a definição do método padrão de avaliação de travessias de pedestres, foi necessário estudar a forma mais adequada de se realizar esta escolha.

Gomes e Gomes (2001) explicam que os métodos de apoio à decisão por múltiplos critérios, ou pela sigla em inglês MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*) correspondem a uma

subárea da pesquisa operacional constituída por um “conjunto de métodos e técnicas desenvolvidos para auxiliar ou apoiar pessoas e organizações a tomarem decisões sob a influência de uma multiplicidade de critérios” (GOMES; GOMES, 2001, p. 6).

Januzzi *et al.* (2009), citando Ensslin *et al.* (2001) e Gomes *et al.* (2004), explicam que os MCDMs são técnicas quali-quantitativas que se situam entre as abordagens puramente exploratórias, como grupos de discussão, e modelos quantitativos rigidamente estruturados da pesquisa operacional. Diferente desse, a análise multicritério não procura uma solução ótima, mas solução de consenso. Tomando-se o objeto do presente estudo, que se destina a definir o método padrão de avaliação de travessias dentre os existentes, e não necessariamente o ideal, tem-se que o uso de MCDM se ajusta mais adequadamente ao objetivo que uma pesquisa de opinião.

Para definir o MCDM mais apropriado ao trabalho em questão procedeu-se a uma revisão bibliográfica visando conhecer os principais métodos.

Guglielmetti *et al.* (2003) explicam que o método ideal é aquele que fornece resultados que atendam plenamente às necessidades do tomador de decisão. Desta forma, intenta-se obter, para apoio à tomada de decisão quanto ao método de avaliação de travessias de pedestres, um MCDM que seja de aplicação simples, permitindo uma consulta única via *internet* ao grupo de especialistas, e que possibilite também compreender quais os critérios mais relevantes na escolha, através da definição de uma função utilidade específica. Ademais, o MCDM deve permitir a comparação do desempenho de cada um dos métodos individualmente por critério. Esta característica é importante para facilitar a sugestão de evolução do método padrão com base nos demais avaliados.

Gomes (2002, apud CRUZ; COVA, 2007) apresenta a existência de duas escolas distintas sobre os métodos de auxílio à tomada de decisão. Da escola americana destacam-se os métodos da família ELECTRE e PROMETHEE, e da escola francesa tem-se como principais métodos AHP, TODIM, MACBETH e UTA. Além destes, foram identificados como alternativas, o método DELPHI e a Pesquisa de preferência declarada.

Analisando os métodos acima citados optou-se pelo Método de Análise Hierárquica – MAH por ser o que melhor se adapta aos objetivos do estudo e que apresenta maior facilidade de aplicação.

5.5.3 O Método de Análise Hierárquica - MAH

Segundo Saaty (1988, vol. F48, p. 110), “o método de análise hierárquica é um modelo de tomada de decisão que nos ajuda a tomar decisões em nosso mundo complexo.” Este método é uma forma de organização do processo de tomada de decisão através de uma representação hierárquica em que julgamentos e mensurações podem ser incluídos e integrados. A matemática por trás deste processo se baseia na álgebra linear que, a partir do advento dos computadores domésticos, se tornou mais acessível e permitiu a expansão de seu uso (SAATY, 1988).

O MAH foi desenvolvido por Thomas L. Saaty nos anos 70 e tem sido aprimorado pelo autor desde então. Trata-se de uma ferramenta de apoio à decisão com sólida base matemática e que obriga à reflexão sobre o tema em questão, uma vez que exige a definição de uma estrutura hierárquica. Utiliza escalas de medição que permite a avaliação de variáveis tanto qualitativas quanto quantitativas e que, como são relacionais, permite o ordenamento da avaliação e o estabelecimento da sua relação com significado matemático. É intuitivo e incorpora a participação de vários agentes que não precisam ser especialistas no método, mas sim no problema em análise (PESTANA, 2005).

O MAH tem sido utilizado para uma ampla gama de decisões desde sua criação. Abrangendo cenários de escolha, priorização/evolução, alocação de recursos, aferição e gerenciamento da qualidade é aplicado em diversas áreas do conhecimento, tais como: saúde, defesa, planejamento de projeto, política, ciências sociais, operações militar, planejamento urbano e regional etc. (BHUSHAN, 2004).

O processo é executado em três partes que incluem identificar e organizar os objetivos da decisão, critérios, restrições e alternativas em uma hierarquia; avaliar comparações de pares entre os elementos relevantes de cada nível da hierarquia, e sintetizar usando o algoritmo de solução dos resultados das comparações par a par de todos os níveis (SAATY, 1988).

Na engenharia brasileira o MAH tem sido utilizado, principalmente, por permitir uma análise multidisciplinar avaliando o impacto das intervenções de engenharia em questões, socioeconômicas e ambientais. Porath (2013) utiliza o método como parte do processo de decisão sobre a localização de uma marina. Boas (2006) o aplica no processo de gestão de recursos hídricos. Lisboa *et al.* (2003) no processo de decisão sobre o traçado de uma rodovia e Moreira (2000) propõe o seu uso para análise benefício custo em projetos de transporte.

5.5.4 Apresentação dos métodos em análise aos especialistas

A avaliação feita pelo grupo de especialistas compreendeu uma análise comparativa entre os métodos em estudo destacando os critérios que ressaltassem as vantagens e desvantagens de cada um, bem como as suas especificidades em relação aos demais. Foram adotados como critérios de avaliação os oito itens descritos a seguir:

- Subjetividade – entende-se por subjetividade do método o grau de influência, em relação à opinião do aplicador, ao qual estão sujeitos os resultados obtidos. Caracterizado em três níveis: (i) sem subjetividade, resultados independentes da opinião do técnico; (ii) baixa subjetividade, resultados sujeitos à opinião do técnico em relação aos parâmetros e/ou situação específica e com clara definição dos intervalos; (iii) subjetivo, sujeito à opinião do técnico em uma parte significativa dos parâmetros;
- Análise qualitativa/quantitativa – apresenta a capacidade e forma com que cada método avalia os parâmetros quantitativos, relacionados a aspectos diretos de fluxo como densidade de tráfego, largura da travessia e atraso; e os parâmetros indiretos relacionados à qualidade ambiental, segurança e conforto;
- Macro e micro análise – trata da adequação e compatibilidade do método com modelos de calçada e rota, o que os torna pertinente para utilização em análises macroscópicas e na definição de políticas públicas de incentivo ao transporte não motorizado, assim como para análises microscópicas válidas para definições de projeto local;
- Interpretação dos resultados – este item pretende identificar a facilidade com que os resultados obtidos e cálculos realizados podem contribuir para a definição de intervenções necessárias à melhoria das condições de caminhada na travessia, bem como a facilidade de seu entendimento;
- Consolidação do modelo – apresenta as condições de solidez do modelo quanto à pertinência e validade dos resultados obtidos, bem como de suas fontes. Analisa a realização de testes prévios do método, a sua aplicação anterior em projetos de engenharia de tráfego e a sua relevância como referência para trabalhos acadêmicos.
- Pesquisas complementares – este item enumera as pesquisas e levantamentos complementares à visita de campo, necessários para a aplicação do método;
- Aplicabilidade – refere-se à facilidade de uso e aplicação do método em relação às demais condições de trabalho dos técnicos. Relacionado, principalmente, à dificuldade de

realização dos levantamentos, à dificuldade de cálculo e à necessidade de experiência por parte do aplicador/técnico;

- Abrangência da avaliação – corresponde à capacidade do método em lidar com os diversos tipos de travessia, bem como a abrangência deste em relação a equipamentos específicos de moderação de tráfego e acessibilidade universal.

O desempenho de cada método quanto a cada um destes critérios foi disposto em um quadro comparativo ilustrado pela Tabela 5.25.

Tabela 5.25: Quadro comparativo para as metodologias avaliadas

Método	Subjetividade	Análise Qualitativa /Quantitativa	Macro e micro análise	Interpretação dos resultados	Consolidação	Pesquisas Complementares	Aplicabilidade	Abrangência da Análise
A HCM 2010	Sem subjetividade	Exclusivamente quantitativa	Compatível com modelo de rota	Boa	Consagrado	Tempo semafórico; contagem classificada de pedestres; contagem veicular na travessia; velocidade veicular; velocidade do pedestre.	Complexa	Análise estritamente qualitativa. Permite a avaliação de todo tipo de travessias em nível. Despreza o impacto de equipamentos de acessibilidade universal. Avalia indiretamente a moderação de tráfego.
B Dixon (1996)	Sem subjetividade	Ambos	Proveniente de modelo de rota	Intermediária	Modelo original consolidado pelo autor e pelo uso (adaptado sem consolidação)	Contagem veicular completa; atraso na travessia semaforizada.	Simples	Permite a avaliação de todo tipo de travessias em nível. Ignora o impacto de equipamentos de acessibilidade universal e moderação de tráfego
C Silva e Barbosa (2011)	Baixa subjetividade	Ambos	Compatível com modelo de rota	Boa	Proposição metodológica	Desnecessário.	Simples	Permite a avaliação de todo tipo de travessias em nível. Analisa o impacto de equipamentos de acessibilidade universal. Julga a moderação de tráfego em parâmetro específico
D Basile et al. (2010)	Sem subjetividade (32% dos parâmetros)	Ambos	Específico para travessia	Boa	Pelo autor e pelo uso	Desnecessário.	Simples	Permite a avaliação apenas das condições de segurança. Examina o impacto de equipamentos de acessibilidade universal. Não observa moderação de tráfego
E Nunes et al. (2010)	Baixa subjetividade	Ambos	Específico para travessia	Excelente	Pelo autor	Contagem veicular na travessia, contagem de pedestres, percentual de adesão ao uso, distância de visibilidade, tempo semafórico.	Complexa	Permite a avaliação inclusive de travessia em desnível. Calcula o impacto de equipamentos de acessibilidade universal e moderação de tráfego
F Muraleetharan et al. (2005)	Subjetivo (60 % dos parâmetros)	Ambos	Específico para travessia	Ruim	Pelo autor	Tempo semafórico.	Simples	Permite a avaliação de todo tipo de travessias em nível, Analisa o impacto de equipamentos de acessibilidade universal e cita a moderação de tráfego

Para suprir informações suficientes e condições adequadas à realização da análise comparativa pelos especialistas e nortear a escolha do método padrão, além do quadro anterior, as observações expostas no item 5.4 foram formatadas em um resumo executivo contendo as principais características, vantagens e desvantagens de cada método, conforme conclui a análise teórica e prática. A identificação dos métodos no quadro comparativo e no resumo executivo foi suprimida visando impedir a formação de tendências na escolha, possivelmente motivada pelos métodos mais conhecidos. O documento preparado é apresentado, conforme encaminhado ao grupo de especialistas, no APÊNDICE C.

5.5.5 Aplicação do Método de Análise Hierárquica

A aplicação do método foi realizada com o apoio dos dispositivos *online* desenvolvidos para aplicação do MAH por Goepel (2015) e disponíveis no endereço <http://bpmsg.com/>. A página disponibiliza uma série de ferramentas específicas que permitem a construção da hierarquia e a montagem de formulários eletrônicos para aplicação do algoritmo, tabulação, tratamento dos dados e análise de grupo. Além das ferramentas *online* é disponibilizada uma planilha de *EXCEL* com as mesmas funções.

O uso destas ferramentas, para o problema em análise, demandaria a realização de uma consulta em duas fases. Para viabilizar a coleta de informações em uma fase única foi preparado um formulário em *EXCEL* do MAH especialmente para registro, obtenção das respostas e encaminhamento por *e-mail* aos especialistas.

Dada a complexidade da decisão a ser tomada e do próprio MAH que, embora seja vastamente utilizado pela comunidade técnica e acadêmica, demanda significativo esforço de análise por parte dos profissionais envolvidos no processo de tomada de decisão, optou-se pela adoção de um grupo pequeno, mas altamente qualificado.

Os profissionais foram selecionados pelo autor com a supervisão da orientadora deste trabalho, a partir de suas respectivas redes de contato, pesquisando por especialistas com experiência na área de transporte, conhecimento do problema, familiaridade com o tema de estudo e com projeto de engenharia específico para o tratamento de pedestres, e influência como formadores de opinião.

Estes profissionais foram inicialmente contatados por telefone ou pessoalmente pelo autor. Em seguida, o convite para participar da pesquisa, apresentado no APÊNDICE D, foi formalizado através do *e-mail*. Anexo à mensagem de convite foi encaminhado o resumo

executivo anteriormente comentado, contendo as principais informações sobre os métodos analisados, critérios de avaliação e quadro comparativo, e o formulário do MAH em *EXCEL* para preenchimento das respostas.

Para a montagem do formulário de aplicação do MAH foi inicialmente elaborado o arranjo de hierarquia de decisão ilustrado pela Figura 5.9, conforme prescreve o método.

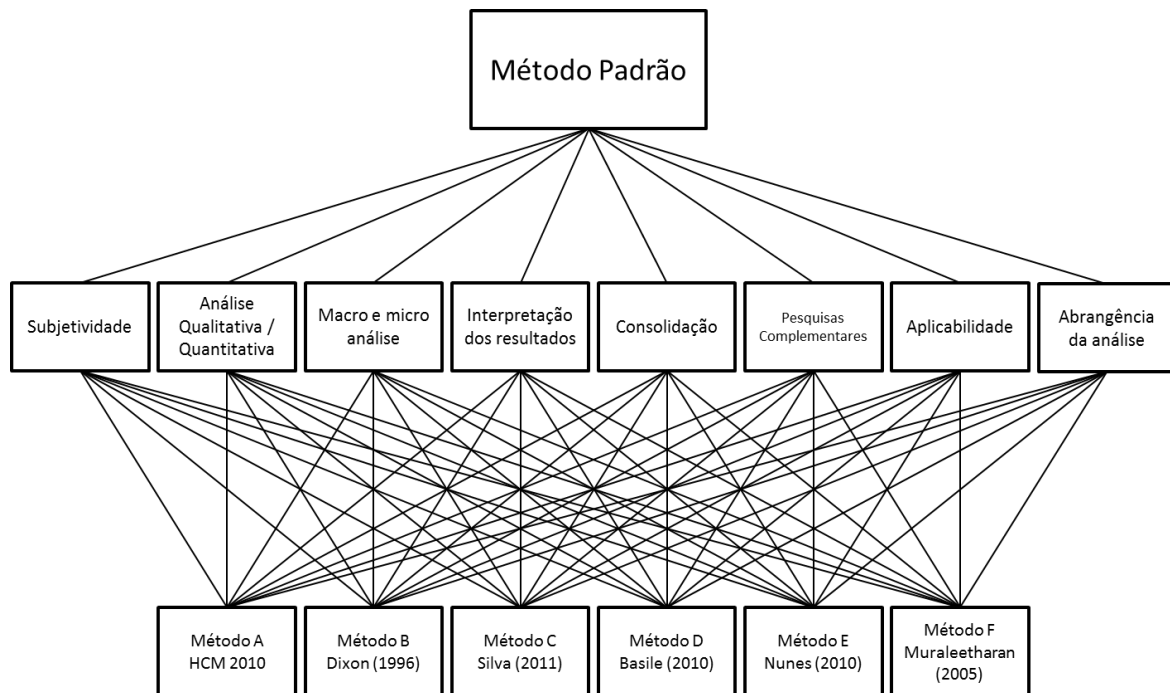


Figura 5.9: Hierarquia de decisão pelo MAH

Este arranjo simples, de três níveis, permitiu a estruturação do formulário apresentado no APÊNDICE E. O formulário elaborado contém uma planilha de abertura com as instruções de preenchimento; um questionário para identificação dos entrevistados, bem como de sua experiência, área de atuação e formação acadêmica; e nove planilhas com as matrizes de comparação par a par. A primeira planilha de comparação refere-se aos critérios de análise (Nível 2 da hierarquia de decisão) e as demais à escolha do método padrão (Nível 3 da hierarquia de decisão). De forma similar ao resumo executivo, os métodos foram identificados apenas pela letra para evitar a formação de tendência. Visando facilitar o preenchimento, as principais informações do resumo executivo referentes à definição dos critérios de análise e ao desempenho de cada método, conforme o quadro comparativo, foram inseridas na planilha na forma de anotações.

Tomando como referência o trabalho de Passos (2010), que em seu capítulo 4 apresenta detalhadamente o método de análise hierárquica e seu processo de cálculo, foi possível

desenvolver na planilha de respostas um indicador de consistência para garantir a qualidade das respostas recebidas.

Este indicador se baseia na formulação matemática do próprio MAH e segundo Passos (2010) pode ser originado tanto de uma incoerência no ordenamento das prioridades (Se A é preferível a B e B preferível a C, então A deve ser preferível a C), quanto na intensidade da preferência. Saaty (2006, *apud* PASSOS, 2010) estabeleceu que este índice de inconsistência deve ser inferior a 0,1. O APÊNDICE F mostra um exemplo das formulações inseridas na planilha de resposta utilizada para a construção deste indicador.

Por fim, as respostas foram recebidas, também por *e-mail*, e os dados coletados tratados através das ferramentas *online* desenvolvidas por Goepel (2015), para apuração dos resultados. Para definição dos pesos dos critérios e construção da função utilidade foi utilizada a planilha em *EXCEL* disponibilizada, sendo a avaliação dos métodos realizada através dos formulários de *internet*.

5.5.6 Grupo de especialistas consultado

Os especialistas consultados contabilizam ao todo 185 anos de conhecimento na área, com uma média de 26,4 anos de experiência. Ressalta-se a experiência individual dos profissionais selecionados, sendo que o especialista com menos tempo de atuação profissional na área possui 10 anos de atividade e, dentre os sete integrantes do grupo, quatro tem mais de 30 anos de experiência, alcançando o máximo de 40 anos. Este perfil condiz com o objetivo proposto por este estudo, que toma como base para a definição do método padrão o reconhecimento destes profissionais como formadores de opinião.

A consulta incluiu a opinião de engenheiros civis, geógrafo, cientista econômico e arquiteto urbanista, com titulação distribuída da seguinte forma: 04 doutores, 01 mestre, 01 mestrando em transportes e 01 especialista. Este grupo atuante no segmento é composto por três profissionais da área acadêmica (um com atuação também no setor público) e quatro técnicos. Dentre os técnicos têm-se dois agentes públicos e dois consultores do setor privado. A Tabela 5.26 apresenta a titulação, área de atuação e experiência de cada especialista.

Tabela 5.26: Caracterização do grupo de especialistas

Especialista	Graduação	Titulação	Sector de atuação	Experiência
1	Engenharia civil	Mestre	Consultor privado	40 anos
2	Engenharia civil	Doutorado	Acadêmico	32 anos
3	Geografia	Doutorado	Acadêmico	15 anos
4	Arquitetura e urbanismo	Pós-graduação	Técnico do setor público	37 anos
5	Engenharia civil	Doutorado	Consultor privado	10 anos
6	Ciências Econômicas	Mestrando	Técnico do setor público	16 anos
7	Engenharia civil	Doutorado	Acadêmico	35 anos

Estes especialistas executam suas funções nas mais diversas vertentes do transporte, atuando prioritariamente no planejamento urbano e de transporte, com ênfase também na elaboração de projetos viários e de transporte coletivo. A área de atuação inclui ainda a realização de estudos de tráfego, pesquisas de tráfego e transporte e estudos logísticos.

5.6 Resultados da consulta ao grupo de especialistas

A partir do tratamento dos dados obtidos para os critérios de análise, conforme a planilha desenvolvida por Goepel (2015) para análise de grupo (APÊNDICE G), foi possível calcular a função utilidade para os métodos, expressa pela equação 5.4.

$$\begin{aligned}
 FU(a) = & 0,0635 \times Sb(n) + 0,1268 \times QQ(n) + 0,1362 \times MM(n) \\
 & + 0,1801 \times IR(n) + 0,1278 \times Cs(n) + 0,1286 \times PC(n) \\
 & + 0,1218 \times Ap(n) + 0,1152 \times Ab(n)
 \end{aligned} \tag{5.4}$$

Em que:

Sb(n) = Nota atribuída para o método n ao critério Subjetividade

QQ(n) = Nota atribuída para o método n ao critério Análise qualitativa e quantitativa

MM(n) = Nota atribuída para o método n ao critério Micro e macro análise

IR(n) = Nota atribuída para o método n ao critério Interpretação dos resultados

Cs(n) = Nota atribuída para o método n ao critério Nível de consolidação

PC(n) = Nota atribuída para o método n ao critério Pesquisas complementares

Ap(n) = Nota atribuída para o método n ao critério Aplicabilidade

Ab(n) = Nota atribuída para o método n ao critério Abrangência da análise

Da análise dos coeficientes desta função, é possível perceber que tem maior peso na decisão dos especialistas a clareza de Interpretação dos resultados, que responde por 18,01% da nota e se destaca dos demais critérios. Esta constatação denota a preocupação por parte dos técnicos consultados com a utilidade do método padrão para apoio ao desenvolvimento de projetos e soluções para as travessias analisadas, pois, conforme apresentado aos especialistas, este

critério trata exatamente da facilidade com que os valores e cálculos de cada método podem ser interpretados e traduzidos em ações de tratamento das travessias.

Destaca-se ainda que a Subjetividade do método tem pouca influência na decisão, correspondendo a apenas 6,35% da nota final. Isto significa que o grupo tende a priorizar um método que forneça resultados mais bem detalhados, mesmo que isto represente uma maior subjetividade e variabilidade dos resultados em função do pesquisador de campo.

O restante dos critérios apresenta importância equilibrada, com pesos que variam entre 11,50% a 13,60% da nota de cada método. É importante destacar que, embora nenhum destes critérios se destaque individualmente na definição da nota, em conjunto representam 75,70% do valor final e não devem ser menosprezados.

A planilha de resultados permite ainda a avaliação dos índices de consistência e consenso para o grupo. Segundo Goepel (2013) a consistência dos julgamentos do grupo é calculada utilizando-se o índice de consistência próprio do MAH, idêntico ao utilizado nos formulários de resposta e descrito por Passos (2010). O valor de 0,8% obtido é muito inferior ao limite máximo de 10% recomendado por Saaty (2006, *apud* PASSOS, 2010), indicando alta consistência na análise do grupo.

Goepel (2013) esclarece ainda que, segundo Saaty e Vargas (2005, *apud* GOEPEL, 2013) não existe uma metodologia padrão para cálculo do índice de consenso pelo MAH, e seleciona o método de Entropia de Shannon (SHANNON, 1948 *apud* GOEPEL, 2013) para subsidiar a construção da planilha. Para a análise dos critérios foi obtido um consenso de 48,2%, que retrata a complexidade e dificuldade da escolha a ser realizada. Este valor indica uma significativa divergência entre os especialistas sobre os parâmetros determinantes na escolha do método padrão de análise de travessias. Além dos pesos conferidos aos critérios de análise, o desempenho dos métodos em cada atributo influencia diretamente no resultado final da consulta. Este desempenho é ilustrado pelas notas obtidas por cada método, cujo arranjo é apresentado na Tabela 5.27.

Tabela 5.27: Notas por critério para os métodos analisados

Método	Sb	QQ	MM	IR	Cs	PC	Ap	Ab
HCM 2010	0,294	0,231	0,252	0,244	0,391	0,198	0,073	0,141
Dixon (1996)	0,213	0,192	0,230	0,158	0,224	0,151	0,188	0,072
Silva e Barbosa (2011)	0,162	0,184	0,143	0,176	0,082	0,210	0,201	0,157
Basile et al. (2010)	0,148	0,114	0,115	0,141	0,112	0,156	0,196	0,096
Nunes et al. (2011)	0,129	0,155	0,153	0,218	0,115	0,138	0,086	0,357
Muraleetharan et al. (2005)	0,063	0,121	0,109	0,064	0,076	0,143	0,255	0,180

Em relação à interpretação dos resultados, critério de maior peso dentre os analisados, destacam-se os métodos HCM 2010 e Nunes *et al.* (2011). Ambos envolvem uma etapa de cálculos pós-campo detalhada e abundante em dados e informações, que permitem o julgamento de vários aspectos da travessia em relação ao projeto viário e ao fluxo. O método de Muraleetharan *et al.* (2005), devido ao lacônico processo de cálculo para definição do nível de serviço da travessia, dificulta a tradução desse em intervenções, e apresenta desempenho abaixo da média. Os demais métodos, baseados no preenchimento de planilhas de caracterização da travessia, que através de análise criteriosa permite detectar as deficiências do local para sugerir soluções de tratamento, apresentam desempenho intermediário.

Para a compatibilidade do método de travessia com métodos de rota e conseqüente utilidade em análises micro e macroscópicas se sobressaem os métodos HCM 2010 e Dixon (1996). Em ambos a avaliação de calçada faz parte de uma metodologia mais ampla para análise do corredor. O método proposto por Silva e Barbosa (2011), que apresenta a mesma característica, mas analisa as travessias desagregadas do trecho de calçada, não obteve pontuação próxima aos anteriores, mesmo compondo parte de um método de rota. Sua nota e a dos demais métodos, específicos para travessia, apresentam pontuação similar e inferior aos dois primeiros.

No critério “pesquisas complementares” a resposta dos especialistas expressa uma aparente divergência de opiniões. Destacaram-se neste atributo o método proposto por Silva e Barbosa (2011), que não demanda levantamentos complementares, e o método HCM 2010 que depende da caracterização do volume e velocidade de veículos e pedestres no local. Esta divergência pode ser entendida ao ponderar que a realização de pesquisas complementares, embora determinem um maior custo e esforço de aplicação, evidenciam maior credibilidade e confiabilidade ao método. Corroboram esta dualidade do critério o valor intermediário das notas logradas pelos demais métodos.

O método HCM 2010, consagrado por um histórico de mais de 50 anos de desenvolvimento, amplamente conhecido e utilizado pelos técnicos da área para análise do fluxo de veículos, obteve pontuação extraordinária para o critério que trata da Consolidação do método. O método proposto por Dixon (1996), adaptado à aplicação em travessias e consolidado pelo uso e pelo autor com o apoio de um comitê técnico, obteve também relevante desempenho. O método proposto por Basile *et al.* (2010) teve pontuação intermediária, independente de seu uso em cidades europeias e similar ao método proposto por Nunes *et al.* (2011), consolidado

apenas pelo autor. O método de Silva e Barbosa (2011), explicitamente posto como proposição metodológica não consolidada, obteve pontuação baixa, mas ainda superior ao método de Muraleetharan *et al.* (2005) consolidado pelo autor e por pesquisa de opinião. Este resultado induz ao entendimento que um método é aceito, de fato, como consolidado quando validado por outros técnicos além dos autores.

Quanto ao atributo que avalia a capacidade dos métodos em perceber e interpretar variáveis qualitativas e quantitativas da caminhada, o resultado contraria o entendimento comum dos próprios autores sobre a necessidade de se avaliar ambos os aspectos. Ao contrário do esperado, o método HCM 2010, estritamente quantitativo e que, segundo o próprio manual necessita de complemento para avaliação dos aspectos qualitativos intervenientes no modo a pé, obteve a maior pontuação. Esta contradição retrata bem a dificuldade dos profissionais de transporte em se desvincular das análises numéricas e compreender, mais cuidadosamente, aspectos menos palpáveis da qualidade de circulação, especialmente relevantes para os pedestres.

No que se refere à aplicabilidade dos métodos, a proposta de Muraleetharan *et al.* (2005) apresenta pontuação de destaque beneficiado pela simplicidade de aplicação em campo e de tratamento dos dados. De forma similar, os métodos de Silva e Barbosa (2011), Dixon (1996) e Basile *et al.* (2010) determinam boa adesão pelos técnicos à utilização de planilhas de campo para levantamento e caracterização das travessias. Por outro lado, os métodos HCM 2010 e Nunes *et al.* (2011), que demandam maior esforço de cálculo e maior número de levantamentos de campo, são penalizados neste quesito.

Em relação à abrangência de análise, se evidenciou o método proposto por Nunes *et al.* (2011) que, além de tratar equipamentos de moderação de tráfego e acessibilidade universal, permite a análise de todos os tipos de travessia, inclusive em desnível. Os métodos de Silva e Barbosa (2011), HCM 2010 e Muraleetharan *et al.* (2005) contam com pontuação intermediária, condizente com o fato de avaliarem todo o tipo de travessia em nível, acessórios de moderação de tráfego e acessibilidade universal, mesmo que parcialmente. Os métodos de Basile *et al.* (2010) e Dixon (1996) obtiveram menor pontuação neste critério. O primeiro por avaliar apenas aspectos de segurança e o segundo por não analisar moderação de tráfego e acessibilidade. Este resultado revela a importância da análise dos equipamentos de moderação de tráfego e acessibilidade, tão impactantes para a avaliação, quanto a adaptabilidade aos diversos tipos de travessia.

Dentre os critérios de análise dos métodos, o de menor peso corresponde ao quesito “subjetividade”. Neste ponto, os métodos HCM 2010 e Dixon (1996), isentos de subjetividade, tem maior adesão. Os métodos de Silva e Barbosa (2011), Basile *et al.* (2010) e Nunes *et al.* (2011), parcialmente sujeitos à subjetividade de análise, exibem resultados intermediários e similares entre si. O método de Muraleetharan *et al.* (2005), que carrega maior carga de subjetividade em seus parâmetros, demonstra menor pontuação. Este resultado corrobora a proporção inversa entre a quantidade de parâmetros subjetivos e a aprovação do grupo de especialistas.

Aplicando-se as notas da Tabela 5.27 à função utilidade expressa na equação 5.4, é possível auferir o ordenamento dos métodos analisados segundo esta função, conforme apresentado na Tabela 5.28. Saaty (2008) explica que outra forma de análise é por meio do cálculo da proporção entre o peso de cada método e o método ideal, também na Tabela 5.28. Adota-se como método ideal aquele com a maior nota para a função utilidade.

Tabela 5.28: Ordenamento dos métodos analisados segundo a função de utilidade

Ordenamento	Método	Nota	% do ideal
1	HCM 2010	0,227	100%
2	Dixon (1996)	0,177	78,0%
3	Nunes <i>et al.</i> (2011)	0,172	75,8%
4	Silva e Barbosa (2011)	0,165	72,7%
5	Basile <i>et al.</i> (2010)	0,134	59,0%
6	Muraleetharan <i>et al.</i> (2005)	0,126	55,5%

Assim, para o caso do método Dixon (1996) que tem um peso igual a 78,0% do método HCM 2010 (valor máximo), pode-se conceber que ele é 78,0% tão adequado quanto o método ideal.

Da análise das pontuações obtidas fica nítida a preferência do grupo técnico pelo método HCM 2010, motivada principalmente pela capacidade de interpretação dos resultados e pelo nível de consolidação do método. A análise detalhada dos aspectos de fluxo e densidade, que o método permite realizar, supre o profissional com informações para compreensão e tratamento das deficiências do local. Esta característica é valorizada pelo grupo técnico, não apenas por seu potencial, mas também pela forma exata que é realizada, conforme corrobora o desempenho do método para os critérios “subjetividade”, “pesquisas complementares” e “análise qualitativa/quantitativa” também influenciados por tal propriedade.

Os métodos propostos por Dixon (1996), Nunes *et al.* (2011) e Silva e Barbosa (2011) exibem, por diversos motivos, resultados gerais satisfatórios em relação ao HCM 2010, e podem ser considerados como opções para complemento e apoio na avaliação de travessias.

Os métodos desenvolvidos por Basile *et al.* (2010) e Muraleetharan *et. al* (2005) mostram performance menos apropriada à padronização, com taxas de adequabilidade baixas em relação ao HCM 2010. O método de Muraleetheran *et al.* (2005) apresenta valores módicos em vários critérios analisados. O método de Basile *et al.* (2010), embora tenha desempenho intermediário na maior parte dos critérios, se destaca apenas na avaliação de aplicabilidade, insuficiente para alça-lo à condição de interesse.

Pode-se ainda complementar a análise através da resposta individual de cada avaliador para melhor subsidiar o resultado obtido. A Tabela 5.29 apresenta a preferência de cada membro do grupo de especialistas e o ordenamento dos métodos para cada um.

Tabela 5.29: Resultado da consulta por especialista

Especialista	HCM 2010	Dixon (1996)	Silva e Barbosa (2011)	Basile <i>et al.</i> (2010)	Nunes <i>et al.</i> (2010)	Muraleetharan <i>et al.</i> (2005)
1	41,40% (1)	22,90% (2)	11,50% (3)	8,80% (4)	8,40% (5)	7,10% (6)
2	30,00% (1)	20,10% (2)	14,80% (3)	12,30% (5)	9,70% (6)	13,10% (4)
3	20,60% (1)	17,90% (3)	19,10% (2)	16,60% (4)	15,40% (5)	10,50% (6)
4	23,80% (2)	12,70% (5)	13,40% (3)	13,30% (4)	26,30% (1)	10,50% (6)
5	13,40% (6)	14,00% (5)	18,10% (2)	20,40% (1)	17,30% (3)	16,80% (4)
6	16,10% (4)	18,40% (1)	14,80% (6)	16,20% (3)	18,40% (1)	16,00% (5)
7	21,60% (2)	12,00% (5)	15,70% (3)	6,20% (6)	31,90% (1)	12,50% (4)

Como é possível observar o método HCM 2010 vigora como a primeira opção para três dos sete especialistas consultados, e segunda opção para outros dois, o que corrobora o resultado geral no qual este método se destaca dos demais. Salienta-se, no entanto, que o método proposto por Nunes *et al.* (2010) demonstra o mesmo número de indicações de (três) especialistas quanto à preferência individual. Ambos os métodos são similares em detalhamento e complexidade da análise, sendo que o HCM 2010 se destaca ainda pela consolidação e objetividade.

É relevante ainda considerar a performance do método de Dixon (1996), segundo melhor método pelo parecer do grupo, é tido como preferido por pelo menos um dos especialistas e o segundo colocado para outros dois. Diferente dos métodos anteriormente citados, o método de Dixon (1996) apresenta boa aplicabilidade.

Ainda pela análise das preferências individuais é possível perceber que os métodos de Silva e Barbosa (2011) e Basile *et al.* (2010) têm comportamentos medianos e análogos, com vantagem para o primeiro. O método de Silva e Barbosa (2011) é o segundo melhor na opinião de dois dos especialistas e Basile *et al.* (2010) é o favorito de um. Ambos se destacam

pela aplicabilidade e são medianos nos demais critérios com deficiências de consolidação, para o caso de Silva e Barbosa (2011) e abrangência para Basile *et al.* (2010).

O método proposto por Muraleetharan (2005) mostra pouca aderência e não se destaca para qualquer um dos técnicos consultados.

Sobre a análise individual, vale ressaltar ainda, que os especialistas 5 e 6 demonstram pequena variabilidade no julgamento dos métodos, confirmado pela proximidade entre as medianas das notas (17,05% para o especialista 5 e 16,15% para o especialista 6) e a média. Tratando-se novamente da análise de grupo e das notas por critério, é imprescindível ressaltar o equilíbrio dos resultados obtidos na avaliação global, principalmente, para os critérios de análise. Em um universo de oito critérios, para nenhum deles o peso determinado pelo grupo se distanciou da média (12,50%), chegando ao máximo em 18,01% do valor total da nota, caracterizando um cenário de relativa homogeneidade. Corrobora esta afirmação os valores da estatística básica do conjunto de coeficientes da função utilidade (pesos dos critérios) obtida pela análise de grupo, apresentados na Tabela 5.30 e no APÊNDICE H.

Tabela 5.30: Estatística básica do conjunto de pesos dos critérios

Indicadores estatísticos	Valor
Média	12,50%
Máximo	18,01%
Mínimo	6,30%
Desvio médio	1,86%
Desvio padrão	3,18%
Coefficiente de variação	25,43%

O desvio médio corresponde a 1,86% e o desvio padrão a 3,18%, com um coeficiente de variação de 25,43%.

O mesmo equilíbrio pode ser observado em relação ao conjunto das notas obtidas pelos métodos na análise de grupo, cujos valores são apresentados no APÊNDICE I e os indicadores estatísticos na Tabela 5.31.

Tabela 5.31: Estatística básica do conjunto de notas dos métodos pela análise do grupo

Indicadores estatísticos	Valor
Média	16,67%
Máximo	22,70%
Mínimo	12,60%
Desvio médio	2,52%
Desvio padrão	3,61%
Coefficiente de variação	21,61%

De maneira análoga, observa-se que o desvio médio equivale a 2,52% e o desvio padrão a 3,61% para o conjunto de notas de todos os métodos avaliados, dando origem a um coeficiente de variação de 21,61%.

Este equilíbrio entre as notas e pesos reflete bem a similaridade de importância dos critérios adotados e acentua a importância do trabalho realizado, visto que a definição de um método padrão para a avaliação de travessias de pedestres, embora seja extremamente complexa e sensível, é fundamental para o avanço da matéria.

Os resultados aqui demonstrados, em conjunto com a análise teórica e prática realizada, forneceram os insumos necessários à sugestão de aprimoramento e padronização apresentados nos itens seguintes.

6 RESULTADOS E PROPOSIÇÕES

Este capítulo apresenta inicialmente a proposição de aprimoramento dos principais métodos avaliados. É também discutida no capítulo a padronização a que se destina o presente estudo com base nas principais inferências realizadas a partir da análise teórica e prática dos métodos de avaliação das travessias de pedestres, e da observação crítica dos resultados obtidos pela consulta aos especialistas.

6.1 *Recomendações de evolução para os principais métodos*

O trabalho de consulta ao grupo de especialistas e as análises realizadas serviram de insumo à elaboração de propostas e recomendações para os principais métodos analisados que, mesmo não sendo indicados como padrão, possuem potencial para tal.

Visando melhor subsidiar a análise individual de cada método a Tabela 5.27 foi remodelada para apresentar, percentualmente, o desvio entre a nota de cada método por critério em relação à média das notas do conjunto de métodos por critério conforme exibe a Tabela 6.1. A última coluna exprime ainda esta diferença para a pontuação geral atribuída pelo grupo a cada método e apresentada anteriormente na Tabela 5.28.

Tabela 6.1: Proporção entre a nota individual e do grupo por critério e global

Método	Critério								Nota Final
	Sb	QQ	MM	IR	Cs	PC	Ap	Ab	
HCM 2010	74,80%	38,75%	51,10%	46,25%	134,56%	19,07%	-56,16%	-15,63%	36,06%
Dixon (1996)	26,61%	15,55%	37,89%	-5,39%	34,64%	-8,95%	12,81%	-56,77%	6,09%
Silva e Barbosa (2011)	-3,62%	10,81%	-14,54%	5,61%	-50,74%	26,54%	20,69%	-6,25%	-1,10%
Basile et al. (2010)	-12,13%	-31,33%	-31,28%	-15,71%	-32,92%	-6,15%	17,73%	-42,71%	-19,68%
Nunes et al. (2010)	-23,46%	-6,71%	-8,37%	30,93%	-31,04%	-16,89%	-48,28%	113,54%	3,10%
Muraleetharan et al. (2005)	-62,20%	-27,07%	-34,80%	-61,69%	-54,50%	-13,62%	53,20%	7,81%	-24,48%

Os valores positivos indicam o quão superior é o desempenho de cada método para um dado critério em relação à média do grupo. Similarmente, os valores negativos, indicam o quão inferior aos demais é a performance do método para cada critério de análise. A última coluna apresenta a mesma relação para o comportamento geral de cada método. A partir da análise destes valores é possível destacar os métodos mais bem avaliados, cujos procedimentos podem ser utilizados para subsidiar o desenvolvimento dos métodos pior classificados em cada critério de avaliação.

A partir da experiência das análises teórica, de campo e prática, foi possível elaborar sugestões de tratamento das deficiências detectadas e apontadas pelo grupo consultado para os seis principais métodos estudados. Estas recomendações ancoram-se em especial no aproveitamento dos atributos e instrumentos de destaque dos demais métodos segundo a avaliação dos especialistas. A Tabela 6.2 ilustra resumidamente estas recomendações e observações por critério.

Tabela 6.2: Recomendações para evolução dos métodos por critério de avaliação

Critério	Métodos de destaque		Observações / Recomendações
	Positivo	Negativo	
Subjetividade	Dixon (1996)	Silva e Barbosa (2011), Basile et al. (2010), Nunes et al. (2010) e Muraleetharan et al. (2005)	Usar valores de referência
Análise Qualitativa / Quantitativa	HCM 2010	-	O resultado contradiz a bibliografia especializada
Macro e micro análise	HCM 2010, Dixon (1996)	Silva e Barbosa (2011), Basile et al. (2010), Nunes et al. (2010) e Muraleetharan et al. (2005)	Compor método mais amplo
Interpretação dos resultados	HCM 2010, Nunes et al. (2010)	Muraleetharan et al. (2005)	Maior detalhamento da análise
Consolidação do modelo	HCM 2010, Dixon (1996)	Silva e Barbosa (2011), Basile et al. (2010), Nunes et al. (2010) e Muraleetharan et al. 2005)	Consolidação com o apoio de um grupo técnico de validação
Pesquisas complementares	Silva e Barbosa (2011), HCM 2010	-	Uso moderado de levantamentos simples
Aplicabilidade	-	HCM 2010, Nunes et al. (2010)	Uso de programas e planilhas
Abrangência da avaliação	Basile <i>et al.</i> (2010) e Dixon (1996)	-	Inclusão da análise de equipamentos de acessibilidade e moderação de tráfego

Os itens seguintes expõem as recomendações elaboradas para evolução dos seis métodos analisados, tomando como balizador da importância de cada critério e da adequação dos métodos em cada quesito, as notas atribuídas pelo grupo de especialistas consultados e a sua relação com a média apresentada na Tabela 6.1.

6.1.1 Recomendações para o método HCM 2010

O método HCM 2010 foi definido como o melhor dentre os analisados pelo grupo de especialistas com uma pontuação geral 36,06% superior à média, sendo ainda o preferido de três dos sete especialistas e a segunda opção para outros dois.

Segundo a análise dos resultados da consulta ao grupo técnico, este método se destaca, principalmente por sua consolidação, com aderência muito superior em relação aos outros métodos, e pela capacidade de interpretação dos resultados, critério de maior peso para os especialistas.

A complexidade do tratamento dos dados e dos cálculos necessários demanda maior esforço para o entendimento das variáveis que impactam na qualidade da travessia. Entretanto, a variedade e quantidade de dados, assim como a profundidade da análise, conferem ao método a capacidade de avaliar diversos aspectos do local e projeto. Vale ainda comentar que o uso do *software* HCS+ facilita significativamente o cálculo do nível de serviço, muito embora, isto se reflita em um menor acesso aos dados detalhados. Neste ponto pode-se recomendar o uso de planilhas eletrônicas para simplificação do cálculo, sem perda do detalhamento.

Outros destaques do método, segundo o grupo de especialistas, são a isenção de subjetividade e sua adaptabilidade em relação à análise de rota.

É imprescindível salientar que, apesar do grupo técnico ter tratado o fato do método realizar uma análise estritamente quantitativa como uma vantagem, os próprios autores ressaltam a necessidade de se desenvolver uma análise complementar, de caráter qualitativo. Esta análise permitirá compreender e tratar questões como atratividade visual, segurança, conforto e outros aspectos tão significativos para o caminhamento quanto o fluxo e densidade de pedestres. Todos os demais métodos analisados neste estudo realizam a avaliação qualitativa da travessia e podem ser sugeridos como complementares ao HCM 2010. Ressaltam-se entre esses Khisty (1994), proposto pelo autor com tal fim, e Nunes *et al.* (2011), que já se baseia no HCM para realizar parte da análise da travessia.

A necessidade de pesquisas complementares para a aplicação do método foi também considerada uma vantagem desse. Embora penalize a sua aplicabilidade, a realização de levantamentos complementares dão maior credibilidade à análise e reduzem a subjetividade. Sugere-se apenas que, assim como para os demais métodos, os procedimentos e métodos de realização destes levantamentos complementares sejam mais bem descritos, pois a ausência de manuais e instruções específicas gera dúvidas durante o trabalho de campo.

Quanto à baixa aplicabilidade do método, principal deficiência definida pelos especialistas, recomenda-se, além do uso de planilhas eletrônicas ou *softwares* para o cálculo do nível de

serviço anteriormente comentado, conceber formas de simplificar os levantamentos de campo, sem eliminá-los.

Por fim, quanto à abrangência da análise, destaca-se que uma maior consideração à existência de equipamentos de acessibilidade universal e moderação de tráfego pode ser benéfica ao método que obteve, para este critério, avaliação módica.

6.1.2 Recomendações para o método de Dixon (1996)

O método proposto por Dixon (1996) apresentou excelente desempenho junto ao grupo de especialistas, ocupando a segunda indicação na análise de grupo, e sendo escolhido como predileto para um dos sete técnicos, juntamente com o método proposto por Nune *et al.* (2010).

A validação do método, realizada com o apoio de um grupo técnico específico, concede maior confiabilidade e bom desempenho no critério “consolidação”, segundo a opinião dos especialistas que realizaram a análise comparativa dos métodos em estudo.

Por ter sido testado e adaptado a partir de um modelo mais amplo, desenvolvido para análise de rotas de pedestre, o método de Dixon (1996) é bem quisto pelos especialistas no critério de macro e micro análise. No entanto, é imprescindível que, para a avaliação específica de travessias, o método seja revisto e revalidado conforme o estudo original.

Outro destaque do método é sua isenção de subjetividade. O uso de uma tabela de atributos com valores de referência permite uma avaliação objetiva e independente da opinião pessoal de quem o aplica. Esta forma de preenchimento outorga também ao método boa aplicabilidade, conforme pode ser percebido pela pontuação atribuída pelo grupo técnico. Assim, sugere-se que o método de avaliação, por preenchimento da tabela de atributos com valores de referência, seja tomado como um modelo, tanto para os métodos com pouca aplicabilidade, quanto para aqueles com maior subjetividade.

Para os critérios “análise qualitativa / quantitativa” e “pesquisas complementares” o método apresenta desempenho entre regular e bom, assim como para a capacidade de interpretação dos resultados. Esse último, no entanto, responde por um maior peso na avaliação dos técnicos e, por este motivo, recomenda-se um maior detalhamento e aprofundamento na avaliação dos atributos da travessia.

Existe ainda a possibilidade de o método ter sido penalizado no critério referente a pesquisas complementares por ser o único a depender da contagem completa de tráfego da interseção. Em uma análise completa da interseção, na qual se esteja avaliando também o desempenho dos modos motorizados, isto não se caracteriza como uma dificuldade, mas em uma análise específica da circulação de pedestres sugere-se a revisão deste item.

Esse método se distingue dos demais por apresentar bom desempenho em praticamente todos os critérios, com exceção da abrangência de análise. Para este critério foi possível determinar que a adesão dos especialistas está fortemente vinculada à menção aos equipamentos de acessibilidade universal e moderação de tráfego, ignorados pelo método de Dixon (1996). A inclusão de atributos e parâmetros de referência na tabela de avaliação do método pode sanar tal dificuldade e suprir esta deficiência.

6.1.3 Recomendações para o método de Silva e Barbosa (2011)

O método proposto por Silva e Barbosa (2011) apresenta desempenho regular na análise do grupo de especialistas, com uma adesão geral de 16,50% (referente à nota global do método), similar à média do grupo (16,67%). Foi o preferido por um dentre os profissionais que subsidiaram a presente análise.

Segundo a avaliação dos especialistas, é relevante a vantagem de dispensar a realização de levantamentos complementares, que atribui ao método pontuação proeminente. Vale ressaltar que, no entanto, conforme anteriormente comentado, este critério apresenta ambiguidade, uma vez que alguns especialistas consideram que a realização de levantamentos complementares é benéfica aos métodos.

Em geral, o método apresenta desempenho mediano na maior parte dos critérios, o que indica uma significativa oportunidade de desenvolvimento. O uso prático do método evidencia relativa subjetividade que submete o resultado obtido à opinião do técnico, e que pode suscitar em inadequação do tratamento da travessia proveniente da inexperiência do profissional. Recomenda-se o uso de valores de referência para que, a exemplo do método de Dixon (1996), seja possível reduzir a influência da opinião pessoal do técnico sem comprometer a sua aplicabilidade, fator de interesse do método segundo a avaliação do grupo de especialistas.

A análise segregada entre travessia e calçada proposta pelo estudo original, embora facilite a adaptação do método ao caso específico da travessia, não foi bem recebida pelos profissionais

do grupo consultado que favoreceram o método de Dixon (1996), no qual esta integração é maior.

A capacidade de interpretação dos resultados, embora satisfatória para o método, pode ser ainda ampliada através de um maior detalhamento e aprofundamento na análise dos atributos da travessia.

Por fim, como o estudo provedor do método trata-se de uma proposição metodológica, torna-se imprescindível a realização de testes para consolidação do método, critério no qual foi mais mal avaliado pelos especialistas. Recomenda-se ainda que o trabalho de consolidação seja realizado com o apoio de um grupo técnico de validação, assim como feito para o método de Dixon (1996). Pela análise das notas deste critério é possível concluir que este procedimento tende a atribuir maior confiabilidade à validação do método.

6.1.4 Recomendações para o método de Basile *et al.* (2010)

O método proposto por Basile *et al.* (2010) apresenta performance geral abaixo da média e, ainda assim, figura como o preferido para um dos especialistas consultados.

Dentre as características analisadas, o método apresenta relevância para a aplicabilidade. Nesse critério o grupo de especialistas lhe atribuiu score similar aos métodos de Silva e Barbosa (2011) e de Dixon (1996). Todos esses métodos apresentam performance regular e metodologia similar, baseada no preenchimento de tabelas de atributos. O método em questão, assim como Silva e Barbosa (2011), se torna susceptível à subjetividade por não estabelecer valores de referência para vários dos atributos verificados, sendo recomendado o uso de tal ferramenta para melhorar esta característica, que também mostra desempenho mediano.

Para a capacidade de interpretação dos resultados, principal critério de análise na opinião dos especialistas, o método de Basile *et al.* (2010) apresenta novamente desempenho regular e similar aos métodos de Silva e Barbosa (2011) e Dixon (1996). Esta correspondência, assim como no caso do critério de aplicabilidade, se explica pela semelhança metodológica entre esses. Recomenda-se o aprofundamento da análise realizada pela tabela de atributos através de um maior detalhamento das características da travessia e do fluxo de pedestres para subsídio ao projeto.

O método de Basile *et al.* (2010) dispensa a realização de pesquisas complementares sendo plenamente aplicável a partir da visita de campo. Conforme anteriormente comentado, esta peculiaridade tende a ser avaliada de duas formas pelo grupo de especialistas: vantagem pela facilidade de aplicação e desvantagem pela falta de dados que confirmam ao método maior credibilidade. Visando melhorar o desempenho neste critério propõe-se a introdução de alguns levantamentos de simples aplicação para melhor caracterizar as condições de travessia. Esta sugestão tem ainda potencial para reduzir a subjetividade do método, tratando de forma direta critérios ainda relacionados à opinião do aplicador.

Para o nível de consolidação do método foi definido pelos especialistas baixo grau de atendimento, uma vez que sua adequação foi verificada pelo uso e pelo autor. Por analogia à análise dos especialistas para os outros métodos, conclui-se que o apoio de um grupo técnico de especialistas para validação do método, além dos testes até então realizados, tenderia a valorizar o método para esse critério.

Outra deficiência apontada pelos especialistas corresponde à especificidade do método. O fato de ter sido desenvolvido estritamente para avaliar as condições de segurança em travessias de pedestre o penaliza tanto no critério de abrangência quanto na avaliação da sua capacidade de subsidiar análises macroscópicas e microscópicas. No entanto, vale salientar que, segundo os autores, este método foi desenvolvido especialmente focado na questão da segurança viária. Sua especificidade é conceitual, e não deve ser tratada como defeito, mas uma particularidade. Ainda assim o seu desempenho quanto à abrangência da análise pode ser melhorado se deliberar também sobre o uso de equipamentos de moderação de tráfego. Estes dispositivos são impactantes nas condições de segurança e, portanto, pertinentes ao método e sua singularidade. Além disto, o respeito à existência de dispositivos moderadores de tráfego foi valorizado pelo grupo de especialistas em outros métodos analisados.

Contudo, para sua postulação a método padrão esta especificidade em relação à segurança deve ser eliminada através de complementos metodológicos, que o tornem capaz de avaliar mais explicitamente questões relacionadas às condições de fluxo, atratividade, etc. Esta alteração demanda a realização de um significativo número de complementos que podem ser realizados integrando-o aos outros métodos estudados. Pelo grande número de adequações necessárias é aconselhável que este método seja apontado, principalmente, como modelo de praticidade para os demais métodos ou em análises específicas nas quais a segurança seja determinante do tratamento.

6.1.5 Recomendações para o método de Nunes *et al.* (2010)

O método proposto por Nunes *et al.* (2011) se mostrou como um dos principais métodos avaliados pelo grupo de especialistas com uma pontuação geral equivalente a 75,77% daquele com melhor desempenho (HCM 2010) e muito próximo do segundo classificado. O método foi ainda preferido por três dos sete profissionais consultados.

O método tem boa aderência nos critérios sobre interpretação dos resultados e abrangência da análise. Em relação à abrangência de análise destaca-se como o único método a vislumbrar travessias em desnível. Além desta peculiaridade, avalia o impacto de equipamentos de acessibilidade universal e moderação de tráfego, item valorizado pela opinião dos especialistas.

Demanda cálculos detalhados e análise de um amplo espectro de variáveis para avaliação da travessia. Esta característica permite uma análise detalhada de vários aspectos da travessia e permite traduzir os resultados obtidos em intervenções, beneficiando sua avaliação quanto ao critério de interpretação dos resultados.

Dessa variedade de cálculos e dados deriva também a principal deficiência do método, segundo a avaliação do grupo de especialistas. A sua baixa aplicabilidade o penaliza significativamente neste critério e, para tal, aconselha-se procurar formas de simplificar tanto a etapa de cálculo quanto a coleta de dados. Segundo o autor, uma planilha eletrônica foi desenvolvida para facilitar a sua fase de cálculo, restando assim a sugestão de rever a necessidade e amplitude dos levantamentos complementares para reduzir o custo de sua utilização. Esta dificuldade se reflete também no critério “pesquisas complementares” para o qual o método de Nunes *et al.* (2011) obteve a menor pontuação entre os métodos analisados. Embora os levantamentos sejam de execução simples, quando analisados individualmente podem representar um custo demasiado ao considera-los plenamente.

Ainda relacionado à complexidade de cálculo e quantidade de levantamentos complementares necessários destaca-se que o método possui baixa subjetividade. A maior parte dos critérios da travessia é avaliada de forma objetiva e alheia à opinião do técnico que o aplica, no entanto, principalmente para um método que exige tantos levantamentos e análises, recomenda-se a eliminação de avaliações subjetivas através do uso de parâmetros e valores de referência.

O método foi desenvolvido especificamente para análise de travessias e, por este motivo, obteve pontuação regular no critério que avalia a capacidade de análise macro e microscópicas. Esse desempenho pode ser ainda melhorado associando o método a um segundo que avalie os trechos de calçada, como o Índice de Qualidade de Calçadas (IQC) proposto por Ferreira e Sanches (2001) ou ampliando-o para tal.

Neste ponto é relevante destacar que, dentre os métodos estudados, o proposto por Nunes *et al.* (2011) é o único que não estabelece uma pontuação geral para a análise. Além disso, o método não determina um nível de serviço para o local em avaliação, sendo recomendada a sua evolução com base em um terceiro método que o faça, como o proposto por Khisty (1994).

Para avaliação do nível de consolidação, o método apresenta resultado mediano ou fraco. A sua validade foi comprovada somente pelo próprio autor. Assim, recomenda-se o apoio de um grupo técnico validador, conferindo ao mesmo maior credibilidade.

Por fim, salienta-se que por ter sido desenvolvido fora do Brasil e adotar parâmetros locais, o método de Nunes *et al.* (2011) deve ser adaptado para uso fora do país de origem. Além disto, parte da análise realizada se baseia no uso do HCM 2000, sendo recomendável a sua atualização para adoção dos métodos e formulações mais recentes do HCM 2010.

6.1.6 Recomendações para o método de Muraleetharan *et al.* (2005)

O método proposto por Muraleetharan *et al.* (2005) foi, dentre os métodos estudados, o menos valorizado pelo grupo de especialistas, com uma nota geral 24,48% abaixo da média e 55,5% do método de maior aderência. Pela análise individual o método foi o pior classificado para três dos sete especialistas.

Esta rejeição se explica parcialmente pela falta de destaques. Apenas para o critério aplicabilidade o método mostra desempenho relevante. A aplicação se baseia no preenchimento de uma planilha simplificada que avalia três características (conversão de veículos, espaço disponível para pedestres e existência de equipamentos) e uma equação polinomial. Para os demais critérios o método apresenta pouca atratividade em relação à avaliação dos especialistas.

Em relação ao critério que avalia a abrangência da análise, o método tem desempenho intermediário, uma vez que é útil para qualquer tipo de travessia em nível e analisa a

existência de equipamentos de acessibilidade universal. O seu desempenho pode ser ainda melhorado pela maior apreciação dos equipamentos de moderação de tráfego.

A aplicação do método depende apenas de visita de campo e do levantamento do tempo semaforico, que pode ser dispensado caso os dados de programação semaforica estejam disponíveis. A exemplo de outros métodos estudados, a ausência de levantamentos complementares pode ser entendida como vantagem, por simplificar a aplicação, ou deficiência, por não conferir credibilidade à avaliação. Assim sendo, recomenda-se a inclusão de levantamentos complementares de fácil realização e com parcimônia.

O método foi desenvolvido especificamente para análise de travessias, o que compromete o seu desempenho para o critério de “micro e macro análises”. Para reduzir este impacto, recomenda-se a associação a um método de calçada de forma a permitir a análise de trechos completos de caminhada.

A validação do método foi feita apenas pelo autor do trabalho, o que reduz a sua aderência ao critério “consolidação”. Para evolução do método neste quesito sugere-se a sua revalidação com o apoio de um grupo de especialistas. Este procedimento, conforme percebido pelo presente estudo, confere ao método maior confiabilidade.

Para o critério que avalia a interpretação dos resultados e facilidade em convertê-los em propostas de intervenção, o método de Muraleetharan *et al.* (2005) apresenta performance especialmente ruim. Isto acontece porque, além do pouco detalhamento e aprofundamento das análises e variáveis, visto também em outros métodos, o peso das variáveis muda conforme o nível de qualidade percebido em campo, dificultando a compreensão de seu impacto na qualidade da travessia e a simulação de intervenções. É notável que esta forma de tratar os dados seja conceitual e intrínseca ao método, no entanto, uma revisão para adotar formas de melhorar a capacidade e facilidade de interpretação dos resultados mostra-se imperativa.

O estudo fundamenta a análise em três critérios básicos para definição da nota da travessia e, por este motivo, se torna significativamente susceptível à subjetividade caso um destes não seja definido de forma objetiva. Como a avaliação do espaço disponível é totalmente baseada na opinião do técnico, recomenda-se a adoção de um parâmetro mais objetivo visando reduzir a subjetividade e melhorar a avaliação do método neste critério. O método HCM 2010, muito bem avaliado neste estudo, apresenta metodologia específica para cálculo da densidade de

tráfego e espaço disponível e pode ser apontado como uma alternativa válida para este propósito.

Sugere-se ainda a parametrização dos critérios de avaliação, estabelecendo limites fixos e claros que orientem melhor a definição do nível de cada um, como forma de reduzir a subjetividade do método. Esta parametrização é benéfica ainda por facilitar a interpretação dos resultados e a definição de intervenções, característica importante e deficiente do método conforme a avaliação dos especialistas.

Muito embora o método tenha sido mal avaliado pela consulta aos especialistas, as análises teórica e prática o destacam como um dos métodos de mais fácil aplicação e devidamente abrangente quanto aos tipos de travessia cobertos.

6.2 *Discussão das propostas de padronização*

Além de melhor compreender os métodos de avaliação de travessias de pedestres para sugestão de avanços, o presente estudo visa definir um método padrão para análise de travessias urbanas. Seguindo a metodologia estabelecida, foi selecionado dentre os métodos estudados o mais adequado à padronização com base, principalmente, nos dados e opiniões expressos pelo grupo técnico através da consulta com o método de análise hierárquica. Salienta-se, no entanto, que a consulta não vigora como única ferramenta de escolha, sendo a definição realizada também a partir dos resultados da análise teórica dos métodos e pelo trabalho desenvolvido em campo. A análise realizada pelo grupo de especialistas subsidia especialmente a escolha dos parâmetros mais significativos, e apoia a construção de uma tendência, mas outros aspectos também foram avaliados e descritos adiante.

Além dos métodos submetidos ao grupo de especialistas, esta seção faz referência aos métodos propostos por Khisty (1994), Sarkar (1995) e Araújo *et al.* (2008) que, embora não tenham sido avaliados pelos profissionais consultados, foram analisados nesta dissertação e contribuem especialmente para a formulação de estudos futuros.

Antes de deliberar sobre a escolha do método padrão apresenta-se a Tabela 6.3 para subsídio e apoio à decisão. Esta tabela contém as principais vantagens e desvantagens de cada método conforme avaliado pelo grupo de especialistas e foi elaborada como um resumo do quadro comparativo anteriormente apresentado. A definição de importância de cada característica e da sua condição, como negativa ou positiva, foi baseada, principalmente, nas definições do

grupo de especialistas, mas as análises teórica e prática realizadas no estudo apoiaram a construção da referida tabela.

Tabela 6.3: Principais vantagens e desvantagens dos métodos analisados

Método	Vantagens	Desvantagens
HCM 2010	Consagrado Resultados detalhados Isento de subjetividade Adaptabilidade à análise de rota	Não permite avaliação qualitativa Aplicação complexa
Dixon (1996)	Boa aplicabilidade Baixa subjetividade Bem consolidado Regularidade de desempenho nos vários critérios Adaptabilidade à análise de rota	Não considera equipamentos de acessibilidade e moderação
Silva e Barbosa (2011)	Grande aplicabilidade. Não depende de levantamentos complementares	Não consolidado
Basile et al. (2010)	Grande aplicabilidade	Especificidade da análise (restrita à segurança) Incompatível com análise de rota Pouco consolidado
Nunes et al. (2010)	Análise completa de vários aspectos da travessia Resultados detalhados	Não apresenta um NS final Aplicação complexa Pouco consolidado Necessidade de muitos levantamentos complementares
Muraleetharan et al (2005)	Grande aplicabilidade	Análise de pouca profundidade Pouco consolidado Não é compatível com um modelo de rota Subjetivo Dificuldade de interpretação dos resultados Desempenho geral fraco

6.2.1 Abordagem teórica e prática

A partir da experiência de aplicação simultânea dos métodos de avaliação de travessia e da extensa pesquisa bibliográfica necessária à seleção destes foi possível consolidar uma visão ampla e geral e de maior profundidade sobre os métodos.

As principais conclusões e ponderações sobre cada método foram apresentadas aos especialistas para consulta o mais detalhadamente possível através do resumo executivo apresentado no Apêndice C anteriormente citado. Ainda assim, o contato destes profissionais

com os métodos avaliados se deu de forma breve e pouco aprofundada, estando sujeita a hábitos profissionais e incertezas que tendem a perturbar a decisão individual e, conseqüentemente do grupo, comprometendo potencialmente a definição do método padrão.

Por este motivo, para consolidação de um resultado final e definição do método padrão coerente com os objetivos propostos, a perspectiva mais aprofundada sobre os métodos de avaliação de travessias de pedestres, proveniente das análises teórica e prática, deve ser ponderada destacadamente.

Por este ângulo, abordando-se os nove métodos inicialmente levantados, os objetivos e observações realizadas ao longo deste trabalho pode-se destacar algumas peculiaridades da avaliação do fluxo de pedestre, principalmente no momento da travessia, para selecionar entre os métodos examinados aqueles que melhor se encaixam no atual contexto de análise e estudo do caminamento de pedestres.

Com base na análise conjunta dos métodos foi possível perceber que cada um possui suas especificidades, com vantagens e desvantagens que devem ser ponderadas no momento da definição de um padrão para análise de travessia.

Alguns dos métodos propostos não devem ser considerados isoladamente. Os próprios autores apresentam a necessidade de análises complementares para a definição de um nível de serviço final. Os casos mais claros apresentados são os dos métodos Khisty (1994), Araújo *et al.* (2008) e HCM 2010.

Outros, intencionalmente, apresentam uma análise muito específica, como é caso de Araújo *et al.* (2008) e Basile *et al.* (2010). Tais métodos se propõem a realizar uma análise realmente focada em determinado tipo de travessia ou aspecto da mesma, e por este motivo não se pode considerar que tal característica seja uma deficiência, no entanto, em uma análise comparativa, isto é uma desvantagem.

Para o caso de Araújo *et al.* (2008), esta desvantagem pode ser sanada ao considerar a sua análise em conjunto com a metodologia de Khisty (1994), na qual o método se referencia, para que seja possível cobrir todos os tipos de travessia.

Basile *et al.* (2010) apresenta vantagens significativas de aplicabilidade e, embora não ofereça uma análise completa sobre todos os aspectos que influenciam na qualidade de uma travessia, o método pode ser considerado pertinente para a comparação com os demais.

O método proposto por Sarkar (1995), além de ser focado exclusivamente na análise das condições de segurança, é destinado à avaliação de rota, não existindo uma consideração especial à travessia. As condições físicas e operacionais da travessia são cogitadas apenas nos parâmetros conflito e obstruções nas interseções e projeto visual e psicológico da análise microscópica, não fornecendo parâmetros suficientes para que a análise de travessia seja julgada isoladamente da rota.

Diferentemente, os métodos de Dixon (1996) e Silva e Barbosa (2011), embora sejam métodos de rota, realizam uma análise mais abrangente da qualidade da travessia e fornecem parâmetros suficientes para avaliá-la isoladamente através da adaptação do método. No entanto, em ambos os casos, o método carece de consolidação para seu uso.

Por fim, o método proposto por Nunes *et al.* (2010), embora necessite de adaptações para que possa ser utilizado fora do país de origem, se adéqua ao foco do estudo realizado. Recomenda-se também a sua atualização para adotar, na análise do nível de serviço e espaço, a metodologia sugerida pelo HCM 2010 ao invés da formulação proposta no HCM 2000.

O método de Nunes *et al.* (2010) se destaca ainda pelo nível de detalhamento da análise realizada e o significativo espectro de insumos que oferece à construção de projetos, e para o entendimento das deficiências de cada travessia. No entanto, este nível de detalhamento reflete-se também em uma maior complexidade de análise, que pode torna-lo inviável para avaliação de um elevado número de travessias ou ao longo de uma rota.

Neste ponto é importante salientar o desempenho do método de Muraleetharan *et al.* (2005) que, embora apresente uma análise menos aprofundada da travessia, tem significativa aplicabilidade, e é consolidado e abrangente o suficiente para ser utilizado como método padrão.

Considerando estes aspectos, com base em uma análise teórica e prática, sugere-se a associação dos métodos Muraleetharan *et al.* (2005) e Nunes *et al.* (2010) como padrão de análise para travessias. Sendo o método de Muraleetharan *et al.* (2005) apropriado para análises mais superficiais, ao longo de corredores e para grande número de travessias, e o método de Nunes *et al.* (2010) indicado para situações onde houver a necessidade de aprofundamento da análise e/ou em casos específicos.

6.2.2 Abordagem de análise da consulta aos especialistas

Tomando por base os resultados da consulta aos especialistas, o método HCM 2010 impõe-se como a escolha mais lógica para padronização. Este método teve aceitação significativamente superior aos demais e se destacou em diversos critérios avaliados. Salienta-se entre estas características o seu nível de consolidação e a utilidade dos resultados e valores gerados pelo método. Estas duas características são particularmente interessantes, pois na primeira a aprovação do método é muito superior a dos demais (134,56% superior à média), e a segunda pela importância do próprio critério. Além disto, o método é proeminente pela isenção da subjetividade e adaptabilidade às análises de rota.

No entanto, para definir o método HCM 2010 como método padrão duas deficiências devem ser tratadas. Inicialmente, a aplicabilidade do método é muito baixa, ao ponto do método ser penalizado com uma nota equivalente a 43,84% da média, sendo recomendada uma forma de torna-lo menos complexo. Em relação à incapacidade de realizar análises de atributos de natureza qualitativa, como segurança e conforto, é imprescindível salientar que, mesmo os especialistas consultados tendo considerado isto uma vantagem, os próprios autores e inúmeros estudiosos do assunto, explicitam a necessidade de uma análise complementar de cunho mais qualitativo.

Ambas as dificuldades acima podem ser dirimidas com o apoio do método de Dixon (1996). Este obteve também notável aceitação por parte dos técnicos, segundo a avaliação geral do grupo, com boa aplicabilidade e capaz de avaliar também aspectos qualitativos da travessia. Assim como o método HCM 2010, a proposta de Dixon (1996) é bem consolidada e isenta de subjetividade.

Muito embora o critério aplicabilidade não se destaque como um dos principais, respondendo por apenas 12,20% da nota de cada método segundo a opinião do grupo de especialistas, em casos específicos, de avaliação mais superficial para reconhecimento inicial de uma rota ou conjunto de travessias, a baixa aplicabilidade pode tornar-se problemática para o técnico responsável pela análise devido à grande quantidade de dados a serem coletados em campo. Neste caso, o uso do método de Dixon (1996) pode ser mais apropriado que o HCM 2010. Vale lembrar ainda que a proposta de Dixon (1996) foi originalmente desenvolvida para avaliação de rotas de pedestres, o que reforça a opção de associação entre os métodos como adequada. Na hipótese de união dos métodos, o HCM 2010 se aplica em análises locais, ou

em travessias problemáticas identificadas pelo método complementar, para a definição de intervenções e tratamento.

Adotando-se a consulta aos especialistas como parâmetro básico para a definição do método padrão e tendo se constatado situação equivalente à condição obtida na abordagem teórica e prática, sugere-se da mesma forma a associação de dois métodos como padrão para a realização da análise de travessias: os métodos Dixon (1996), válido para avaliações mais rasas ao longo de corredores ou em um significativo número de travessias; e HCM 2010, aplicado em casos específicos e/ou em situações que exigirem maior detalhamento.

6.3 Proposta de padronização

Para a construção de uma proposta de padronização do método de avaliação das travessias de pedestres, que se pretende com este estudo, foi proposta uma abordagem de análise teórica e prática seguida pela seleção do método com o apoio de um grupo de especialistas. No entanto, para a definição propriamente dita, fez-se necessário destacar a importância de duas formas distintas de abordagem. Uma definição agregadora e consolidada emerge de uma abordagem compartilhada e conciliadora entre a visão aprofundada e individual das análises teórica e prática e o consenso generalista obtido pela consulta aos especialistas.

Pela perspectiva de análise teórica e prática foi sugerido como padrão o uso do método Nunes (2010) para detalhamento e definições de projeto associado ao método Muraleetharan *et al.* (2005) utilizado em análises mais superficiais ou ao longo de corredores com várias travessias.

A partir dos resultados obtidos pela consulta aos especialistas é explícita a preferência pelo método HCM 2010, que obteve desempenho substancialmente superior aos demais métodos avaliados. Também por esta concepção foi sugerido o uso de um método complementar, com maior aplicabilidade, para a análises iniciais e/ou superficiais ao longo de corredores, visto que o método HCM 2010 mostra-se bastante complexo e dispendioso para avaliação de vários pontos. Neste caso foi aventado o método Dixon (1996) que obteve boa aderência às demandas do grupo de especialistas e foi originalmente desenvolvido para a análise de corredores.

Mesmo priorizando a postura consensual obtida pela consulta aos especialistas, não se pode negligenciar a postura do próprio TRB que, segundo Khisty (1994), já na versão de 1985 do HCM salientava a necessidade de uma análise qualitativa complementar, visto que a visão

puramente quantitativa do método é insuficiente para qualificar o caminhar de pedestres e suas estruturas.

Embora a precisão do método não tenha sido objeto de julgamento pelos especialistas durante a consulta técnica, vale observar que, por realizar uma análise puramente qualitativa, o método HCM é potencialmente destoante dos demais no julgamento de determinadas travessias, como ocorreu na avaliação da travessia da Rua Alexandre Barbosa, onde os demais métodos foram unânimes em qualifica-la como precária pelas condições de tratamento do local, mas o método HCM 2010 qualificou-a como excelente por não causar atraso na caminhada. Conforme anteriormente comentado, esta condição não é proibitiva da padronização, visto que o intuito do presente estudo é também orientar o desenvolvimento do método, mas corrobora a sua deficiência causada pela ausência de análise qualitativa e reforça a decisão de não sugeri-lo como o método padrão, de imediato.

Isto posto, sugere-se a adoção de Nunes *et al.* (2010) como método padrão para análise de travessias. Ele utiliza parte do HCM 2000, antecessor do método escolhido pelos especialistas, para avaliação das condições de circulação, densidade e atraso na travessia e incorpora ao método HCM a capacidade de avaliação dos aspectos ambientais e qualitativos impactantes no fluxo de pedestres, conforme orientam os próprios autores do manual, além de suprir a deficiência do HCM 2010 quanto à abrangência da análise. Embora não tenha sido o método priorizado pelos especialistas na análise geral, obteve boa aceitação, com pontuação referente a 75,8% da nota do HCM 2010, e foi o preferido de três dos sete especialistas consultados assim como o anterior. O método Nunes *et al.* (2010) é igualmente detalhado e se destaca pela qualidade dos dados para interpretação dos resultados e apoio à elaboração de projetos, principal critério de avaliação segundo a consulta aos especialistas. De forma similar, o método apresenta alta complexidade e baixa aplicabilidade, destacando-se do HCM 2010 pela sua excelente abrangência de análise. Em relação ao HCM 2010, a proposta de Nunes *et al.* (2010) carece basicamente de uma melhor consolidação.

Em ambas as perspectivas de exame, a adoção de um método padrão único se mostrou inviável. Isto ocorre pelo fato de que, para uma análise detalhada e minuciosa das características da travessia, considerada fundamental pelos especialistas, o método tende a demandar uma grande quantidade de dados e ter relativa complexidade de aplicação, penalizando a sua usabilidade. Esta característica é comum aos métodos Nunes *et al.* (2010) e

HCM 2010 e, em ambos os ângulos de análise, o método padrão mostra-se inexecutável para avaliação de um grande número de travessias ou ao longo de corredores com várias travessias.

A solução adotada nas duas perspectivas é o apoio de um método complementar, de maior aplicabilidade, que possa ser adotado para análises exploratórias e de corredores. Pela consulta aos especialistas é proposto o método Dixon (1996) como método supletivo. Este teve bom recebimento por parte do grupo de avaliação, que o elencou em segundo na preferência geral, com nota igual a 78,0% da nota máxima. Teve bom desempenho em praticamente todos os critérios de avaliação e se destacou quanto ao seu nível de consolidação, adequação à análise micro e macroscópica e isenção à subjetividade. Quanto à aplicabilidade se observa que, embora não tenha se sobressaído dos demais, obteve desempenho eficiente neste critério e mostra-se adequado à função de método complementar.

Em especial atenta-se para o fato do método Dixon (1996) ter sido originalmente desenvolvido com o objetivo de permitir a avaliação de rotas de pedestres, e por este motivo obter excelente pontuação no critério de análise micro e macroscópica. Embora o método tenha sido adaptado à análise específica da travessia de pedestre, para esta avaliação é imprescindível sugerir, para a função complementar, o uso do método primordial desenvolvido especificamente para este fim. Esta sugestão sacramenta o seu bom desempenho no critério de consolidação e dispensa a revalidação do método, que seria necessária caso se adotasse a versão adaptada como complemento ao método de Nunes *et al.* (2010). Nesta opção os critérios sobre conflito, nível de serviço motorizado e manutenção do método Dixon (1996) devem ser observados criteriosamente para se permitir a avaliação das travessias em uma determinada rota.

Pelos objetivos do presente trabalho, o método padrão deve ser tomado também como ponto de partida para o desenvolvimento de uma rotina de análise do caminhar mais adequada aos anseios dos técnicos da área. Para este fim outras características passam a ser determinantes na definição deste.

Da mesma forma que cada um dos métodos apresenta significativas vantagens, nenhum deles pôde ser acatado como ideal. Assim, cabe como sugestão para evolução dos estudos um método que necessite de menos adaptações para se moldar às qualidades dos demais e com condições de integrar uma metodologia completa para análise do caminhar em âmbito geral e local, priorizando-se aqueles com melhor desempenho nas avaliações dos técnicos e candidatos diretos à seleção como método padrão.

Dentre as deficiências apontadas para cada método, o que se mostra mais simples de ser corrigido é o proposto por Nunes *et al.* (2010), que corresponde também à presente sugestão de método padrão. As suas principais deficiências mostram-se facilmente supráveis em relação às outras propostas, com exceção da sua complexidade de aplicação.

De imediato se propõe a atualização do método de Nunes *et al.* (2010) para incorporar a metodologia mais atual sugerida pelo TRB. A incorporação do HCM 2010 pelo método de Nunes *et al.* (2010) tende ainda a preservar a baixa aplicabilidade, e para sanar esta deficiência atenta-se para a agregação de outros métodos com maior aplicabilidade.

É ainda possível perceber, ao aplicar os métodos proposto por Silva e Barbosa (2011), Dixon (1996) e Basile *et al.* (2010), que existe uma tendência na rotina de trabalho para se adotar o uso de formulários de campo. Esta alternativa pode ser considerada para simplificar a análise proposta por Nunes *et al.* (2010). A necessária consolidação, detalhamento e refinamento destes convergiriam no desenvolvimento de uma metodologia parecida com a proposta por Nunes *et al.* (2010), porém capaz de definir um nível e serviço final e compatível com a análise de rota. Esta condição induz a sugestão de uma consolidação e convergência dos métodos Silva e Barbosa (2011) e Dixon (1996) para a proposta de Nunes *et al.* (2010) como relevante para evolução do método padrão. No entanto, esta condição demanda a realização de uma ampla gama de estudos e em longo prazo.

Observa-se ainda a necessidade de tornar o método padrão associável à análises macroscópicas ao longo de corredores. Sugere-se a fusão do método de Nunes *et al.* (2010) aos métodos de Silva e Barbosa (2011), para torná-lo compatível com a análise de calçadas e rotas e, ao método de Khisty (1994) para permitir a obtenção de um nível e serviço global.

Em resumo, propõem-se a adoção do método Nunes *et al.* (2010) como método padrão para avaliação das travessias de pedestres. Este método servirá ainda de base para a evolução dos estudos e construção de um método ideal ao associá-lo aos demais analisados. A princípio, para o caso da análise de rotas, de um grande número de travessias, ou em análises mais superficiais onde a baixa aplicabilidade torna-se um obstáculo, o método padrão pode ser antecedido e/ou complementado pelo método Dixon (1996) em seu formato originalmente sugerido (não adaptado à travessias) que considera a avaliação de rotas de pedestres.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da bibliografia especializada sobre a circulação de pedestres nas vias urbanas permite identificar uma série de métodos para avaliação da travessia de pedestres. Embora muitos estudos tenham sido elaborados, até o presente momento, não é explícita a formação de uma tendência para esta análise. Observam-se diversas formas de se proceder, discrepantes entre si, desenvolvidas concomitantemente.

A partir desta constatação, o estudo apresentado propôs analisar os principais métodos de avaliação de travessias de pedestres e compará-los quanto a aspectos teóricos, de campo e práticos para proposição de um padrão de análise. Além desta definição, o estudo buscou contribuir com a sugestão de avanços para os principais métodos analisado e, em especial, a recomendação de aperfeiçoamento do método padrão de forma a contribuir para o aprimoramento das ferramentas de engenharia direcionadas ao pedestre.

Tomando estes objetivos foi elaborada uma metodologia de trabalho que envolveu, inicialmente, uma ampla pesquisa bibliográfica que identificou nove diferentes métodos de avaliação para travessias de pedestres. Posteriormente os métodos encontrados foram investigados por meio de análise em três etapas. A análise teórica, resultante da pesquisa bibliográfica, avaliou questões referentes aos conceitos utilizados, abordagens e métodos aplicados para obtenção de um resultado. Nesta fase foi realizada ainda a adaptação de métodos inicialmente desenvolvidos para rotas de pedestres de forma que pudessem ser aplicados especificamente nas travessias. Em seguida, a análise de campo observou o desempenho de cada método quanto aos levantamentos necessários para, então, apartar aqueles com exigências incoerentes com os demais. Por fim, a análise prática consistiu na aplicação propriamente dita dos métodos, qualificando-os quanto à complexidade de cálculo e quanto à capacidade de orientar o técnico na concepção do projeto de intervenção.. Estas análises apontaram os métodos com melhores condições para a padronização.

Seis dentre os nove métodos inicialmente estudados foram submetidos à avaliação por um grupo de especialistas. Os métodos submetidos a esta consulta foram: (i) HCM 2010, (ii) Dixon (1996), Silva e Barbosa (2011), (iv) Basile *et al.* (2010), (v) Nunes *et al.*(2010), e Muraleetharan *et al.* (2005). A consulta a esse grupo foi conduzida utilizando-se o Método de Análise Hierárquica – MAH para fundamentar a escolha do método padrão. Foram adotados oito critérios para o julgamento dos métodos, a saber: (i) subjetividade, (ii) capacidade de

análise qualitativa / quantitativa, (iii) capacidade de realização de análises macro e microscópicas, (iv) interpretação dos resultados, (v) consolidação, (vi) pesquisas complementares, (vii) aplicabilidade, e (viii) abrangência da análise.

As análises teóricas e práticas realizadas no presente trabalho, bem como a consulta ao grupo de especialistas utilizando o MAH, foram capazes de destacar dentre os nove métodos inicialmente levantados, dois com melhor desempenho, Nunes *et al.* (2010) e Dixon (1996), que, sugere-se, sejam abalizados em conjunto para a definição de um procedimento padrão de análise.

Para uma análise mais aprofundada, casos em que seja necessário intervir em projeto, ou em análises mais localizadas, sugere-se a utilização do método Nunes *et al.* (2010), devido à natureza detalhada do diagnóstico realizado e de sua abrangência de análise, capaz de lidar com as características qualitativas e quantitativas independentemente do tipo de tratamento viário adotado na travessia. Este método demonstrou boa aderência durante a consulta aos especialistas, principalmente, pela facilidade de interpretação dos resultados e abrangência da avaliação. Destacou-se em importantes critérios julgados pelos especialistas e teve bom desempenho em todos os demais, com exceção da aplicabilidade.

Desta forma, visando sanar a principal deficiência do método Nunes *et al.* (2010), sugere-se a utilização de um segundo método como complemento. Para aplicações mais superficiais, ao longo de corredores ou em grande número de travessias, recomenda-se o método proposto por Dixon (1996), conforme desenvolvido originalmente, como opção mais adequada pela praticidade e facilidade de aplicação no reconhecimento inicial do problema. Este método é bem consolidado e foi originalmente desenvolvido para análise de rotas permitindo uma avaliação integrada entre a travessia e o restante do trecho de caminhada, pontos críticos do método Nunes *et al.* (2010).

Foi possível ainda apontar, durante o estudo, as deficiências apresentadas por cada um dos métodos plenamente analisados, e sugerir complementos e ajustes para que possam ser otimizados.

Para o método HCM 2010, preferido pelos especialistas, que se atem exclusivamente à avaliação quantitativa e de fluxo, sugere-se a associação a um segundo método de forma a permitir a avaliação também de aspectos qualitativos, referentes à qualidade ambiental e

conforto. Esta recomendação provém do próprio manual e é objeto específico do estudo de Khisty (1994).

Os métodos de Silva e Barbosa (2011), Basile *et al.* (2010), Nunes *et al.* (2010) e Muraleetharan *et al.* (2005) foram julgados como suscetíveis à subjetividade e, para estes, recomenda-se a adoção de valores de referência para o julgamento dos critérios e o apoio ao levantamento de campo que reduzam esta imperfeição.

A adaptabilidade à análise micro e macroscópicas é tida como deficiente para os métodos de Silva e Barbosa (2011), Basile *et al.* (2010), Nunes *et al.* (2010) e Muraleetharan *et al.* (2005). Estes métodos, com exceção do primeiro, foram desenvolvidos especificamente para travessias e poderiam ter sido mais bem avaliados pelos especialistas consultados, caso incorporassem um modelo mais completo, que permita a avaliação de rotas de pedestres de forma integrada.

A facilidade de utilização dos dados para concepção de projetos é conceituada como a principal característica de um método e, neste ponto, sobressaem os métodos que oferecem um maior detalhamento de informações e cálculos durante a análise. Este atributo é significativamente conflituoso para o método de Muraleetharan *et al.*(2005).

O processo de consolidação do método foi mais bem aceito pelos especialistas consultados quando envolve o apoio de um grupo técnico de validação ou, no caso do HCM 2010, um longo histórico de desenvolvimento. Desta forma, recomenda-se que os métodos de Silva e Barbosa (2011), Basile *et al.* (2010), Nunes *et al.* (2010) e Muraleetharan *et al.* 2005) sejam consistidos por um grupo de profissionais, além de pelos autores e pelo uso recorrente.

Para a realização de pesquisas complementares foi detectada uma situação conflituosa na avaliação dos especialistas, na qual tanto a ausência quanto a necessidade de várias pesquisas foram privilegiadas, respectivamente para os métodos de Silva e Barbosa (2011) e HCM 2010. Neste ponto recomenda-se, para todos os métodos, parcimônia no uso de tais levantamentos, empenhando-se para equilibrar a sua quantidade de forma a dar solidez à análise, sem elevar em demasia o custo de utilização.

A aplicabilidade, referente à facilidade de cálculo e levantamento das informações, é particularmente deficiente para os métodos HCM 2010 e Nunes *et al.*(2010). Em ambos os casos a complexidade de cálculo reflete um maior detalhamento da análise, apontado como vantajoso pelos especialistas e, por este motivo, recomenda-se o uso de programas ou

planilhas eletrônicas que facilitem a aplicação do método sem comprometer a riqueza de informações.

A abrangência de análise é problemática principalmente para os métodos Basile *et al.* (2010) e Dixon (1996). Em ambos os casos a inclusão de parâmetros específicos, que valorizem a existência de equipamentos de moderação de tráfego e acessibilidade universal, pode ser benéfica.

Por fim, foi possível propor o aprimoramento do método padrão pela conciliação desse com os demais. Inicialmente sugere-se a sua atualização para incorporar a metodologia apresentada pelo HCM 2010, recentemente desenvolvida pelo TRB, em substituição a sugerida pelo HCM 2000, originalmente utilizado pelo método Nunes *et al.* (2010). Em um segundo momento é recomendado a sua associação a métodos como os propostos por Silva e Barbosa (2011) e Dixon (1996) para ampliar a sua aplicabilidade e também ao método de Khisty (1994) para permitir uma avaliação integrada com o restante da rota.

Uma importante inferência do presente trabalho, é que cada um dos métodos discutidos apresenta vantagens e desvantagens. Por mais óbvia que seja tal observação é importante fazê-la, para que a proposição de um método padrão não signifique a negligência aos demais. Ao contrário, o pretendido pelo estudo é que, ao reuni-los e analisá-los em conjunto, fossem apontadas as características mais marcantes e importantes para um método de avaliação de travessias.

A proposição de um método padrão não se trata de estabelecer um ponto final para a discussão, mas sim um ponto de partida para o desenvolvimento de um modelo que seja academicamente adequado e minimamente condizente com os anseios da comunidade técnica que irá utilizá-la. Este trabalho trata também de uma provocação para que os esforços de pesquisa, tão escassos na disciplina, sejam centralizados em torno de um objetivo comum.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Fabíola de Oliveira. *Análise de métodos para avaliação da Qualidade de Calçadas*. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

ANDRADE, Giovani Meira de; DOMENEGHINI, Jennifer; MORANDO, João Paulo S. K. Princípios do Novo Urbanismo no desenvolvimento de bairros Sustentáveis brasileiros. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 2, n. 1, 2013.

ARAÚJO, Georgia Penna de. *Avaliação Qualitativa de travessias para pedestres em cruzamentos semaforizados*. 1999. 205 f. Dissertação (Mestrado em ciências em engenharia de transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

ARAÚJO, Georgia Penna de; BRAGA, Marilita Gnecco de Camargo. Methodology for the qualitative evaluation of pedestrian crossings at road junctions with traffic lights. **Transportation**, v. 35, n. 4, p. 539-557, 2008.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP (Brasil). **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2013**. São Paulo: Antp, 2015. 96 p. Disponível em: <<http://www.antp.org.br/website/produtos/sistema-de-informacoes-da-mobilidade/show.asp?ppgCode=63451652-6DEE-4CCE-81D5-1162F86C1C19>>. Acesso em: 17 jan. 2016.

BARBOSA, Heloísa Maria. **Moderação de Tráfego**: Belo Horizonte: UFMG, 2010. 50 slides, color

BARROS, Aluísio JD et al. Acidentes de trânsito com vítimas: sub-registro, caracterização e letalidade. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 4, p. 979-986, 2003.

BASILE, O.; PERSIA, L.; USAMI, D. S.; *A methodology to assess pedestrian crossing safety*. 3 de setembro de 2010. Disponível em:<springerlink.com>

BELO HORIZONTE. BHTRANS - Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte. Secretaria Municipal de Regulação Urbana. **Manual de medidas moderadoras de tráfego**: Belo Horizonte: Bhtrans, 1999. 200 p.

BOAS, Cíntia de Lima Vilas. Análise da aplicação de métodos multicritérios de apoio à decisão (MMAD) na gestão de recursos hídricos. **Brasília: UnB/FACH**, 2006.

BRADSHAW, Chris. A Rating System for Neighborhood Walkability: towards an agenda for local heroes. **Ottawa, Canada**, 1993.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. Ministério dos Transportes. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, 2006. 384 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. Ministério dos Transportes. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. Rio de: Ministério dos Transportes, 2010. 392 p.

BRASIL. Lei nº 12587, de 03 de janeiro de 2012. **Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Brasília, DF,

BRASIL. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana - Semob. Ministério das Cidades. **Caderno de Referência para elaboração de plano de mobilidade urbana**. Brasília: Ministério das Cidades, 2015. 236 p.

- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. . **DataSUS**. 2016. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sih/cnv/fruf.def>>. Acesso em: 17 jan. 2016.
- BHUSHAN, Navneet; RAI, Kanwal. **Strategic decision making: applying the analytic hierarchy process**. Springer Science & Business Media, 2004.
- CAO, X.; HANDY, S. L.; MOKHTARIAN, P. L. The influences of the built environment and residential self-selection on pedestrian behavior: evidence from Austin, TX. v. 33, p. 1-20, 2006.
- CARVALHO, M. V. G. S. A. *Um modelo para dimensionamento de calçadas considerando o nível de satisfação do pedestre*. 2006. 170 f. Tese (Doutorado em engenharia civil: planejamento e operação de sistemas de transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- CARVALHO, Alexandra Maria. **Pós-modernismo: Passado ou Presente**. 2009. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Urbanismo, Departamento de Urbanismo, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2009.
- CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN. *Resolução 160/04*, 22 de Abril de 2004. Aprova o Anexo II do Código de Trânsito Brasileiro.
- CRUZ, Eduardo Picanço; COVA, Carlos José Guimarães. Teoria das decisões: um estudo do método lexicográfico. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, v. 1, n. 1, p. 26-35, 2007.
- CUCCI NETO, João. *APLICAÇÕES DA ENGENHARIA DE TRÁFEGO NA SEGURANÇA DOS PEDESTRES*. 1996. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- DEPARTMENT FOR TRANSPORT (Irlanda do Norte). The National Assembly For Wales. **THE ASSESSMENT OF PEDESTRIAN CROSSINGS**. Londres: The Stationery Office, 1995. 15 p.
- DIXON, Linda. Bicycle and pedestrian level-of-service performance measures and standards for congestion management systems. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1538, p. 1-9, 1996.
- DIXON, Max. A.; ALVAREZ, José A.; RODRIGUEZ, Jose; JACKO, Julie A. The effect of speed reducing peripherals on motorists' behavior at pedestrian crossings. *Computers ind. Engng*, Miami, v. 33, n. 1-2, p. 205-208, 1997.
- ENSSLIN, Leonardo; NETO, Gilberto Montibeller; NORONHA, Sandro MacDonald. **Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Insular, 2001.
- EVANS, Daphne; NORMAN, Paul. Understanding pedestrians' road crossing decisions: an application of the theory of planned behaviour. **Health Education Research**, v. 13, n. 4, p. 481-489, 1998.
- FERNANDES, Jozélia Assunção. *Análise dos locais críticos para implantação de dispositivos de segurança para pedestres*. 2008. 68 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- FERREIRA, M. A. G.; SANCHES, S. D. P. Índice de qualidade de calçadas – IQC. *Revistas dos transportes públicos*, São Paulo, v. 91, p. 47-60, 2001.
- GOEPEL, Klaus D.. **Business Performance Management**. 2015. Disponível em: <<http://bpmsg.com/>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

- GOEPEL, Klaus D. Implementing the analytic hierarchy process as a standard method for multi-criteria decision making in corporate enterprises—a new AHP excel template with multiple inputs. In: **Proceedings of the international symposium on the analytic hierarchy process, Kuala Lumpur, Malaysia**. 2013.
- GOLD, Philip Anthony. **Segurança de trânsito: aplicações de engenharia para reduzir acidentes**. BID, 1998.
- GOLD, P. A. Melhorando as condições de caminhada em calçadas. São Paulo, 2003. 33 p.
- GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, Marcela Cecilia González; CARIGNANO, Claudia. Tomada de decisão em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. **São Paulo: Pioneira Thomson Learning**, 2004.
- GOMES, Carlos Francisco Simões; GOMES, L. F. A. M. A função de decisão multicritério. Parte I: Dos conceitos básicos à modelagem multicritério. **Revista do Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial**, v. 2, n. 3, 2001.
- GOMES, Eliane Gonçalves; LINS, Marcos Pereira Estellita; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Seleção do melhor município: integração SIG-Multicritério. **Investigação Operacional**, v. 22, n. 1, p. 59-85, 2002.
- GRIGG, A. O. A review of techniques for scaling subjective judgements. 1978.
- GROEGER, John A.; BROWN, I. D. Assessing one's own and others' driving ability: influences of sex, age, and experience. **Accident Analysis & Prevention**, v. 21, n. 2, p. 155-168, 1989.
- GUGLIELMETTI, Fernando Ribeiro; MARINS, Fernando Augusto Silva; SALOMON, Valério Antonio Pamplona. Comparação teórica entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 23, 2003.
- HAMED, M. M. Analysis of pedestrians' behavior at pedestrian crossings. *Safety Science*, v. 38, p. 63-82, 2001. Disponível em: www.elsevier.com/locate/ssci
- Highway Capacity Manual 2010 (HCM2010). Desenvolvido por Transportation Research Board, 2015. Disponível em: http://www.trb.org/Main/Blurbs/Highway_Capacity_Manual_2010_HCM2010_164718.aspx. Acesso em 17 de dez. 2015.
- JANNUZZI, P. de M.; MIRANDA, WL de; SILVA, DSG da. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. **Revista Informática Pública**, v. 11, n. 1, p. 69-87, 2009.
- KHISTY, C. Jotin. **Evaluation of pedestrian facilities: beyond the level-of-service concept**. 1994.
- KNOBLAUCH, Richard L.; NITZBURG, Marsha; SEIFERT, Rita F. **Pedestrian Crosswalk Case Studies: Sacramento, California; Richmond, Virginia; Buffalo, New York; Stillwater, Minnesota**. 2001.
- LAVALETTE, Brigitte Cambon de; TIJUS, Charles; POITRENAUD, Sébastien; LEPROUX, Christine; BERGERON, Jacques; THOUEZ, Jean-Paul. Pedestrian crossing decision-making: A situational and behavioral approach. **Safety Science**, v. 47, n. 9, p. 1248-1253, 2009.
- LIMA, Telma CS; MIOTO, Regina Célia Tamasso. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katálysis**, v. 10, n. 1, p. 37-45, 2007.

LISBOA, Marcus Vinicius; WAISMAN, Jaime. Aplicação do Método de Análise Hierárquica–MAH para o auxílio à Tomada de Decisão em Estudos de Alternativas de Traçado de Rodovias. In: **Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Rio de Janeiro, Brazil**. 2003. p. 982-993.

MACÊDO, M. H.; SORRATINI, J. A.. Recomendações para a implantação de dispositivos para travessia de pedestres. In: CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO, SUSTENTÁVEL, 2., 2006, Braga, Portugal. **Anais...** . Braga, Portugal: Universidade do Minho, 2006. p. 1 - 12.

MCTRANS CENTER. **Overview: HCS 2010TM (Release 6.70) is available**. 2015. Disponível em: <http://mctrans.ce.ufl.edu/mct/?page_id=33>. Acesso em: 17 dez. 2015.

MELLO, M. B. A. *Estudo das variáveis que influenciam o desempenho das travessias de pedestres sem semáforo*. 2008, 225 f. Dissertação (Mestrado em engenharia de transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MINAS GERAIS. Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Secretaria Extraordinária de Gestão Metropolitana. **Pesquisa Origem Destino 2011 - 2012**. Belo Horizonte, 2013. 565 p

MOREIRA, Roberto. **Avaliação de projetos de transportes utilizando análise benefício custo e método de análise hierárquica**. 2000. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Civil)–Universidade estadual de Campinas.

MURALEETHARAN, Thambiah; ADACHI, Takeo; HAGIWARA, Toru; KAGAYA, Seiichi. Method to determine pedestrian level-of-service for crosswalks at urban intersections. **Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies**, v. 6, p. 127-136, 2005.

NUNES, Luís; RODRIGUES, Carlos; Avaliação de Passagens Pedonais. In: PANAM, 16, 2010, Lisboa.

PASSOS, Aderson Campos. **Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Cap. 4. Disponível em: <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/17608/17608_5.PDF>. Acesso em: 13 jan. 2016.

PESTANA, António. **Decisões com o método de análise hierárquica**. 2.3. ed. Cidade do Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2005. 134 p

PORATH, Pedro Henrique Machado. USO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA CONSTRUÇÃO DE MARINAS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 3-26, 2013.

PORTUGAL. Decreto-lei nº 163, de 08 de agosto de 2006. **Regime da acessibilidade aos edifícios e estabelecimentos que recebem público, via pública e edifícios habitacionais**. Lisboa, Disponível em: <http://www.inr.pt/bibliopac/diplomas/dl_163_2006.htm>. Acesso em: 13 jan. 2016.

ROCHA, F. U. S. A mobilidade a pé em Salvador. *Cadernos 2*, p. 41-60. Novembro de 2003.

RUTZ, N.; MERINO, E.; PRADO, F. Determinação do índice de caminhabilidade urbana. In: **16º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. Anais do 16º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito-ANTP**. Maceió. 2007. p. 1-8.

- SAATY, Thomas L. **What is the analytic hierarchy process?**. Springer Berlin Heidelberg, 1988.
- SARKAR, S. Macro level and micro level evaluation of pedestrian networks. **Transportation Research Record**, v. 1502, p. 105-118, 1995.
- SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication, bell System technical Journal 27: 379-423 and 623–656. **Mathematical Reviews (MathSciNet): MR10, 133e**, 1948.
- SILVA, Samuel Herthel Cunha; BARBOSA, Heloísa Maria. Proposição metodológica para avaliação direta de rotas de pedestre. In: **21º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. Anais do 21º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito-ANTP. Belo Horizonte**. 2011. p. 1-12.
- SILVA, Samuel Herthel Cunha e; BARBOSA, Saulo Horta; OLIVEIRA, Leise Kelli de. Determinação das características significativas para o pedestre em uma travessia em nível através do uso da técnica de preferência declarada. In: **21º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. Anais do 21º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito-ANTP. Belo Horizonte**. 2011. p. 1-13.
- TEKNOMO, Kardi; TAKEYAMA, Yasushi; INAMURA, Hajime. Microscopic pedestrian simulation model to evaluate lane-like segregation of pedestrian crossing. In: **Proceedings of infrastructure planning conference**. 2001.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF NATIONAL ACADEMIES - TRB. **Highway Capacity Manual**. Washington, Dc: Transportation Research Board, 2010.
- UNTERMANN, Richard K. Accommodating the pedestrian: Adapting towns and neighbourhoods for walking and bicycling. 1984.
- WORLD CAR FREE NETWORK. **World Carfree Day – History**. 2012. Disponível em: <<http://www.worldcarfree.net/wcfd/faq.php>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

APÊNDICE A - DADOS DE CAMPO TABULADOS

Pesquisa de Caracterização do Fluxo de Pedestres - Avenida Afonso Pena

trecho sent. centro			trecho sent. Bairro			travessia			idoso
atraso	faixa	Semaf.	atraso	faixa	Semaf.	atraso	faixa	Semaf.	
14,2	1	0	0	1	1	14,2	1	0	0
0	1	1	37,21	1	1	37,21	1	1	0
4,9	0	0	0	0	1	4,9	0	0	0
17,68	1	0	54,88	0	1	72,56	0	0	0
18,75	1	0	56,64	1	1	75,39	1	0	1
0	1	1	38,7	1	0	38,7	1	0	0
0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
11,37	1	1	54,06	1	1	65,43	1	1	0
27,81	1	0	73,74	1	1	101,55	1	0	0
0	1	1	9,66	0	1	9,66	0	1	0
14,1	0	1	0	1	1	14,1	0	1	1
0	0	0	21,19	0	1	21,19	0	0	0
0	0	0	18,76	1	0	18,76	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
10,56	0	0	0	0	1	10,56	0	0	1
0	1	1	35,07	1	1	35,07	1	1	0
1,1	0	0	0	1	1	1,1	0	0	0
54,17	1	1	41,1	1	1	95,27	1	1	0
0	1	1	22,82	1	1	22,82	1	1	0
16,01	1	1	0	1	1	16,01	1	1	0
27,23	0	0	0	0	1	27,23	0	0	0
9,09	0	0	20,27	1	1	29,36	0	0	0
0	1	1	34,03	1	1	34,03	1	1	0
0	1	1	38,21	1	1	38,21	1	1	0
22,51	0	1	0	1	1	22,51	0	1	1
0	1	1	38,39	1	1	38,39	1	1	0
11,64	0	1	0	1	1	11,64	0	1	0
27,48	1	0	0	0	0	27,48	0	0	0
5,68	1	0	58,65	1	1	64,33	1	0	0
0	1	1	50,48	1	1	50,48	1	1	0
18,47	1	1	0	1	1	18,47	1	1	0
22,48	1	0	39,12	1	1	61,6	1	0	1
30	1	0	0	1	1	30	1	0	0
0	1	1	28	0	1	28	0	1	0
17,69	1	1	0	1	1	17,69	1	1	0
0	1	1	35,4	1	1	35,4	1	1	1
4,93	1	1	0	1	1	4,93	1	1	0
0	1	1	29,85	1	1	29,85	1	1	0
0	0	1	0	1	1	0	0	1	0

trecho sent. centro			trecho sent. Bairro			travessia			idoso
atraso	faixa	Semaf.	atraso	faixa	Semaf.	atraso	faixa	Semaf.	
0	1	1	9,49	1	1	9,49	1	1	0
34,55	0	1	89,57	0	1	124,12	0	1	0
0	1	0	8,81	1	1	8,81	1	0	0
0	1	1	15	1	1	15	1	1	0
3,86	0	1	0	1	1	3,86	0	1	1
12,94	0	0	7,38	1	1	20,32	0	0	0
2,73	0	0	63,06	1	1	65,79	0	0	1
3,13	0	0	38,23	1	1	41,36	0	0	0
33,37	1	1	74,71	1	1	108,08	1	1	0
0	1	1	4,83	0	1	4,83	0	1	0
17,52	1	0	66,29	1	1	83,81	1	0	0
15,8	0	0	0	1	1	15,8	0	0	0
56,2	0	0	85,06	1	1	141,26	0	0	1
0	0	0	80,97	1	1	80,97	0	0	0
32,03	1	1	77,1	1	1	109,13	1	1	0
34,32	0	1	4,3	0	1	38,62	0	1	0
0	1	1	28,99	1	1	28,99	1	1	0
0	1	1	34,35	1	1	34,35	1	1	0
9,02	1	0	83,59	1	1	92,61	1	0	0
41,01	0	1	24,57	1	1	65,58	0	1	0
6,47	0	0	27,77	1	1	34,24	0	0	0
50,5	0	1	58,01	0	0	108,51	0	0	1
32,09	0	1	34,97	0	1	67,06	0	1	0
18,11	1	0	25,65	1	1	43,76	1	0	0
0	1	0	47,66	1	1	47,66	1	0	0
0	1	1	34,7	1	1	34,7	1	1	0
0	1	1	30	0	1	30	0	1	0
7,01	1	0	0	1	1	7,01	1	0	0
0	1	0	38,89	1	1	38,89	1	0	1
0	1	0	45,24	1	1	45,24	1	0	0
0	1	0	59,43	1	0	59,43	1	0	0
0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
13,27	1	0	0	1	1	13,27	1	0	0
0	1	1	23,31	1	0	23,31	1	0	1
9,12	1	0	0	0	1	9,12	0	0	0
0	0	0	64,14	1	1	64,14	0	0	0
16,36	0	1	74,55	0	1	90,91	0	1	0
0	1	0	35,33	1	1	35,33	1	0	0
7,75	0	0	23,23	0	1	30,98	0	0	0
0	1	1	7,09	0	0	7,09	0	0	0
34,11	1	1	50,18	1	1	84,29	1	1	1
18,83	1	1	52,98	1	1	71,81	1	1	0

trecho sent. centro			trecho sent. Bairro			travessia			idoso
atraso	faixa	Semaf.	atraso	faixa	Semaf.	atraso	faixa	Semaf.	
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	1	1	0	1	0	1
0	1	0	50,29	0	1	50,29	0	0	0
16,72	0	0	81,14	1	1	97,86	0	0	0
0	0	1	64,64	1	1	64,64	0	1	0
16,83	0	1	93,03	1	1	109,86	0	1	0
17,69	1	1	51,93	1	1	69,62	1	1	0
11,6	0	0	44,07	1	1	55,67	0	0	1
13,56	0	0	34,17	1	1	47,73	0	0	0
29,58	0	0	20,89	1	0	50,47	0	0	0
0	1	0	56,23	1	1	56,23	1	0	0
17,23	0	0	56,88	1	1	74,11	0	0	0
0	1	0	55,97	1	1	55,97	1	0	0
0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
0	1	0	26,01	0	1	26,01	0	0	0
16,07	0	0	65,31	1	1	81,38	0	0	1
33,16	1	1	50,1	1	1	83,26	1	1	0
6,8	1	0	5,4	1	1	12,2	1	0	0
34,5	1	0	51,79	1	1	86,29	1	0	0
20,31	0	0	28,88	1	1	49,19	0	0	1
24,79	0	1	54,56	0	1	79,35	0	1	0

Pesquisa de Caracterização do Fluxo de Pedestres – Rua São Paulo

atraso	faixa	Semaf.	idoso	atraso	faixa	Semaf.	idoso	atraso	faixa	Semaf.	idoso
0	1	1	0	0	1	1	0	9,52	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0	2,32	1	0	0
52,67	1	1	0	35,66	1	0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	2,43	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1
4,43	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
16,49	1	0	0	39,18	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1	3,29	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0	1,42	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	3,5	1	0	0
0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
0	0	0	0	11,2	1	0	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0	44,18	1	1	0
0	1	1	0	46,65	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0	57,64	1	1	0
0	1	0	0	55,96	1	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	0	1	1	0	14,16	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
0	1	0	0	0	1	0	1	47,49	0	0	1
5,65	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	50,05	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	35,63	1	0	1	0	1	0	0
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
14,5	1	1	0	0	1	1	0				

Pesquisa de Caracterização do Fluxo de Pedestres – Resumo Geral

Trav.	Faixa				Semáforo				Idade				tempos de pesquisa		
	Resp.	Ñ resp	total	%	Resp.	Ñ resp.	total	%	idoso	jovem	total	%	início	fim	duração
1	75	32	107	70,1%					14	93	107	13,1%	18:15	18:57	00:42
2	83	23	106	78,3%					18	88	106	17,0%	19:00	19:20	00:20
3	31	67	98	31,6%	23	75	98	23,5%	12	86	98	12,2%	17:40	19:00	01:20
4	8	21	29	27,6%					3	26	29	10,3%	17:45	18:45	01:00
5	53	49	102	52,0%	44	58	102	43,1%	17	85	102	16,7%	17:00	20:20	03:20

Contagem Classificada de Veículos

interseção		Movimento		traves.	horário fim	volume acumulado				volume					
ID	descrição	ID	descrição			auto	moto	ônibus	cam.	auto	moto	ônibus	cam.	UVP	UVP h.
2	RJ c/ Caetés	DC	RJ vindo da pç 7 à direita	2	17:15					0	0	0	0	0	
2	RJ c/ Caetés	DC	RJ vindo da pç 7 à direita	2	17:30					23	14	0	0	30	
2	RJ c/ Caetés	DC	RJ vindo da pç 7 à direita	2	17:45					21	9	0	2	29,5	
2	RJ c/ Caetés	DC	RJ vindo da pç 7 à direita	2	18:00					10	11	1	1	20	
2	RJ c/ Caetés	DC	RJ vindo da pç 7 à direita	2	18:15					22	17	0	3	36,5	116
2	RJ c/ Caetés	DC	RJ vindo da pç 7 à direita	2	18:30					25	12	1	0	33,5	119,5
2	RJ c/ Caetés	DC	RJ vindo da pç 7 à direita	2	18:45					22	10	0	0	27	117
2	RJ c/ Caetés	DC	RJ vindo da pç 7 à direita	2	19:00					14	8	0	0	18	115
2	RJ c/ Caetés	AC	Caetés em frente		17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	RJ c/ Caetés	AC	Caetés em frente		17:30	48	32	67	0	48	32	67	0	231,5	
2	RJ c/ Caetés	AC	Caetés em frente		17:45	93	58	124	0	45	26	57	0	200,5	
2	RJ c/ Caetés	AC	Caetés em frente		18:00	125	84	189	0	32	26	65	0	207,5	
2	RJ c/ Caetés	AC	Caetés em frente		18:15	153	89	231	0	28	5	42	0	135,5	775
2	RJ c/ Caetés	AC	Caetés em frente		18:30	188	133	278	0	35	44	47	0	174,5	718
2	RJ c/ Caetés	AC	Caetés em frente		18:45	212	155	329	1	24	22	51	1	164,5	682
2	RJ c/ Caetés	AC	Caetés em frente		19:00	242	179	400	2	30	24	71	1	221,5	696
2	RJ c/ Caetés	BC	RJ vindo da Sto Dummond à esquerda		17:15	5	10	0	0	0	0	0	0	0	
2	RJ c/ Caetés	BC	RJ vindo da Sto Dummond à esquerda		17:30	7	14	0	1	2	4	0	1	6	
2	RJ c/ Caetés	BC	RJ vindo da Sto Dummond à esquerda		17:45	7	22	0	2	0	8	0	1	6	
2	RJ c/ Caetés	BC	RJ vindo da Sto Dummond à esquerda		18:00	10	28	0	2	3	6	0	0	6	
2	RJ c/ Caetés	BC	RJ vindo da Sto Dummond à esquerda		18:15	12	31	0	2	2	3	0	0	3,5	21,5
2	RJ c/ Caetés	BC	RJ vindo da Sto Dummond à esquerda		18:30	14	33	0	2	2	2	0	0	3	18,5
2	RJ c/ Caetés	BC	RJ vindo da Sto Dummond à esquerda		18:45	14	35	0	2	0	2	0	0	1	13,5
2	RJ c/ Caetés	BC	RJ vindo da Sto Dummond à esquerda		19:00	14	42	0	2	0	7	0	0	3,5	11
3	SP c/ Caetés	AC	SP em frente	3	17:15	2	2	2	2	0	0	0	0	0	
3	SP c/ Caetés	AC	SP em frente	3	17:30	77	24	7	2	75	22	5	0	98,5	
3	SP c/ Caetés	AC	SP em frente	3	17:45	200	61	10	4	123	37	3	2	153	
3	SP c/ Caetés	AC	SP em frente	3	18:00	276	94	12	5	76	33	2	1	99,5	
3	SP c/ Caetés	AC	SP em frente	3	18:15	322	130	14	5	46	36	2	0	69	420
3	SP c/ Caetés	AC	SP em frente	3	18:30	416	164	22	6	94	34	8	1	133	454,5
3	SP c/ Caetés	AC	SP em frente	3	18:45	503	194	30	6	87	30	8	0	122	423,5
3	SP c/ Caetés	AC	SP em frente	3	19:00	547	213	31	6	44	19	1	0	56	380
3	SP c/ Caetés	AC	SP em frente	3	19:15	598	233	36	6	51	20	5	0	73,5	384,5
3	SP c/ Caetés	AB	SP à esquerda	3	17:15	2	2	2	2	0	0	0	0	0	

interseção		Movimento		traves.	horário fim	volume acumulado				volume					
ID	descrição	ID	descrição			auto	moto	ônibus	cam.	auto	moto	ônibus	cam.	UVP	UVP h.
3	SP c/ Caetés	AB	SP à esquerda	3	17:30	27	12	16	2	25	10	14	0	65	
3	SP c/ Caetés	AB	SP à esquerda	3	17:45	54	22	38	3	27	10	22	1	89	
3	SP c/ Caetés	AB	SP à esquerda	3	18:00	67	34	54	3	13	12	16	0	59	
3	SP c/ Caetés	AB	SP à esquerda	3	18:15	79	38	70	3	12	4	16	0	54	267
3	SP c/ Caetés	AB	SP à esquerda	3	18:30	100	51	83	3	21	13	13	0	60	262
3	SP c/ Caetés	AB	SP à esquerda	3	18:45	106	63	105	3	6	12	22	0	67	240
3	SP c/ Caetés	AB	SP à esquerda	3	19:00	118	71	118	4	12	8	13	1	50,5	231,5
3	SP c/ Caetés	AB	SP à esquerda	3	19:15	138	76	140	4	20	5	22	0	77,5	255
3	SP c/ Caetés	DB	Caetés em frente		17:15	19	22	38	0	0	0	0	0	0	
3	SP c/ Caetés	DB	Caetés em frente		17:30	36	32	84	0	17	10	46	0	137	
3	SP c/ Caetés	DB	Caetés em frente		17:45	72	55	127	0	36	23	43	0	155	
3	SP c/ Caetés	DB	Caetés em frente		18:00	87	70	155	0	15	15	28	0	92,5	
3	SP c/ Caetés	DB	Caetés em frente		18:15	101	84	183	0	14	14	28	0	91	475,5
3	SP c/ Caetés	DB	Caetés em frente		18:30	118	93	214	1	17	9	31	1	101	439,5
3	SP c/ Caetés	DB	Caetés em frente		18:45	131	100	253	1	13	7	39	0	114	398,5
3	SP c/ Caetés	DC	Caetés à direita		17:15	8	2	0	0	0	0	0	0	0	
3	SP c/ Caetés	DC	Caetés à direita		17:30	12	5	0	0	4	3	0	0	5,5	
3	SP c/ Caetés	DC	Caetés à direita		17:45	18	12	1	0	6	7	1	0	12	
3	SP c/ Caetés	DC	Caetés à direita		18:00	21	16	1	0	3	4	0	0	5	
3	SP c/ Caetés	DC	Caetés à direita		18:15	22	18	1	0	1	2	0	0	2	24,5
3	SP c/ Caetés	DC	Caetés à direita		18:30	23	22	1	0	1	4	0	0	3	22
3	SP c/ Caetés	DC	Caetés à direita		18:45	26	25	1	0	3	3	0	0	4,5	14,5
5	Afonso Pena c/ Caetés	AC	Caetés sentido Afonso Pena	5	17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Afonso Pena c/ Caetés	AC	Caetés sentido Afonso Pena	5	17:15	145	24	15	0	145	24	15	0	194,5	
5	Afonso Pena c/ Caetés	AC	Caetés sentido Afonso Pena	5	17:30	231	65	33	0	86	41	18	0	151,5	
5	Afonso Pena c/ Caetés	AC	Caetés sentido Afonso Pena	5	17:45	511	108	55	1	280	43	22	1	358,5	
5	Afonso Pena c/ Caetés	AC	Caetés sentido Afonso Pena	5	18:00	653	144	71	1	142	36	16	0	200	904,5
5	Afonso Pena c/ Caetés	AC	Caetés sentido Afonso Pena	5	18:15	766	191	90	1	113	47	19	0	184	894
5	Afonso Pena c/ Caetés	AC	Caetés sentido Afonso Pena	5	18:30	869	229	98	1	103	38	8	0	142	884,5
5	Afonso Pena c/ Caetés	AC	Caetés sentido Afonso Pena	5	18:45	988	268	114	1	119	39	16	0	178,5	704,5
5	Afonso Pena c/ Caetés	AC	Caetés sentido Afonso Pena	5	19:00	1114	287	127	1	126	19	13	0	168	672,5
5	Afonso Pena c/ Caetés	AB	Caetés sentido Curitiba		17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Afonso Pena c/ Caetés	AB	Caetés sentido Curitiba		17:15	35	16	18	3	35	16	18	3	94	
5	Afonso Pena c/ Caetés	AB	Caetés sentido Curitiba		17:30	76	28	35	3	41	12	17	0	89,5	
5	Afonso Pena c/ Caetés	AB	Caetés sentido Curitiba		17:45	128	41	51	5	52	13	16	2	102,5	
5	Afonso Pena c/ Caetés	AB	Caetés sentido Curitiba		18:00	162	56	60	5	34	15	9	0	64	350

interseção		Movimento		traves.	horário fim	volume acumulado				volume					
ID	descrição	ID	descrição			auto	moto	ônibus	cam.	auto	moto	ônibus	cam.	UVP	UVP h.
5	Afonso Pena c/ Caetés	AB	Caetés sentido Curitiba		18:15	188	65	82	6	26	9	22	1	87,5	343,5
5	Afonso Pena c/ Caetés	AB	Caetés sentido Curitiba		18:30	222	77	93	6	34	12	11	0	67,5	321,5
5	Afonso Pena c/ Caetés	AB	Caetés sentido Curitiba		18:45	253	88	109	6	31	11	16	0	76,5	295,5
5	Afonso Pena c/ Caetés	AB	Caetés sentido Curitiba		19:00	283	101	128	7	30	13	19	1	86	317,5
5	Afonso Pena c/ Caetés	CE	Afonso Pena sentido Curitiba	5	17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Afonso Pena c/ Caetés	CE	Afonso Pena sentido Curitiba	5	17:15	464	198	41	6	464	198	41	6	677,5	
5	Afonso Pena c/ Caetés	CE	Afonso Pena sentido Curitiba	5	17:30	923	259	67	13	459	61	26	7	568,5	
5	Afonso Pena c/ Caetés	CE	Afonso Pena sentido Curitiba	5	17:45	1415	447	113	18	492	188	46	5	711	
5	Afonso Pena c/ Caetés	CE	Afonso Pena sentido Curitiba	5	18:00	1984	581	160	22	569	134	47	4	761,5	2719
5	Afonso Pena c/ Caetés	CE	Afonso Pena sentido Curitiba	5	18:15	2399	731	204	252	415	150	44	230	1060	3101
5	Afonso Pena c/ Caetés	CE	Afonso Pena sentido Curitiba	5	18:30	2973	907	248	312	574	176	44	60	892	3425
5	Afonso Pena c/ Caetés	CE	Afonso Pena sentido Curitiba	5	18:45	3397	1015	302	312	424	108	54	0	613	3327
5	Afonso Pena c/ Caetés	CE	Afonso Pena sentido Curitiba	5	19:00	3956	1162	362	332	559	147	60	20	822,5	3388
5	Afonso Pena c/ Caetés	CD	Afonso Pena sentido Caetés		17:00	59	20	0	1	0	0	0	0	0	
5	Afonso Pena c/ Caetés	CD	Afonso Pena sentido Caetés		17:15	90	24	0	4	31	4	0	3	39	
5	Afonso Pena c/ Caetés	CD	Afonso Pena sentido Caetés		17:30	128	48	8	5	38	24	8	1	72	
5	Afonso Pena c/ Caetés	CD	Afonso Pena sentido Caetés		17:45	160	62	8	6	32	14	0	1	41	
5	Afonso Pena c/ Caetés	CD	Afonso Pena sentido Caetés		18:00	194	70	8	7	34	8	0	1	40	192
5	Afonso Pena c/ Caetés	CD	Afonso Pena sentido Caetés		18:15	fechada				0	0	0	0	0	153
5	Afonso Pena c/ Caetés	CD	Afonso Pena sentido Caetés		18:30	fechada				0	0	0	0	0	81
5	Afonso Pena c/ Caetés	CD	Afonso Pena sentido Caetés		18:45	fechada				0	0	0	0	0	40
5	Afonso Pena c/ Caetés	CD	Afonso Pena sentido Caetés		19:00	fechada				0	0	0	0	0	0
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DA	Acácias sentido UFMG à esquerda		17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DA	Acácias sentido UFMG à esquerda		17:30	8	0	0	0	8	0	0	0	8	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DA	Acácias sentido UFMG à esquerda		17:45	31	0	0	0	23	0	0	0	23	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DA	Acácias sentido UFMG à esquerda		18:00	40	0	0	0	9	0	0	0	9	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DA	Acácias sentido UFMG à esquerda		18:15	50	0	0	0	10	0	0	0	10	50
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DA	Acácias sentido UFMG à esquerda		18:30	57	0	0	0	0	0	0	0	0	42
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DA	Acácias sentido UFMG à esquerda		18:45	64	0	0	0	7	0	0	0	7	26
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DA	Acácias sentido UFMG à esquerda		19:00	68	1	0	0	4	1	0	0	4,5	21,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DC	Acácias sentido UFMG à direita	4	17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DC	Acácias sentido UFMG à direita	4	17:30	8	0	0	2	8	0	0	2	12	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DC	Acácias sentido UFMG à direita	4	17:45	45	2	0	2	37	2	0	0	38	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DC	Acácias sentido UFMG à direita	4	18:00	55	2	0	3	10	0	0	1	12	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DC	Acácias sentido UFMG à direita	4	18:15	68	2	0	3	13	0	0	0	13	75
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DC	Acácias sentido UFMG à direita	4	18:30	72	3	0	3	0	0	0	0	0	63

interseção		Movimento		traves.	horário fim	volume acumulado				volume					
ID	descrição	ID	descrição			auto	moto	ônibus	cam.	auto	moto	ônibus	cam.	UVP	UVP h.
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DC	Acácias sentido UFGM à direita	4	18:45	91	3	0	3	19	0	0	0	19	44
4	Dias Bicalho c/ Acácias	DC	Acácias sentido UFGM à direita	4	19:00	100	3	0	3	9	0	0	0	9	41
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BA	Acácias sentido pampulha à direita		17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BA	Acácias sentido pampulha à direita		17:30	27	7	0	1	27	7	0	1	32,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BA	Acácias sentido pampulha à direita		17:45	57	13	0	1	30	6	0	0	33	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BA	Acácias sentido pampulha à direita		18:00	81	16	0	2	24	3	0	1	27,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BA	Acácias sentido pampulha à direita		18:15	117	18	0	2	36	2	0	0	37	130
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BA	Acácias sentido pampulha à direita		18:30	143	20	0	2	0	0	0	0	0	97,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BA	Acácias sentido pampulha à direita		18:45	170	21	0	3	27	1	0	1	29,5	94
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BA	Acácias sentido pampulha à direita		19:00	195	22	0	3	25	1	0	0	25,5	92
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BD	Acácias sentido Pampulha em frente		17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BD	Acácias sentido Pampulha em frente		17:30	40	1	0	0	40	1	0	0	40,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BD	Acácias sentido Pampulha em frente		17:45	72	2	0	0	32	1	0	0	32,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BD	Acácias sentido Pampulha em frente		18:00	107	3	0	2	35	1	0	2	39,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BD	Acácias sentido Pampulha em frente		18:15	146	3	0	2	39	0	0	0	39	151,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BD	Acácias sentido Pampulha em frente		18:30	177	6	0	2	0	0	0	0	0	111
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BD	Acácias sentido Pampulha em frente		18:45	221	7	0	2	44	1	0	0	44,5	123
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BD	Acácias sentido Pampulha em frente		19:00	242	9	0	2	21	2	0	0	22	105,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BC	Acácias sentido Pampulha à esquerda	4	17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BC	Acácias sentido Pampulha à esquerda	4	17:30	30	2	1	0	30	2	1	0	33,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BC	Acácias sentido Pampulha à esquerda	4	17:45	51	2	2	1	21	0	1	1	25,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BC	Acácias sentido Pampulha à esquerda	4	18:00	74	3	2	1	23	1	0	0	23,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BC	Acácias sentido Pampulha à esquerda	4	18:15	97	5	3	1	23	2	1	0	26,5	109
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BC	Acácias sentido Pampulha à esquerda	4	18:30	112	5	4	1	0	0	0	0	0	75,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BC	Acácias sentido Pampulha à esquerda	4	18:45	138	7	6	1	26	2	2	0	32	82
4	Dias Bicalho c/ Acácias	BC	Acácias sentido Pampulha à esquerda	4	19:00	145	9	6	1	7	2	0	0	8	66,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CA	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos em frente	4	17:15	18	2	1	1	0	0	0	0	0	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CA	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos em frente	4	17:30	99	9	2	2	81	7	1	1	89	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CA	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos em frente	4	17:45	172	15	3	2	73	6	1	0	78,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CA	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos em frente	4	18:00	282	25	4	3	110	10	1	1	119,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CA	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos em frente	4	18:15	416	35	6	4	134	10	2	1	146	433
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CA	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos em frente	4	18:30	468	38	7	5	0	0	0	0	0	344
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CA	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos em frente	4	18:45	569	44	11	5	101	6	4	0	114	379,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CA	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos em frente	4	19:00	629	51	11	5	60	7	0	0	63,5	323,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CD	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos à esquerda	4	17:15	109	11	3	4	0	0	0	0	0	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CD	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos à esquerda	4	17:30	116	12	3	4	7	1	0	0	7,5	

interseção		Movimento		traves.	horário fim	volume acumulado				volume					
ID	descrição	ID	descrição			auto	moto	ônibus	cam.	auto	moto	ônibus	cam.	UVP	UVP h.
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CD	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos à esquerda	4	17:45	122	13	3	4	6	1	0	0	6,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CD	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos à esquerda	4	18:00	130	14	3	4	8	1	0	0	8,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CD	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos à esquerda	4	18:15	132	14	3	4	2	0	0	0	2	24,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CD	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos à esquerda	4	18:30	134	15	3	4	0	0	0	0	0	17
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CD	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos à esquerda	4	18:45	138	15	3	4	4	0	0	0	4	14,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	CD	Dias Bicalho sentido Ant. Carlos à esquerda	4	19:00	145	17	3	4	7	2	0	0	8	14
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AC	Dias Bicalho sentido pampulha em frente	4	17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AC	Dias Bicalho sentido pampulha em frente	4	17:30	34	2	0	2	34	2	0	2	39	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AC	Dias Bicalho sentido pampulha em frente	4	17:45	95	5	3	2	61	3	3	0	70	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AC	Dias Bicalho sentido pampulha em frente	4	18:00	137	10	3	2	42	5	0	0	44,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AC	Dias Bicalho sentido pampulha em frente	4	18:15	182	14	3	2	45	4	0	0	47	200,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AC	Dias Bicalho sentido pampulha em frente	4	18:30	209	14	3	2	0	0	0	0	0	161,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AC	Dias Bicalho sentido pampulha em frente	4	18:45	240	20	4	2	31	6	1	0	36,5	128
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AC	Dias Bicalho sentido pampulha em frente	4	19:00	270	23	4	2	30	3	0	0	31,5	115
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AD	Dias Bicalho sentido pampulha à direita		17:15	1	1	0	1	0	0	0	0	0	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AD	Dias Bicalho sentido pampulha à direita		17:30	2	2	0	1	1	1	0	0	1,5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AD	Dias Bicalho sentido pampulha à direita		17:45	3	2	0	1	1	0	0	0	1	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AD	Dias Bicalho sentido pampulha à direita		18:00	8	2	0	1	5	0	0	0	5	
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AD	Dias Bicalho sentido pampulha à direita		18:15	13	2	0	1	5	0	0	0	5	12,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AD	Dias Bicalho sentido pampulha à direita		18:30	13	3	0	1	0	0	0	0	0	11
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AD	Dias Bicalho sentido pampulha à direita		18:45	17	4	0	1	4	1	0	0	4,5	14,5
4	Dias Bicalho c/ Acácias	AD	Dias Bicalho sentido pampulha à direita		19:00	20	4	0	1	3	0	0	0	3	12,5
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AB	Dias Bicalho sentido pampulha em frente		17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AB	Dias Bicalho sentido pampulha em frente		17:30	44	1	0	0	44	1	0	0	44,5	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AB	Dias Bicalho sentido pampulha em frente		17:45	100	1	0	0	56	0	0	0	56	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AB	Dias Bicalho sentido pampulha em frente		18:00	131	3	0	0	31	2	0	0	32	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AB	Dias Bicalho sentido pampulha em frente		18:15	170	5	0	0	39	2	0	0	40	172,5
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AB	Dias Bicalho sentido pampulha em frente		18:30	195	9	0	0	0	0	0	0	0	128
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AB	Dias Bicalho sentido pampulha em frente		18:45	215	12	0	0	20	3	0	0	21,5	93,5
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AB	Dias Bicalho sentido pampulha em frente		19:00	237	13	0	1	22	1	0	1	24,5	86
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AC	Dias Bicalho sentido pampulha à esquerda	1	17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AC	Dias Bicalho sentido pampulha à esquerda	1	17:30	2	1	0	0	2	1	0	0	2,5	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AC	Dias Bicalho sentido pampulha à esquerda	1	17:45	2	1	0	0	0	0	0	0	0	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AC	Dias Bicalho sentido pampulha à esquerda	1	18:00	5	1	0	0	3	0	0	0	3	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AC	Dias Bicalho sentido pampulha à esquerda	1	18:15	6	1	0	0	1	0	0	0	1	6,5
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AC	Dias Bicalho sentido pampulha à esquerda	1	18:30	7	1	0	0	0	0	0	0	0	4

interseção		Movimento		traves.	horário fim	volume acumulado				volume					
ID	descrição	ID	descrição			auto	moto	ônibus	cam.	auto	moto	ônibus	cam.	UVP	UVP h.
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AC	Dias Bicalho sentido pampulha à esquerda	1	18:45	7	1	0	0	0	0	0	0	0	4
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	AC	Dias Bicalho sentido pampulha à esquerda	1	19:00	7	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BA	Dias Bicalho sentido ant. c. em frente		17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BA	Dias Bicalho sentido ant. c. em frente		17:30	107	6	1	1	107	6	1	1	114,5	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BA	Dias Bicalho sentido ant. c. em frente		17:45	215	18	2	4	108	12	1	3	122,5	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BA	Dias Bicalho sentido ant. c. em frente		18:00	332	25	3	6	117	7	1	2	127	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BA	Dias Bicalho sentido ant. c. em frente		18:15	440	37	4	6	108	12	1	0	116,5	480,5
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BA	Dias Bicalho sentido ant. c. em frente		18:30	534	50	6	6	0	0	0	0	0	366
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BA	Dias Bicalho sentido ant. c. em frente		18:45	611	57	8	6	77	7	2	0	85,5	329
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BA	Dias Bicalho sentido ant. c. em frente		19:00	683	71	8	6	72	14	0	0	79	281
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BC	Dias Bicalho sentido ant. c. a direita	1	17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BC	Dias Bicalho sentido ant. c. a direita	1	17:30	7	0	0	1	7	0	0	1	9	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BC	Dias Bicalho sentido ant. c. a direita	1	17:45	13	0	0	2	6	0	0	1	8	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BC	Dias Bicalho sentido ant. c. a direita	1	18:00	19	0	0	2	6	0	0	0	6	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BC	Dias Bicalho sentido ant. c. a direita	1	18:15	24	0	0	2	5	0	0	0	5	28
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BC	Dias Bicalho sentido ant. c. a direita	1	18:30	31	0	0	2	0	0	0	0	0	19
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BC	Dias Bicalho sentido ant. c. a direita	1	18:45	37	2	0	2	6	2	0	0	7	18
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	BC	Dias Bicalho sentido ant. c. a direita	1	19:00	39	2	0	2	2	0	0	0	2	14
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CA	Alexandre Barbosa à direita	1	17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CA	Alexandre Barbosa à direita	1	17:30	4	0	0	0	4	0	0	0	4	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CA	Alexandre Barbosa à direita	1	17:45	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CA	Alexandre Barbosa à direita	1	18:00	5	0	0	0	1	0	0	0	1	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CA	Alexandre Barbosa à direita	1	18:15	5	2	0	0	0	2	0	0	1	6
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CA	Alexandre Barbosa à direita	1	18:30	5	2	0	0	0	0	0	0	0	2
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CA	Alexandre Barbosa à direita	1	18:45	5	2	0	0	0	0	0	0	0	2
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CA	Alexandre Barbosa à direita	1	19:00	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CB	Alexandre Barbosa à esquerda	1	17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CB	Alexandre Barbosa à esquerda	1	17:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CB	Alexandre Barbosa à esquerda	1	17:45	2	0	0	0	2	0	0	0	2	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CB	Alexandre Barbosa à esquerda	1	18:00	3	0	0	0	1	0	0	0	1	
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CB	Alexandre Barbosa à esquerda	1	18:15	4	0	0	0	1	0	0	0	1	4
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CB	Alexandre Barbosa à esquerda	1	18:30	7	0	0	0	0	0	0	0	0	4
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CB	Alexandre Barbosa à esquerda	1	18:45	8	0	0	0	1	0	0	0	1	3
1	Dias Bicalho c / alexandre barbosa	CB	Alexandre Barbosa à esquerda	1	19:00	11	0	0	0	3	0	0	0	3	5

Contagem de pedestres

interseção		Sentido		horário fim	volume		
ID	descrição	ID	descrição		acumul.	horário	hora
4	José Dias Bicalho	1	Pampulha	17:15	0		
4	José Dias Bicalho	1	Pampulha	17:30	2	2	
4	José Dias Bicalho	1	Pampulha	17:45	13	11	
4	José Dias Bicalho	1	Pampulha	18:00	15	2	
4	José Dias Bicalho	1	Pampulha	18:15	21	6	21
4	José Dias Bicalho	1	Pampulha	18:30	31	10	29
4	José Dias Bicalho	1	Pampulha	18:45	39	8	26
4	José Dias Bicalho	1	Pampulha	19:00	44	5	29
4	José Dias Bicalho	2	UFMG	17:15	0		
4	José Dias Bicalho	2	UFMG	17:30	0	0	
4	José Dias Bicalho	2	UFMG	17:45	5	5	
4	José Dias Bicalho	2	UFMG	18:00	12	7	
4	José Dias Bicalho	2	UFMG	18:15	17	5	17
4	José Dias Bicalho	2	UFMG	18:30	22	5	22
4	José Dias Bicalho	2	UFMG	18:45	37	15	32
4	José Dias Bicalho	2	UFMG	19:00	38	1	26
1	Alexandre Barbosa	1	Antônio Carlos	17:15	0		
1	Alexandre Barbosa	1	Antônio Carlos	17:30	33	33	
1	Alexandre Barbosa	1	Antônio Carlos	17:45	64	31	
1	Alexandre Barbosa	1	Antônio Carlos	18:00	83	19	
1	Alexandre Barbosa	1	Antônio Carlos	18:15	131	48	131
1	Alexandre Barbosa	1	Antônio Carlos	18:30	153	22	120
1	Alexandre Barbosa	1	Antônio Carlos	18:45	170	17	106
1	Alexandre Barbosa	1	Antônio Carlos	19:00	185	15	102
1	Alexandre Barbosa	2	Mineirão	17:15	100		
1	Alexandre Barbosa	2	Mineirão	17:30	107	7	
1	Alexandre Barbosa	2	Mineirão	17:45	119	12	
1	Alexandre Barbosa	2	Mineirão	18:00	125	6	
1	Alexandre Barbosa	2	Mineirão	18:15	131	6	31
1	Alexandre Barbosa	2	Mineirão	18:30	142	11	35
1	Alexandre Barbosa	2	Mineirão	18:45	143	1	24
1	Alexandre Barbosa	2	Mineirão	19:00	148	5	23
5	Afonso Pena	1	Rua São Paulo	16:30	0		
5	Afonso Pena	1	Rua São Paulo	16:45	358	358	
5	Afonso Pena	1	Rua São Paulo	17:00	763	405	
5	Afonso Pena	1	Rua São Paulo	17:15	1054	291	
5	Afonso Pena	1	Rua São Paulo	17:30	1457	403	1457
5	Afonso Pena	1	Rua São Paulo	17:45	1917	460	1559
5	Afonso Pena	1	Rua São Paulo	18:00	2456	539	1693
5	Afonso Pena	1	Rua São Paulo	18:15	2807	351	1753
5	Afonso Pena	1	Rua São Paulo	18:30	3212	405	1755

interseção		Sentido		horário fim	volume		
ID	descrição	ID	descrição		acumul.	horário	hora
5	Afonso Pena	1	Rua São Paulo	18:45	3546	334	1629
5	Afonso Pena	1	Rua São Paulo	19:00	3834	288	1378
5	Afonso Pena	2	Rua Paraná	16:30	0		
5	Afonso Pena	2	Rua Paraná	16:45	379	379	
5	Afonso Pena	2	Rua Paraná	17:00	754	375	
5	Afonso Pena	2	Rua Paraná	17:15	1058	304	
5	Afonso Pena	2	Rua Paraná	17:30	1465	407	1465
5	Afonso Pena	2	Rua Paraná	17:45	1871	406	1492
5	Afonso Pena	2	Rua Paraná	18:00	2314	443	1560
5	Afonso Pena	2	Rua Paraná	18:15	2679	365	1621
5	Afonso Pena	2	Rua Paraná	18:30	3091	412	1626
5	Afonso Pena	2	Rua Paraná	18:45	3386	295	1515
5	Afonso Pena	2	Rua Paraná	19:00	3655	269	1341
3	São Paulo	1	Rua Bahia	17:00	0		
3	São Paulo	1	Rua Bahia	17:15	176	176	
3	São Paulo	1	Rua Bahia	17:30	296	120	
3	São Paulo	1	Rua Bahia	17:45	447	151	
3	São Paulo	1	Rua Bahia	18:00	634	187	634
3	São Paulo	1	Rua Bahia	18:15	808	174	632
3	São Paulo	1	Rua Bahia	18:30	960	152	664
3	São Paulo	1	Rua Bahia	18:45	1091	131	644
3	São Paulo	1	Rua Bahia	19:00	1231	140	597
3	São Paulo	2	Rua Paraná	17:00	0		
3	São Paulo	2	Rua Paraná	17:15	220	220	
3	São Paulo	2	Rua Paraná	17:30	373	153	
3	São Paulo	2	Rua Paraná	17:45	521	148	
3	São Paulo	2	Rua Paraná	18:00	709	188	709
3	São Paulo	2	Rua Paraná	18:15	907	198	687
3	São Paulo	2	Rua Paraná	18:30	1067	160	694
3	São Paulo	2	Rua Paraná	18:45	1241	174	720
3	São Paulo	2	Rua Paraná	19:00	1379	138	670
2	Rio de Janeiro	1	Rua Bahia	17:00	0		
2	Rio de Janeiro	1	Rua Bahia	17:15	450	450	
2	Rio de Janeiro	1	Rua Bahia	17:30	840	390	
2	Rio de Janeiro	1	Rua Bahia	17:45	1295	455	
2	Rio de Janeiro	1	Rua Bahia	18:00	1771	476	1771
2	Rio de Janeiro	1	Rua Bahia	18:15	2277	506	1827
2	Rio de Janeiro	1	Rua Bahia	18:30	2630	353	1790
2	Rio de Janeiro	1	Rua Bahia	18:45	2948	318	1653
2	Rio de Janeiro	1	Rua Bahia	19:00	3279	331	1508
2	Rio de Janeiro	2	Rua Paraná	17:00	0		
2	Rio de Janeiro	2	Rua Paraná	17:15	364	364	

interseção		Sentido		horário fim	volume		
ID	descrição	ID	descrição		acumul.	horário	hora
2	Rio de Janeiro	2	Rua Paraná	17:30	727	363	
2	Rio de Janeiro	2	Rua Paraná	17:45	1064	337	
2	Rio de Janeiro	2	Rua Paraná	18:00	1297	233	1297
2	Rio de Janeiro	2	Rua Paraná	18:15	1728	431	1364
2	Rio de Janeiro	2	Rua Paraná	18:30	1989	261	1262
2	Rio de Janeiro	2	Rua Paraná	18:45	2280	291	1216
2	Rio de Janeiro	2	Rua Paraná	19:00	2541	261	1244

Pesquisa de Velocidade – Avenida José Dias Bicalho

Amostra									
33	23	30	20	42	37	38	27	41	31
31	34	33	25	46	35	33	33	27	43
30	41	33	39	38	37	42	33	31	34
37	46	43	38	35	35	45	46	26	36
39	41	38	49	41	30	33	29	25	41
42	35	39	35	39	37	38	35	35	29
38	41	33	42	38	39	29	31	41	
39	45	57	45	38	50	33	38	47	
26	33	42	38	47	31	33	42	42	
30	25	45	41	38	54	31	37	37	
31	35	43	40	34	46	34	36	41	
Valores	n	105		média	36,89		85° percentil	43	

Pesquisa de velocidade – Rua Alexandre Barbosa

Amostra									
26	23	18	18	17	23				
29	17	19	19	23	37				
21	20	17	22	19	20				
22	19	21	21	21	31				
20	21	19	24	23	18				
25	17	17	17	18	25				
17	19	21	21	19	26				
19	22	23	18	22	13				
23	18	18	18	23					
19	18	19	19	19					
25	19	23	21	17					
Valores	n	63		média	20,73		85° percentil	23	

Pesquisa de Velocidade – Rua Rio de Janeiro

Amostra									
30	22	29	23	17	17	23	23	19	19
23	26	23	27	21	21	18	18	25	21
35	22	19	26	23	18	17	27	23	26
23	29	17	29	23	18	27	17	21	
19	30	31	12	26	19	21	21	26	
17	17	34	17	21	17	22	17	18	
38	26	25	26	18	17	18	23	17	
21	37	31	18	21	19	21	17	18	
19	25	12	18	17	17	18	21	17	
29	25	23	21	17	33	19	33	18	
31	21	17	22	18	18	21	25	21	
Valores	n	102		média	22,13		85º percentil		27

Pesquisa de Velocidade – Avenida Afonso Pena

Amostra									
38	29	38	23	50	46				
34	34	40	32	55	40				
35	41	34	47	41	40				
46	51	45	47	36	45				
43	42	44	49	45	40				
45	36	42	45	45	41				
43	48	38	46	42					
46	53	63	53	48					
28	41	45	46	56					
32	35	54	44	43					
31	45	43	42	40					
Valores	n	61		média	42,44		85º percentil		48

Pesquisa de Velocidade – Rua São Paulo

Amostra									
30	19	35	23	38	28				
39	37	32	17	54	37				
31	44	39	32	39	35				
28	49	36	37	27	26				
43	34	30	54	41	23				
35	43	43	38	36	27				
31	46	39	37	40	38				
33	44	47	36	39	43				
21	37	48	28	46	39				
28	25	50	43	30	44				
39	37	36	39	25					
Valores	n	65		média	36,11		85º percentil		44

APÊNDICE B - FORMULÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO FLUXO DE PEDESTRE

Caracterização do fluxo de pedestres

Pesquisador:	_____		
Local:	_____		
data:	_____	Hora início:	_____
		Hora fim:	_____

ID	Atraso (s)	Respeito	
		Sem.	Faixa
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			

ID	Atraso (s)	Respeito	
		Sem.	Faixa
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			

ID	Atraso (s)	Respeito	
		Sem.	Faixa
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			
101			
102			
103			
104			
105			

Observações:

APÊNDICE C - RESUMO EXECUTIVO

Critérios de Análise

Subjetividade – entende-se por subjetividade do método o grau de influência, em relação à opinião do aplicador, ao qual estão sujeitos os resultados obtidos. Caracterizado em três níveis: (i) sem subjetividade, resultados independentes da opinião do técnico; (ii) baixa subjetividade, resultados sujeitos à opinião do técnico em relação aos parâmetros e /ou situação específica e com clara definição dos intervalos; (iii) subjetivo, sujeito à opinião do técnico em uma parte significativa dos parâmetros;

Análise qualitativa / quantitativa – considera a capacidade e forma com que cada método avalia os parâmetros quantitativos, relacionados a aspectos diretos de fluxo como densidade de tráfego, largura da travessia e atraso; e os parâmetros indiretos relacionados à qualidade ambiental, segurança e conforto;

Macro e micro análise – considera a adequação e compatibilidade do método com modelos de calçada e rota, o que os torna pertinente para utilização em análises macroscópicas e na definição de políticas públicas de incentivo ao transporte não motorizado, assim como para análises microscópicas válidas para definições de projeto local;

Interpretação dos resultados – este item busca identificar a facilidade com que os resultados obtidos e cálculos realizados podem contribuir para a definição de intervenções necessárias à melhoria das condições de caminhada na travessia, bem como a facilidade de seu entendimento;

Consolidação do modelo – apresenta as condições de solidez do modelo quanto à pertinência e validade dos resultados obtidos, bem como de suas fontes. Considera a realização de testes prévios do método, a sua aplicação anterior em projetos de engenharia de tráfego e a sua relevância como referência para trabalhos acadêmicos.

Pesquisas complementares – este item enumera as pesquisas e levantamentos complementares à visita de campo, necessários para a aplicação do método;

Aplicabilidade – considera a facilidade de uso e aplicação do método em relação às demais condições de trabalho dos técnicos. Relacionado principalmente à dificuldade de realização dos levantamentos, à dificuldade de cálculo e à necessidade de experiência por parte do aplicador / técnico;

Abrangência da avaliação – Considera a capacidade do método em lidar com os diversos tipos de travessia, bem como a consideração do mesmo em relação a equipamentos específicos de moderação de tráfego e acessibilidade universal.

Métodos em análise

Método A

Método altamente consolidado, sendo este o mais amplamente conhecido em meios técnicos, servindo de base inclusive para o desenvolvimento de outros. O modelo é compatível com a análise de rota e, portanto, compatível com análises locais e mais amplas.

Sua aplicação é complexa e envolve o levantamento de dados complementares e pesquisas de contagem de veículos e pedestres. O tratamento de dados é complexo, exige o uso de várias fórmulas, com significativa alteração conforme o tipo de travessia, mas pode ser simplificado com a aplicação de *software* específico existente.

Devido à grande variedade de dados e análises necessárias à sua aplicação, o modelo fornece uma visão abrangente quanto aos diversos aspectos quantitativos da travessia e bom entendimento de suas deficiências, muito embora, o trabalho de extração destas conclusões demande esforço técnico.

Os resultados obtidos são coerentes com os demais modelos, mas é relevante considerar que se atêm a análise de características geométricas e de fluxo, diferente dos demais modelos que oferecem também uma perspectiva qualitativa da travessia. Esta deficiência é considerada inclusive pelos responsáveis por sua elaboração que salientam a necessidade de análises complementares para a percepção de aspectos ambientais e qualitativos. Pode-se considerar que tais análises são especialmente relevantes para a análise de modos não motorizados, em que o usuário está exposto ao meio em que se insere e não protegido pelo veículo como nos modos motorizados.

Método B

O método baseia-se em observações de campo e no levantamento de características específicas da travessia – como atraso e condições de segurança – para o preenchimento de uma tabela. A tabela fornece condições para a definição de uma pontuação global, que serve de base para a definição do nível de serviço.

O método considerado foi extraído de uma metodologia de avaliação de rota e consolidado pelo uso e junto a comitês técnicos, mas sua aplicação específica em travessias carece ainda de avaliação. Como é proveniente de um método de rota, mostra potencial para uso pontual ou ao longo de um caminho.

Sua aplicação é simples, demandando como levantamentos complementares a determinação do atraso em travessias semaforizadas e do nível de serviço veicular (que depende da contagem veicular em todos os movimentos da interseção). Permite a avaliação qualitativa e quantitativa a partir de parâmetros pré-estabelecidos e, portanto, não está sujeito à subjetividade.

Os resultados obtidos são de fácil interpretação e permitem facilmente a definição das intervenções necessárias. Segundo o estudo que originou o método, os resultados são coerentes com a opinião do usuário.

Método C

Método de aplicação extremamente simples, se baseia na realização de uma visita *in loco* onde são levantados e registrados, em planilha específica, a existência e condições dos principais equipamentos e características da travessia. A partir deste levantamento e de cálculos simples é definido um nível de serviço para a travessia.

O método considerado foi extraído de outro desenvolvido para rota, que inclui uma segunda planilha para análise da calçada. Embora seja plenamente compatível com a análise de rota e calçada sem a necessidade de adaptação o modelo, como um todo, trata-se de uma proposta metodológica e carece de consolidação para que seja considerado um método aplicável.

Esta metodologia destaca-se pela sua grande aplicabilidade, não demanda levantamentos complementares e está parcialmente sujeito à subjetividade, podendo ser aplicado rapidamente, mesmo por técnicos com menos experiência, e sem grandes custos. A subjetividade do método pode ainda ser reduzida ao considerar, em uma futura consolidação e aprofundamento do estudo, o uso de parâmetros e fórmulas apresentadas em outros métodos avaliados.

Os resultados são bem detalhados, o que facilita a sua interpretação e a definição de intervenções. Conforme os resultados obtidos pelos demais métodos, os níveis de serviço definidos são coerentes com a realidade em campo.

Método D

Método específico para avaliação das condições de segurança na travessia. Busca, a partir de uma análise em três níveis, estabelecer um nível de serviço de segurança para travessia. O primeiro nível se refere às condições gerais da travessia; o segundo apresenta a caracterização em macro critérios; e o último, no qual se baseiam os demais níveis, avalia individualmente cada critério.

O nível mínimo é avaliado a partir de tabelas de referência utilizadas para caracterizar se as condições e equipamentos encontrados em campo correspondem a condições adequadas. Estes critérios são agrupados, conforme a pertinência, em macro critérios e, considerando-se a importância de cada micro critério, se define uma nota para cada critério de segundo nível. De forma similar, proporcionalmente ao peso e importância de cada macro critério, é definida uma nota final e um nível de serviço.

A metodologia foi consolidada pelo uso em 17 cidades europeias mostrando-se eficiente na definição da intervenção e no entendimento do problema. O método foi desenvolvido especificamente para análise das condições de segurança na travessia, não sendo pertinente para demais critérios (fluxo, qualidade ambiental, etc.) ou compatível com análises de rota.

O modelo é de fácil aplicação e dispensa a realização de pesquisas complementares. Alguns dos critérios estão sujeitos à subjetividade. Os resultados são detalhados e facilitam o bom entendimento das condições da travessia e a proposição de intervenções. Os valores obtidos são também coerentes com o resultado obtido pelos demais métodos mesmo considerando as condições gerais da travessia.

Método E

A exemplo de outras metodologias, esta baseia a sua análise na avaliação de cinco (5) parâmetros básicos: segurança, atratividade, rapidez, comodidade e coerência. Para avaliar estes critérios o autor propõem a avaliação de 10 indicadores básicos que podem ser diretamente medidos na interseção sem, no entanto, estabelecer um nível de serviço geral.

Este método se destaca pela sua objetividade e abrangência, pois conforme anteriormente citado, os indicadores são levantados diretamente em campo e não estão sujeitos à subjetividade. Além disto, o método é aplicável a qualquer tipo de travessia, inclusive em desnível, e oferece, dentre os métodos ora avaliados, a análise mais ampla e detalhada.

O método foi consolidado pelo autor e tem uma aplicabilidade relativamente baixa, devido ao grande número de pesquisas complementares necessárias para aplicação, a saber: contagem veicular, contagem de pedestres, percentual de adesão ao uso, distância de visibilidade, tempo semafórico. Embora em grande número, nenhum destes levantamentos é de difícil aplicação.

Além das pesquisas complementares, afeta a aplicabilidade do método uma considerável quantidade de cálculos que é facilitada por uma planilha específica desenvolvida pelo autor. Esta complexidade é ainda agravada pelo fato do método basear parte da análise em características quantitativas avaliadas conforme o manual HCM.

Como o método foi especificamente desenvolvido para travessias, não está diretamente associado a um método de rota ou calçada e, diferente dos demais, não fornece uma nota final ou nível de serviço global.

A dificuldade de cálculo é proporcional à qualidade da informação fornecida, sendo capaz de avaliar os mais diversos aspectos da travessia. Os resultados obtidos são detalhados e, como se baseia em análises e medições diretas, facilitam a definição de intervenções.

Segundo os resultados obtidos pelos demais métodos avaliados o resultado é satisfatório também quanto à capacidade de refletir as condições de campo.

Método F

O método se baseia na utilização de uma planilha de campo para estabelecer o nível de atendimento quanto ao espaço nas laterais, equipamentos para travessia, movimentos de veículos, atraso nos semáforos, interação com fluxo de pedestres e ciclistas. As três primeiras características são classificadas em três níveis de atendimento e associadas às demais através de uma fórmula específica, desenvolvida com base na opinião dos pedestres, para definir o nível de serviço da travessia.

Embora o método avalie parâmetros quantitativos da travessia, foi calibrado a partir da opinião do usuário e permite a avaliação de parâmetros qualitativos como conforto e segurança. A definição das notas está parcialmente sujeita à subjetividade e sua aplicação é facilitada pela necessidade de poucos levantamentos complementares (conflito com ciclistas).

Este método não exige grande esforço de cálculo. No entanto, como fornece diretamente o nível de serviço final, a tradução deste valor em intervenções não é tão direta quanto em outros métodos apresentados.

O método foi consolidado pelo autor durante o seu desenvolvimento, através de pesquisa de opinião e apresentou resultado satisfatório também nos testes realizados no presente trabalho.

Como se trata de um método desenvolvido especificamente para travessias, não existe correlação direta com modelos de rota ou calçada.

Modelo	Subjetividade	Análise Qualitativa /Quantitativa	Macro e micro análise	Interpretação dos resultados	Consolidação	Pesquisas Complementares	Aplicabilidade	Abrangência da Análise Acessibilidade
A	Sem subjetividade	Exclusivamente quantitativa	Compatível com modelo de rota	Boa	Consagrado	tempo semafórico; contagem classificada de pedestres; contagem veicular na travessia; velocidade veicular; velocidade do pedestre	Complexa	Análise estritamente qualitativa. Permite a avaliação de todo tipo de travessias em nível. Desconsidera o impacto de equipamentos de acessibilidade universal. Considera indiretamente a moderação de tráfego.
B	Sem subjetividade	Ambos	Proveniente de modelo de rota	Intermediária	Modelo original consolidado pelo autor e pelo uso (adaptado sem consolidação)	Contagem veicular completa; atraso na travessia semaforizada	Simple	Permite a avaliação de todo tipo de travessias em nível. Desconsidera o impacto de equipamentos de acessibilidade universal e moderação de tráfego
C	Baixa subjetividade	Ambos	Compatível com modelo de rota	Boa	Proposição metodológica não consolidada	Desnecessário	Simple	Permite a avaliação de todo tipo de travessias em nível. Considera o impacto de equipamentos de acessibilidade universal. Considera a moderação de tráfego em parâmetro específico
D	Baixa subjetividade (32% dos parâmetros)	Ambos	Específico para travessia	Boa	Pelo autor e pelo uso	Desnecessário	Simple	Permite a avaliação apenas das condições de segurança. Considera o impacto de equipamentos de acessibilidade universal. Não considera moderação de tráfego
E	Baixa subjetividade	Ambos	Específico para travessia	Excelente	Pelo autor	Contagem veicular na travessia, contagem de pedestres, percentual de adesão ao uso, distância de visibilidade, tempo semafórico	Complexa	Permite a avaliação inclusive de travessia em desnível. Considera o impacto de equipamentos de acessibilidade universal e moderação de tráfego
F	Subjetivo (60 % dos parâmetros)	Ambos	Específico para travessia	Ruim	Pelo autor	Tempo semafórico	Simple	Permite a avaliação de todo tipo de travessias em nível, considera o impacto de equipamentos de acessibilidade universal e cita a moderação de tráfego

APÊNDICE D - E-MAIL DE CONVITE AO GRUPO DE ESPECIALISTAS

30/12/2015

Gmail - Métodos de avaliação de travessias de pedestres



Samuel Herthel <samuelherthel@gmail.com>

Métodos de avaliação de travessias de pedestres

Samuel Herthel <samuelherthel@gmail.com>

30 de novembro de 2015 12:43

Cco: [REDACTED]

Prezados Senhores(as).

A mobilidade urbana sustentável e o modo a pé são, cada vez mais, pauta no planejamento urbano e na engenharia de tráfego. Neste contexto, diversos métodos para a avaliação dos equipamentos urbanos destinados ao pedestre foram desenvolvidos ao longo dos anos, mas sem que houvesse uma convergência na direção de um método padrão que pudesse ser amplamente conhecido e utilizado. Buscando sanar parte desta dificuldade, está em desenvolvimento na UFMG um estudo específico sobre métodos de avaliação de travessias de pedestres. No estudo foram levantadas e testadas diferentes formas para se avaliar uma travessia, no intuito de propor a definição de um método padrão.

Considerando a importância desta decisão, estamos buscando o apoio de profissionais de renomada experiência na definição de um método padrão. Por este motivo solicitamos o apoio dos senhores através do preenchimento do questionário de análise hierárquica anexo a este e-mail. Além do questionário foi anexado um resumo executivo contendo a descrição e principais características dos métodos em análise e critérios a serem considerados. As principais informações deste resumo foram inseridos na planilha, através de anotações, para facilitar o preenchimento e dispensar impressões.

Grato pelo apoio, e certo da colaboração dos senhores, agradeço antecipadamente a disponibilidade e colaboração.


Att.

Samuel Herthel

Mestrando em Transportes e

Gerente de planejamento da Agência de desenvolvimento da região metropolitana de Belo Horizonte

2 anexos

 MAH_Avaliação de travessias.xlsx
74K

 Resumo Executivo_Avaliação de travessias.pdf
390K

<https://mail.google.com/mail/u/0/#inbox/152...>

1/1

APÊNDICE E - FORMULÁRIO DO MAH

Planilha 1: Instruções

Instruções para preenchimento do questionário

O questionário deverá ser preenchido em três etapas:

1 - A primeira etapa, referente a planilha de identificação deve ser preenchida com os dados do entrevistado para conhecimento da formação e experiência na área de transportes

2 - A segunda etapa, referente a planilha critérios, trata-se do preenchimento da matriz de comparação par a par para a definição dos pesos de cada critério na escolha do método padrão.

Para preenchimento da matriz de comparação par a par as células sombreadas devem ser preenchidas com valores de 1 a 9 considerando a relevância do critério linha em função do critério coluna da seguinte forma:

- 1 - Se ambos os critérios têm a mesma importância
- 3 - O critério linha é pouco mais importante que o critério coluna
- 5 - O critério linha é muito mais importante que o critério coluna
- 7 - O critério linha é muitíssimo mais importante que o critério coluna
- 9 - O critério linha é extremamente mais importante que o critério coluna
- 2, 4, 6 e 8 - podem ser utilizados para indicar correlações intermediárias

Caso o critério coluna seja preferido em relação ao critério linha utiliza-se o valor inverso (1/3, 1/5, etc.).

Para facilitar o preenchimento da matriz as principais definições e valores do resumo executivo foram inseridos como comentários na planilha.

Após o preenchimento a coerência das respostas deve ser verificada na célula abaixo da matriz.

Caso as respostas não estejam coerentes favor rever os valores.

3 - A última etapa, referente as planilhas de métodos, trata-se do preenchimento da matriz de comparação para a par entre métodos de forma similar a utilizada na segunda etapa mas, desta vez, descrevendo a correlação entre os métodos candidatos considerando exclusivamente o critério título da planilha.

Planilha 2: Identificação

Identificação

Nome:

Intituição:

Formação:

Nível de Especialização em Transportes:

Experiência Profissional:

_____ anos

Setor de atuação:

- Acadêmico
 Técnico do setor público
 Técnico do setor privado

Área de Atuação:

- Projeto Viário
 Estudo de Tráfego
 Planejamento urbano e de Transportes
 Transporte Coletivo
 Pesquisa de Tráfego e Transportes
 Outros: _____

Planilha 3: Critérios

Análise dos critérios de comparação										
	Subjetividade	Qualitativa / Quantitativa	macro e micro análise	Interpretação dos resultados	Consolidação	Pesquisas Complementares	Aplicabilidade	Abrangência		
Subjetividade	1	1	1	1	1	1	1	1		
Qualitativa / Quantitativa	1	1	1	1	1	1	1	1		
Macro e micro análise	1	1	1	1	1	1	1	1		
Interpretação dos resultados	1	1	1	1	1	1	1	1		
Consolidação	1	1	1	1	1	1	1	1		
Pesquisas Complementares	1	1	1	1	1	1	1	1		
Aplicabilidade	1	1	1	1	1	1	1	1		
Abrangência	1	1	1	1	1	1	1	1		
valores coerentes										
Critério Coluna preferido	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	Critério Linha Preferido
	extremamente mais importante	muitíssimo mais importante	muito mais importante	pouco mais importante	igual importância	pouco mais importante	muito mais importante	muitíssimo mais importante	extremamente mais importante	

Planilha 4: Subjetividade

Análise dos métodos conforme o nível de subjetividade									
	método A	método B	método C	método D	método E	método F			
método A	1	1	1	1	1	1			
método B	1	1	1	1	1	1			
método C	1	1	1	1	1	1			
método D	1	1	1	1	1	1			
método E	1	1	1	1	1	1			
método F	1	1	1	1	1	1			
valores coerentes									
método Coluna preferido	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
	extremamente mais importante	muitíssimo mais importante	muito mais importante	pouco mais importante	igual importância	pouco mais importante	muito mais importante	muitíssimo mais importante	extremamente mais importante

Planilha 5: qualitativa_quantitativa

Análise dos métodos conforme a capacidade de avaliação qualitativa e quantitativa										
	método A	método B	método C	método D	método E	método F				
método A	1	1	1	1	1	1				
método B	1	1	1	1	1	1				
método C	1	1	1	1	1	1				
método D	1	1	1	1	1	1				
método E	1	1	1	1	1	1				
método F	1	1	1	1	1	1				
valores coerentes										
método Coluna preferido	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	método Linha Preferido
	extremamente mais importante	muitíssimo mais importante	muito mais importante	pouco mais importante	igual importância	pouco mais importante	muito mais importãnte	muitíssimo mais importante	extremamente mais importante	

Planilha 6: macro e micro análise

Análise dos métodos conforme a capacidade de realizar análise em macro e micronível										
	método A	método B	método C	método D	método E	método F				
método A	1	1	1	1	1	1				
método B	1	1	1	1	1	1				
método C	1	1	1	1	1	1				
método D	1	1	1	1	1	1				
método E	1	1	1	1	1	1				
método F	1	1	1	1	1	1				
valores coerentes										
método Coluna preferido	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	método Linha Preferido
	extremamente mais importante	muitíssimo mais importante	muito mais importante	pouco mais importante	igual importância	pouco mais importante	muito mais importante	muitíssimo mais importante	extremamente mais importante	

Planilha 7: interpretação dos resultados

Análise dos métodos conforme a facilidade de avaliação e utilidade dos resultados										
	método A	método B	método C	método D	método E	método F				
método A	1	1	1	1	1	1				
método B	1	1	1	1	1	1				
método C	1	1	1	1	1	1				
método D	1	1	1	1	1	1				
método E	1	1	1	1	1	1				
método F	1	1	1	1	1	1				
valores coerentes										
método Coluna preferido	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	método Linha Preferido
	extremamente mais importante	muitíssimo mais importante	muito mais importante	pouco mais importante	igual importância	pouco mais importante	muito mais importante	muitíssimo mais importante	extremamente mais importante	

Planilha 8: pesquisas complementares

Análise dos métodos conforme a necessidade de realizar pesquisas complementares										
	método A	método B	método C	método D	método E	método F				
método A	1	1	1	1	1	1				
método B	1	1	1	1	1	1				
método C	1	1	1	1	1	1				
método D	1	1	1	1	1	1				
método E	1	1	1	1	1	1				
método F	1	1	1	1	1	1				
valores coerentes										
método Coluna preferido	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	método Linha Preferido
	extremamente mais importante	muitíssimo mais importante	muito mais importante	pouco mais importante	igual importância	pouco mais importante	muito mais importãnte	muitíssimo mais importante	extremamente mais importante	

Planilha 9: Consolidação

Análise dos métodos conforme o nível de consolidação do método										
	método A	método B	método C	método D	método E	método F				
método A	1	1	1	1	1	1				
método B	1	1	1	1	1	1				
método C	1	1	1	1	1	1				
método D	1	1	1	1	1	1				
método E	1	1	1	1	1	1				
método F	1	1	1	1	1	1				
valores coerentes										
método Coluna preferido	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	método Linha Preferido
	extremamente mais importante	muitíssimo mais importante	muito mais importante	pouco mais importante	igual importância	pouco mais importante	muito mais importante	muitíssimo mais importante	extremamente mais importante	

Planilha 10: aplicabilidade

Análise dos métodos conforme a aplicabilidade do método										
	método A	método B	método C	método D	método E	método F				
método A	1	1	1	1	1	1				
método B	1	1	1	1	1	1				
método C	1	1	1	1	1	1				
método D	1	1	1	1	1	1				
método E	1	1	1	1	1	1				
método F	1	1	1	1	1	1				
valores coerentes										
método Coluna preferido	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	método Linha Preferido
	extremamente mais importante	muitíssimo mais importante	muito mais importante	pouco mais importante	igual importância	pouco mais importante	muito mais importante	muitíssimo mais importante	extremamente mais importante	

Planilha 11: abrangência

Análise dos métodos conforme a abrangência dos tipos de travessia e equipamentos										
	método A	método B	método C	método D	método E	método F				
método A	1	1	1	1	1	1				
método B	1	1	1	1	1	1				
método C	1	1	1	1	1	1				
método D	1	1	1	1	1	1				
método E	1	1	1	1	1	1				
método F	1	1	1	1	1	1				
valores coerentes										
método Coluna preferido	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	método Linha Preferido
	extremamente mais importante	muitíssimo mais importante	muito mais importante	pouco mais importante	igual importância	pouco mais importante	muito mais importante	muitíssimo mais importante	extremamente mais importante	

APÊNDICE F - EXEMPLO DE EQUACIONAMENTO PARA O FORMULÁRIO MAH

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Análise dos critérios de comparação											
2												
3		Subjetividade	Qualitativa / Quantitativa	macro e micro análise	interpretação dos resultados	Consolidação	Pesquisas Complementares	Aplicabilidade	Abrangência			
4	Subjetividade	1	1	1	1	1	1	1	1			
5	Qualitativa / Quantitativa	=1/C4	1	1	1	1	1	1	1			
6	Macro e micro análise	=1/D4	=1/D5	1	1	1	1	1	1			
7	Interpretação dos resultados	=1/E4	=1/E5	=1/E6	1	1	1	1	1			
8	Consolidação	=1/F4	=1/F5	=1/F6	=1/F7	1	1	1	1			
9	Pesquisas Complementares	=1/G4	=1/G5	=1/G6	=1/G7	=1/G8	1	1	1			
10	Aplicabilidade	=1/H4	=1/H5	=1/H7	=1/H7	=1/H8	=1/H9	1	1			
11	Abrangência	=1/I4	=1/I5	=1/I6	=1/I7	=1/I8	=1/I9	=1/I10	1			
12												
13	Cálculo das Somas											
14												
15	somas	=SOMA(B4:B11)	=SOMA(C4:C11)	=SOMA(D4:D11)	=SOMA(E4:E11)	=SOMA(F4:F11)	=SOMA(G4:G11)	=SOMA(H4:H11)	=SOMA(I4:I11)			
16												
17	Cálculo da Matriz Normalizada e autovetor (w)											
18												
19	matriz normalizada	Subjetividade	Qualitativa / Quantitativa	macro e micro análise	interpretação dos resultados	Consolidação	Pesquisas Complementares	Aplicabilidade	Abrangência			autovetor (w)
20	Subjetividade	=B4/B515	=C4/C515	=D4/D515	=E4/E515	=F4/F515	=G4/G515	=H4/H515	=I4/I515		=MÉDIA(B20:I20)	
21	Qualitativa / Quantitativa	=B5/B515	=C5/C515	=D5/D515	=E5/E515	=F5/F515	=G5/G515	=H5/H515	=I5/I515		=MÉDIA(B21:I21)	
22	Macro e micro análise	=B6/B515	=C6/C515	=D6/D515	=E6/E515	=F6/F515	=G6/G515	=H6/H515	=I6/I515		=MÉDIA(B22:I22)	
23	Interpretação dos resultados	=B7/B515	=C7/C515	=D7/D515	=E7/E515	=F7/F515	=G7/G515	=H7/H515	=I7/I515		=MÉDIA(B23:I23)	
24	Consolidação	=B8/B515	=C8/C515	=D8/D515	=E8/E515	=F8/F515	=G8/G515	=H8/H515	=I8/I515		=MÉDIA(B24:I24)	
25	Pesquisas Complementares	=B9/B515	=C9/C515	=D9/D515	=E9/E515	=F9/F515	=G9/G515	=H9/H515	=I9/I515		=MÉDIA(B25:I25)	
26	Aplicabilidade	=B10/B515	=C10/C515	=D10/D515	=E10/E515	=F10/F515	=G10/G515	=H10/H515	=I10/I515		=MÉDIA(B26:I26)	
27	Abrangência	=B11/B515	=C11/C515	=D11/D515	=E11/E515	=F11/F515	=G11/G515	=H11/H515	=I11/I515		=MÉDIA(B27:I27)	
28												

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
29	Cálculo da Matriz A'											
30												
31	A'	Subjetividade	Qualitativa / Quantitativa	macro e micro análise	interpretação dos resultados	Consolidação	Pesquisas Complementares	Aplicabilidade	Abrangência		C	D
32	Subjetividade	=B4*SK\$20	=C4*SK\$21	=D4*SK\$22	=E4*SK\$23	=F4*SK\$24	=G4*SK\$25	=H4*SK\$26	=I4*SK\$27		=SOMA(B32:I32)	=K32/K20
33	Qualitativa / Quantitativa	=B5*SK\$20	=C5*SK\$21	=D5*SK\$22	=E5*SK\$23	=F5*SK\$24	=G5*SK\$25	=H5*SK\$26	=I5*SK\$27		=SOMA(B33:I33)	=K33/K21
34	Macro e micro análise	=B6*SK\$20	=C6*SK\$21	=D6*SK\$22	=E6*SK\$23	=F6*SK\$24	=G6*SK\$25	=H6*SK\$26	=I6*SK\$27		=SOMA(B34:I34)	=K34/K22
35	Interpretação dos resultados	=B7*SK\$20	=C7*SK\$21	=D7*SK\$22	=E7*SK\$23	=F7*SK\$24	=G7*SK\$25	=H7*SK\$26	=I7*SK\$27		=SOMA(B35:I35)	=K35/K23
36	Consolidação	=B8*SK\$20	=C8*SK\$21	=D8*SK\$22	=E8*SK\$23	=F8*SK\$24	=G8*SK\$25	=H8*SK\$26	=I8*SK\$27		=SOMA(B36:I36)	=K36/K24
37	Pesquisas Complementares	=B9*SK\$20	=C9*SK\$21	=D9*SK\$22	=E9*SK\$23	=F9*SK\$24	=G9*SK\$25	=H9*SK\$26	=I9*SK\$27		=SOMA(B37:I37)	=K37/K25
38	Aplicabilidade	=B10*SK\$20	=C10*SK\$21	=D10*SK\$22	=E10*SK\$23	=F10*SK\$24	=G10*SK\$25	=H10*SK\$26	=I10*SK\$27		=SOMA(B38:I38)	=K38/K26
39	Abrangência	=B11*SK\$20	=C11*SK\$21	=D11*SK\$22	=E11*SK\$23	=F11*SK\$24	=G11*SK\$25	=H11*SK\$26	=I11*SK\$27		=SOMA(B39:I39)	=K39/K27
40												
41	Indicadores de Consistência											
42												
43	N	=CONT.VALORES(B4:I4)										
44	lambda máx	=SOMA(L32:L39)/B43										
45	IC	=ABS(B44-B43)/(B43-1)										
46	IR	1,41										
47	RC	=B45/B46										
48												
49												
50												
51												
52	=SE(B47<=0,1;"valores coerentes";"Favor rever os valores")											
53												
54	Critério Coluna preferido	0,111111111111111	0,142857142857143	0,2	0,333333333333333	1	3	5	7	9	Critério Linha Preferido	
55		←----- -----→										
56		extremamente mais importante	multíssimo mais importante	muito mais importante	pouco mais importante	igual importância	pouco mais importante	muito mais importante	multíssimo mais importante	extremamente mais importante		

APÊNDICE G - ANÁLISE DE GRUPO PELO MAH PARA OS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

AHP Analytic Hierarchy Process (EVM multiple inputs)

K. D. Goepel Version 07.06.2015 | Free web based AHP software on: <http://bpmsg.com>

Only input data in the light green fields and worksheets!

n= Number of criteria (2 to 10) Scale: Linear

N= Number of Participants (1 to 20) α: Consensus: 48,2%

p= selected Participant (0=consol.) 2 7 Consolidated

Objective

Author

Date Thresh: Iterations: 3 EVM check: 9,6E-08

Table	Criterion	Comment	Weights	Rk
1	Criterion 1	Subjetividade	6,4%	8
2	Criterion 2	Qualitativo / Quantitativo	12,7%	5
3	Criterion 3	Macro e micro análise	13,6%	2
4	Criterion 4	interpretação dos resultados	18,0%	1
5	Criterion 5	Consolidação	12,8%	4
6	Criterion 6	Pesquisas complementares	12,9%	3
7	Criterion 7	Aplicabilidade	12,2%	6
8	Criterion 8	Abrangência	11,5%	7
9		for 9&10 unprotect the input sheets and expand the	0,0%	
10		question section ("+" in row 66)	0,0%	

Result Eigenvalue lambda: 8,074

Consistency Ratio 0,37 GCI: 0,03 CR: 0,8%

Matrix	Criterion 1	Criterion 2	Criterion 3	Criterion 4	Criterion 5	Criterion 6	Criterion 7	Criterion 8	0	0		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Criterion 1	1	-	3/5	1/2	2/5	1/2	2/5	1/2	5/9	-	-	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">(</div> <div style="text-align: center;"> <p>6,35%</p> <p>12,68%</p> <p>13,62%</p> <p>18,01%</p> <p>12,78%</p> <p>12,86%</p> <p>12,18%</p> <p>11,52%</p> <p>0,00%</p> <p>0,00%</p> </div> </div>
Criterion 2	2	1	2/3	-	1 1/8	8/9	1	1	4/5	1	-	
Criterion 3	3	2	1	8/9	-	1	1 1/9	1	1 1/3	-	-	
Criterion 4	4	2 1/2	1 1/9	1	1 1/9	-	1 1/2	1 8/9	1 8/9	1 1/2	-	
Criterion 5	5	2 1/7	1	1	1	2/3	-	1 1/6	1	1	-	
Criterion 6	6	2 1/2	1	1	1/2	1	6/7	-	1 1/3	1	-	
Criterion 7	7	2	1 2/9	1	1/2	1	1	3/4	-	1 1/6	-	
Criterion 8	8	1 4/5	1	3/4	2/3	1	1	1	6/7	-	-	
0	9	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	

APÊNDICE H - ESTATÍSTICA BÁSICA DO GRUPO DE COEFICIENTES DA FUNÇÃO UTILIDADE

Grupo de Coeficientes

Coeficiente	Valor
Subjetividade	6,35%
Qualitativo / quantitativo	12,68%
Macro e micro análise	13,62%
Interpretação dos resultados	18,01%
Consolidação	12,78%
Pesquisas complementares	12,86%
Aplicabilidade	12,18%
Abrangência	11,52%

Estatística Básica

Indicadores estatísticos	Valor
Média	12,50%
Máximo	18,01%
Mínimo	6,30%
Desvio médio	1,86%
Desvio padrão	3,18%
Coefficiente de variação	25,43%

APÊNDICE I - ESTATÍSTICA DO GRUPO DE NOTAS DOS MÉTODOS

Grupo de Notas

Método	Valor
HCM 2010	22,70%
Dixon (1996)	17,70%
Nunes <i>et al.</i> (2011)	17,20%
Silva e Barbosa (2011)	16,50%
Basile <i>et al.</i> (2010)	13,40%
Muraleetharan <i>et al.</i> (2005)	12,60%

Estatística Básica

Indicadores estatísticos	Valor
Média	16,67%
Máximo	22,70%
Mínimo	12,60%
Desvio médio	2,52%
Desvio padrão	3,61%
Coefficiente de variação	21,61%