

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Elaboração de um instrumento de avaliação de segurança em
calçadas**

Camila Mokwa Zanini

Porto Alegre
2017

CAMILA MOKWA ZANINI

**ELABORAÇÃO DE UM INSTRUMENTO DE
AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA EM CALÇADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Engenharia

Porto Alegre
2017

CAMILA MOKWA ZANINI

**ELABORAÇÃO DE UM INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE
SEGURANÇA E CALÇADAS**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, Construção, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 10 de março de 2017.

Profa. Angela Borges Masuero
Dra. pela UFRGS
Orientadora

Prof. Luis Carlos Bonin
Mestre pela UFRGS
Colaborador

Prof. Carlos Torres Formoso
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Airton Cattani (UFRGS)
Dr. pela UFRGS

Profa. Denise Carpena Coitinho Dal Molin (UFRGS)
Dra. pela USP

Profa. Luciani Somensi Lorenzi (UFRGS)
Dra. pela UFRGS

Dedico este trabalho a todos que contribuíram para a formação do meu caráter, em especial meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço duplamente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Em primeiro lugar, pela excelente formação acadêmica como arquiteta e urbanista e, agora, como mestra em engenharia. Em segundo lugar, por, sendo minha empregadora, me oportunizar a qualificação profissional, permitindo flexibilidade no cumprimento da carga horária de trabalho, para que eu pudesse assistir às aulas e realizar os trabalhos práticos durante o curso.

Agradeço a compreensão dos chefes que tive ao longo do curso, em especial à Camila Pegoraro e ao Silvio Bersagui, por todo o apoio, e aos demais colegas de SUINFRA, pelo incentivo.

Agradeço à Profa. Angela Borges Masuero, orientadora deste trabalho, pela parceria e dedicação na construção do trabalho e por acreditar na minha capacidade de realizá-lo. Obrigada por todo o aprendizado e amizade!

Agradeço ao Prof. Luis Carlos Bonin, pelas inúmeras e valiosas contribuições que fez ao longo do desenvolvimento deste trabalho e pela generosidade de sempre compartilhar o seu enorme conhecimento com todos à sua volta.

Agradeço ao LAPAV, que, na pessoa do Prof. Jorge Ceratti, emprestou o equipamento Pêndulo Britânico e deu orientações para a sua correta utilização na pesquisa.

Agradeço aos laboratoristas do LAMTAC-NORIE, Gilmar e Airton, pela ajuda durante todo o curso e especial ao Airton, pela ajuda durante as vistorias e amizade.

Ao bolsista de iniciação científica, acadêmico de engenharia civil, Marcelo Bruxel, pela ajuda nas vistorias.

Agradeço também aos amigos e familiares que torceram e se orgulharam pela minha conquista.

E por último e mais importante, agradeço ao meu pai, José Ervanei Zanini (*in memoriam*) por me ensinar a valorizar o conhecimento, à minha mãe, Ghetrudes Maria Mokwa Zanini, por há 31 anos me ajudar, se preocupar e cuidar de mim, e à minha irmã, Dra. Adriana Mokwa Zanini, por desde criança, abrir os caminhos. Amo vocês!

– Então você quer mudar o mundo sozinho?
– Não estou sozinho, só estamos espalhados... Mas já
começamos a nos reunir!

Personagem Armandinho, por Alexandre Beck.

RESUMO

ZANINI, C. M. **Elaboração de um instrumento de avaliação de segurança em calçadas.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

A falta de controle e planejamento dos espaços públicos, entre eles, as calçadas, gera problemas como a falta de segurança e de acesso aos equipamentos urbanos e até impede a livre circulação das pessoas. As calçadas são uma pequena, mas importante parte da complexa infraestrutura urbana. O provimento de calçadas adequadas é um meio de incentivo ao deslocamento a pé e ao uso de transporte coletivo. A calçada não deveria oferecer nenhum risco aos pedestres, porém, grande parte das calçadas existentes no Brasil é imprópria para a circulação, seja pela existência de obstáculos, seja pela precariedade ou inadequação dos materiais utilizados em sua construção. Essa falta de qualidade das calçadas é a causa de muitos acidentes. Os pedestres em geral e, além dos idosos, principalmente as crianças e as pessoas portadoras de necessidades especiais, podem ser considerados usuários vulneráveis. No presente trabalho, as exigências dos usuários, no que se refere à segurança em uso, de acordo com a abordagem de desempenho, foram identificadas como sendo segurança ao risco de quedas, segurança ao risco de atropelamentos, segurança ao risco de lesões por choque e acessibilidade. As exigências dos usuários foram traduzidas em requisitos de desempenho a serem cumpridos em calçadas seguras e, após, foram identificados os respectivos critérios, níveis de atendimento e métodos de avaliação, com base na legislação e bibliografia. Com isso, foi elaborado um instrumento de avaliação de segurança em calçadas. Um estudo de caso em um trecho da Av. Independência, em Porto Alegre, foi realizado para testar o instrumento elaborado, com aplicação experimental em 17 calçadas. O instrumento mostrou-se eficiente na aquisição, processamento e registro de dados. Para a validação definitiva do instrumento, é necessário que se amplie os testes. Além disso, foi realizada pesquisa exploratória com aplicação do ensaio com o Pêndulo Britânico, para avaliação da resistência ao escorregamento. Todas as calçadas foram aprovadas quanto a este critério. O método de avaliação se mostrou adequado, porém limitado a calçadas com pequena inclinação. Adicionalmente, as diversas falhas relativas à segurança encontradas nas calçadas avaliadas foram analisadas. Nenhuma calçada do estudo de caso foi aprovada e considerada segura. A calçada com pior desempenho atendeu a apenas 38,88% dos critérios. Já o melhor resultado foi de uma calçada com taxa de atendimento aos critérios de 68,42%. Os critérios menos atendidos foram o desnível em relação à via, o rebaixo para acesso de veículos adequado, rampa nos pontos de travessia e a sinalização tátil no piso. Diante da grande quantidade de falhas encontradas no estudo de caso, aponta-se a ausência de um técnico no processo de construção de uma calçada, como uma das principais causas das não conformidades, junto à falta de um documento, preferencialmente uma Norma Técnica, que reúna as informações necessárias para o projeto de calçadas. Desta forma, este trabalho visa contribuir para o tema desempenho de calçadas, com foco nos requisitos relativos à segurança dos usuários.

Palavras-chave: calçada; abordagem de desempenho; segurança em uso; resistência ao escorregamento; acessibilidade.

ABSTRACT

ZANINI, C.M. **Elaboração de um instrumento de avaliação de segurança em calçadas.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

The absence of control and planning of public spaces, including sidewalks, creates problems such as lack of security and access to urban equipment and even prevents the free movement of people. The sidewalks are a small but important part of the complex urban infrastructure. Providing adequate sidewalks is a means of encouraging walking and the use of public transport. The sidewalk should not pose any risk to pedestrians, but most of the existing sidewalks in Brazil are unfit for circulation, either by the existence of obstacles, or by the precariousness or inadequacy of the materials used in their construction. This lack of quality in sidewalks is the cause of many accidents. Pedestrians in general and, in addition to the elderly, especially children and people with special needs, can be considered vulnerable users. In this work, users' requirements regarding safety in use, according to the performance approach, have been identified as safety for the risk of falls, safety for the risk of pedestrian crashes, safety for the risk of shock injuries and accessibility. The users' requirements were translated into performance requirements to be met on safe sidewalks and, afterwards, the respective criteria, suitable levels and evaluation methods were identified, based on legislation and bibliography. And therewith, a safety assessment instrument for sidewalks was developed. A case study on an excerpt from Av. Independência, in Porto Alegre, was carried out to test the instrument, with experimental application on 17 sidewalks. The instrument was efficient in data acquisition, processing and recording. For definitive validation of the instrument, it is necessary to expand the tests. In addition, an exploratory study was carried out with the application of the British Pendulum test to evaluate the slip resistance. All sidewalks were approved for this criterion. The method of evaluation was adequate, but limited to sidewalks with a small slope. In addition, the various safety flaws found on the evaluated sidewalks were analyzed. No sidewalk from the case study was approved and considered safe. The sidewalk with the poorest performance met only 38.88% of the criteria. The best result was a sidewalk with a rate of meeting the criteria of 68.42%. The least attended criteria were the height in relation to the roadway, adequate vehicle access ramp, ramp at crossing points and tactile signage on the ground. Considering the large number of flaws found in the case study, it is pointed out that the absence of a technician in the process of building a sidewalk is one of the main causes of nonconformities, due to the lack of a document, preferably a Technical Standard, that gathers the necessary information for sidewalk projects. Thus, this work aims to contribute to the theme of performance of sidewalks, focusing on requirements regarding user safety.

Keywords: *sidewalk; performance approach; safety in use; slip resistance; accessibility.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	21
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	23
1.2.1 Objetivo principal	23
1.2.2 Objetivos secundários	23
1.3 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	23
1.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	24
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2 MÉTODO DE PESQUISA	26
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.2 IDENTIFICAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS, REQUISITOS, CRITÉRIOS E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO	27
2.3 DEFINIÇÃO DOS NÍVEIS DE ATENDIMENTO	27
2.4 ELABORAÇÃO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO	27
2.5 VISTORIA PILOTO	27
2.6 REFINAMENTO DO INSTRUMENTO	28
2.7 VISTORIA DO TRECHO DA AVENIDA INDEPENDÊNCIA	28
2.8 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	28
3 CALÇADAS	30
3.1 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS	32
3.1.1 Legislação de Porto Alegre	33
3.1.2 Legislação Brasileira	37
3.1.3 Normas Técnicas Brasileiras	37

3.1.4 Legislação e Normas Técnicas Internacionais	38
3.2 EXIGÊNCIAS DOS USUÁRIOS	39
3.2.1 Segurança ao risco de quedas	40
3.2.2 Segurança ao risco de atropelamentos	40
3.2.3 Segurança ao risco de lesões por choque	41
3.2.4 Acessibilidade	41
3.3 REQUISITOS DE DESEMPENHO	42
3.3.1 Requisito: Ser antiderrapante	44
3.3.1.1 Critério 1: Resistência ao escorregamento	44
3.3.1.1.1 Condição agravante de risco 1: Formação de biofilme	48
3.3.1.1.2 Condição agravante de risco 2: Presença de detritos	49
3.3.1.2 Critério 2: Inclinação longitudinal máxima	51
3.3.1.3 Critério 3: Inclinação transversal máxima	54
3.3.1.4 Critério 4: Inclinação transversal mínima.....	55
3.3.1.5 Critério 5: Não permitir acúmulo de água	56
3.3.2 Requisito: Apresentar piso regular	57
3.3.2.1 Critério 1: Sem desníveis	57
3.3.2.2 Critério 2: Sem saliências ou reentrâncias	58
3.3.2.3 Critério 3: Dimensão máxima de frestas	59
3.3.2.4 Critério 4: Firmeza	60
3.3.3 Requisito: Ser contínua	62
3.3.4 Requisito: Ser iluminada	63
3.3.5 Requisito: Proteger contra atropelamentos	64
3.3.5.1 Critério 1: Segregação em relação à via	65
3.3.5.2 Critério 2: Desnível em relação à via	66
3.3.5.3 Critério 3: Rebaixo para acesso de veículos adequado	69
3.3.5.4 Critério 4: Alarme de entrada e saída de veículos	71
3.3.6 Requisito: Ser isenta de superfícies, arestas e vértices contundentes	72
3.3.6.1 Critério 1: Ausência de superfícies, arestas e vértices contundentes	72
3.3.6.2 Critério 2: Ausência de vegetação com espinhos	73
3.3.7 Requisito: Ter largura livre adequada ao fluxo	74
3.3.8 Requisito: Ter altura livre adequada à circulação	76

3.3.9 Requisito: Ter rampa nos cruzamentos	77
3.3.10 Requisito: Ter sinalização tátil no piso	78
4 INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA EM CALÇADAS	81
4.1 PRIMEIRA VERSÃO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO	85
4.2 VISTORIA PILOTO	85
4.3 RESULTADOS DA VISTORIA PILOTO	88
4.4 REFINAMENTO DO INSTRUMENTO	91
4.5 VERSÃO FINAL DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO	93
4.5.1 Ficha de vistoria	94
4.5.2 Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento	97
5 ESTUDO DE CASO: AVENIDA INDEPENDÊNCIA	100
5.1 CARACTERÍSTICAS DA AVENIDA INDEPENDÊNCIA	101
5.2 APLICAÇÃO EXPERIMENTAL DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO	104
5.3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	105
5.3.1 Atendimento aos critérios	106
5.3.1.1 Resistência ao escorregamento	108
5.3.1.1.1 Condição agravante de risco: Formação de biofilme	108
5.3.1.1.2 Condição agravante de risco: Presença de detritos	110
5.3.1.2 Inclinação longitudinal máxima	111
5.3.1.3 Inclinação transversal máxima	113
5.3.1.4 Inclinação transversal mínima	114
5.3.1.5 Não permitir acúmulo de água	115
5.3.1.6 Sem desníveis	116
5.3.1.7 Sem saliências ou reentrâncias	117
5.3.1.8 Dimensão máxima de frestas	118
5.3.1.9 Firmeza	120
5.3.1.10 Ausência de obstáculos	121

5.3.1.11 Segregação em relação à via	124
5.3.1.12 Desnível em relação à via	125
5.3.1.13 Rebaixo para acesso de veículos adequado	126
5.3.1.14 Alarme de entrada e saída de veículos	127
5.3.1.15 Ausência de superfícies, arestas e vértices contundentes	128
5.3.1.16 Ausência de vegetação com espinhos	130
5.3.1.17 Largura da faixa livre	131
5.3.1.18 Altura da faixa livre	132
5.3.1.19 Rampa adequada nos pontos de travessia	133
5.3.1.20 Sinalização tátil no piso	134
5.3.2 Atendimento aos requisitos	135
5.3.2.1 Atendimento ao requisito “Ser antiderrapante”	136
5.3.2.2 Atendimento ao requisito “Apresentar piso regular”	137
5.3.2.3 Atendimento ao requisito “Ser contínua”	137
5.3.2.4 Atendimento ao requisito “Proteger contra atropelamentos”	137
5.3.2.5 Atendimento ao requisito “Ser isenta de superfícies, arestas e vértices contundentes”	137
5.3.2.6 Atendimento ao requisito “Ter largura livre adequada ao fluxo”	137
5.3.2.7 Atendimento ao requisito “Ter altura livre adequada à circulação”	138
5.3.2.8 Atendimento ao requisito “Ter rampa nos cruzamentos”	138
5.3.2.9 Atendimento ao requisito “Ter sinalização tátil no piso”	138
5.3.3 Avaliação das calçadas do estudo de caso	138
5.4 DISCUSSÃO	140
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	147
6.1 CONCLUSÕES	148
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	150
Referências	151
Apêndice A	157
Apêndice B	161

Apêndice C	172
Apêndice D	178
Apêndice E	180

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Notícia da morte de um idoso em acidente causado por falha em calçada de Porto Alegre	22
Figura 2 – Etapas da Pesquisa	26
Figura 3 – Desenho de vias de acordo com sua função prioritária	30
Figura 4 – As faixas de uma calçada	32
Figura 5 – Página do Manual “Minha Calçada: Eu curto. Eu cuido.”	35
Figura 6 – Página da Cartilha Porto Alegre acessível para todos	36
Figura 7 – Os requisitos de segurança em calçadas e os seus critérios de avaliação	43
Figura 8 – (a) Revestimento cerâmico em parte de uma calçada; (b) Revestimento em paralelepípedos de granito em parte de uma calçada	45
Figura 9 – Pêndulo Britânico: 1, o ponteiro; 2, o braço; 3, a sapata de borracha; 4, escala C de medição; e 5, corpo de prova (opcional, pois pode ser realizado <i>in loco</i>)	47
Figura 10 – (a) e (b) Formação de biofilme em calçadas de Porto Alegre	49
Figura 11 – Acúmulo de folhas caídas em calçadas de Porto Alegre	50
Figura 12 – Areia utilizada em obra espalhada no piso de uma calçada em Porto Alegre	50
Figura 13 – Combinação de escadas e rampas em vias para pedestres	52
Figura 14 – Duas calçadas em lados opostos da mesma via, em Porto Alegre. (a) Calçada com declividade acentuada, sem degraus. (b) Calçada parte em rampa e parte em degraus	53
Figura 15 – A mesma calçada da figura 14 ^a , vista de lado	53
Figura 16 – Inclinação máxima das faixas de uma calçada, conforme ABCP	54
Figura 17 – Calçada em dia de chuva, com inclinação transversal adequada, em Porto Alegre	55
Figura 18 Acúmulo de água em calçada de Porto Alegre	56
Figura 19 – Desnível entre a faixa livre e o canteiro em uma calçada de Porto Alegre	57
Figura 20 – Desníveis em calçada em Porto Alegre com inclinação longitudinal acentuada	58

Figura 21 – Reentrância em calçada de Porto Alegre	59
Figura 22 – As aberturas de grelhas no piso não podem ultrapassar 15 mm	60
Figura 23 – Peças faltantes no revestimento em ladrilho hidráulico em uma calçada de Porto Alegre	60
Figura 24 – Peças soltas devido à movimentação na base da calçada em consequência do crescimento de raízes da árvore em uma calçada de Porto Alegre	61
Figura 25 – Lixeira instalada em posição inadequada e, portanto, configurando-se em um obstáculo em uma calçada de Porto Alegre	63
Figura 26 – Iluminação artificial adequada em uma calçada de Porto Alegre	64
Figura 27 – Falta de clareza no limite entre a calçada e a via, em frente a um posto de combustíveis em Porto Alegre	66
Figura 28 – A altura e largura da sarjeta devem se limitar ao passo das pessoas	67
Figura 29 – Seções de sarjeta apresentadas como exemplo (a) no Manual de Drenagem Urbana de Porto Alegre e (b) no Manual de Drenagem Urbana de Curitiba	68
Figura 30 – Vista superior de calçada com acesso para veículos	69
Figura 31 – Seção transversal de uma calçada com acesso para veículos	70
Figura 32 – Rebaixo de meio-fio para acesso de veículos adequado	70
Figura 33 – Equipamento de alarme sonoro-visual para entrada e saída de veículos instalado em calçada de Porto Alegre	71
Figura 34 – (a) Excesso de rugosidade em calçada revestida de granitina em Porto Alegre (b) Detalhe do material de revestimento	73
Figura 35 – Coroa de cristo, uma espécie de arbusto com espinhos que foi amplamente utilizada nos canteiros em Porto Alegre e ainda pode ser encontrada em muitas calçadas, como a da foto	74
Figura 36 – Larguras das faixas de uma calçada, modelo com 3 faixas	75
Figura 37 – Calçada com largura inferior a 1,80 m com apenas a faixa livre de circulação, ou faixa acessível	75
Figura 38 – Altura da faixa livre reduzida devido à presença de galhos em calçada em Porto Alegre	77
Figura 39 – Representação esquemática com especificações para o rebaixamento de calçadas	78
Figura 40 – Sinalização tátil no rebaixamento de calçadas	79

Figura 41 – Sinalização tátil no rebaixamento de calçadas – alternativa	79
Figura 42 – Sinalização tátil no piso de um obstáculo suspenso (a) vista lateral e (b) vista superior	80
Figura 43 – Sinalização tátil direcional em calçadas	80
Figura 44 – Primeira versão do instrumento de avaliação: (a) Página 1, com identificação do trecho e lista de critérios; (b) Página 2, com croqui para registro das não conformidades; (c) Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento.....	85
Figura 45 – Calçada avaliada em vistoria piloto. Trecho destacado em amarelo	86
Figura 46 – (a) e (b) fotos gerais da calçada avaliada	87
Figura 47 – Procedimento da vistoria piloto: (a) ensaio de percussão; (b) medição de dimensão de juntas com o paquímetro digital; (c) verificação da inclinação transversal da pavimentação; (d) inspeção de peças soltas	87
Figura 48 – Exemplos de não conformidades encontradas na vistoria piloto: (a) desnível; (b) formação de biofilme; (c) e (d) obstáculos; (e) peças faltantes; (f) tampa de inspeção desnivelada	89
Figura 49 – Ponto da calçada onde a faixa livre de circulação é mais estreita	90
Figura 50 – Versão final da ficha de vistoria: (a) Página 1, com identificação do trecho e lista de critérios; (b) Página 2, com croqui para registro das não conformidades; (c) Página 3 com espaço para as fotos das não conformidades; (d) Página 4, com continuação da tabela para registro dos detalhes das não conformidades e (e) Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento	93
Figura 51 – Parte inicial da ficha de vistoria	94
Figura 52 – Parte da página 1 da Ficha de vistoria, com os critérios referentes à segurança ao risco de quedas	95
Figura 53 – Continuação da página 1 da Ficha de vistoria, com os critérios referentes à segurança contra atropelamentos e lesões por choque e acessibilidade	96
Figura 54 – Página 2 da Ficha de Vistoria, com espaço para registro das não conformidades em croqui com legenda e tabela para detalhes	97
Figura 55 – Versão final da ficha de avaliação da resistência ao escorregamento em versão reduzida	98
Figura 56 – Pêndulo Britânico e recipiente com água utilizados no ensaio de resistência ao escorregamento	99
Figura 57 – A Avenida Independência	100
Figura 58 – Vista geral da Avenida Independência	101

Figura 59 – Casa Godoy em 2016	102
Figura 60 – Percentual de Idosos (60 anos ou mais) sobre a população total de parte de Porto Alegre	103
Figura 61 – Localização do trecho avaliado da Avenida Independência	104
Figura 62 – Localização das calçadas avaliadas no trecho da Av. Independência (1), entre as ruas Santo Antônio (2), Gen. João Telles (3) e Ramiro Barcelos (4). Em azul, as que passaram por vistoria e ensaio de resistência ao escorregamento, em vermelho, as que passaram somente por vistoria e, em verde, as que passaram somente pelo ensaio de resistência ao escorregamento	105
Figura 63 – Banco de dados preenchido em escala reduzida	106
Figura 64 – Percentual de atendimento a cada critério nas calçadas do estudo de caso	107
Figura 65 – (a) e (b) Exemplos de ocorrências de formação de biofilme nas juntas dos revestimentos das calçadas avaliadas	109
Figura 66 – (a) Adesivos colados no piso da calçada. (b) Pedacos de cascas de bergamota	110
Figura 67 – (a) e (b) Inclinação longitudinal maior do que a recomendada em parte de uma calçada do estudo de caso, vista de dois ângulos	111
Figura 68 – Em C, a maneira correta de tratar as diferentes declividades em um cruzamento	112
Figura 69 – Calçada com inclinação longitudinal contígua à via e igual a 4,89% e, portanto, adequada	113
Figura 70 – Calçada com inclinação transversal acima do máximo recomendado (14,68%)	114
Figura 71 – Uma das calçadas com perfil transversal inadequado	115
Figura 72 – (a) e (b) Exemplos de ocorrências de acúmulo de água nas calçadas avaliadas	116
Figura 73 – Desnível encontrado na divisa entre duas calçadas	117
Figura 74 – Acabamento saliente em um canteiro desativado	118
Figura 75 – Reentrância em piso de basalto	118
Figura 76 – Tampa de concreto com frestas maiores do que 5 mm ao redor e juntas maiores de 5 mm não preenchidas no piso da calçadas	119
Figura 77 – (a) e (b) Tampas de caixa de inspeção com bom acabamento (frestas com menos de 5 mm de abertura)	120

Figura 78 – (a) Peças de revestimento soltas ao redor do ponto de instalação de um frade quebrado (b) Peça solta ao redor de uma tampa de caixa de inspeção com bom acabamento	121
Figura 79 – (a) e (b) Peças soltas no caminho percorrido por veículos sobre calçadas	121
Figura 80 – Dois obstáculos: poste localizado no meio da calçada e escada avançando sobre a calçada. A lixeira está corretamente posicionada	122
Figura 81 – Diversos obstáculos na calçada durante o seu reparo	123
Figura 82 – (a) Abrigo de ônibus ocupando grande parte da largura da calçada. (b) Poste metálico estreitando a passagem em uma rampa	123
Figura 83 – Calçada com acesso de veículos ao longo de toda a sua extensão	124
Figura 84 – Meio-fio com altura superior a 15 cm	125
Figura 85 – Meio-fio com altura variável e inferior a 12 cm	126
Figura 86 – Continuidade entre rampas em calçadas vizinhas, ambas sem largura definida	127
Figura 87 – (a) Acesso ao estacionamento de um supermercado sem alarme sonoro-visual instalado e (b) Saída do estacionamento de um estabelecimento bancário com alarme sonoro-visual instalado	128
Figura 88 – (a) Tampa de caixa de inspeção com excesso de rugosidade (b) Tela de fechamento de guarda corpo danificada	129
Figura 89 – (a) Escada revestida por placas de basalto com arestas e cantos vivos. (b) Muro na beira da calçada com pingadeira em basalto, igualmente com arestas e cantos vivos	130
Figura 90 – Vegetações com espinhos plantadas em canteiros	131
Figura 91 – Espécie conhecida como coroa de cristo	131
Figura 92 – Calçada com largura da faixa livre reduzida para 1,02 m devido à presença de frades e rampa de veículos avançando sobre a calçada	132
Figura 93 – Árvore com galhos a 1,91 cm do piso, constituindo-se em um obstáculo a livre circulação de pessoas	133
Figura 94 – Rampa para travessia localizada em esquina, com inclinação e largura inadequadas	134
Figura 95 – Outra rampa para travessia, igualmente localizada em esquina, com inclinação e largura inadequadas	134
Figura 96 – Sinalização tátil de alerta no piso de uma calçada. (a) Canteiro com árvore sinalizado. (b) Rampa para acesso de veículos sinalizada	135

Figura 97 – Percentual de calçadas do estudo de caso que atenderam aos critérios de cada requisito	136
Figura 98 – Diagrama de Pareto das não conformidades encontradas nas calçadas do estudo de caso	143

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Declividades longitudinais máximas recomendáveis por tipo de pavimento	45
Quadro 2 – Circulação de pedestres em relação à declividade	51
Quadro 3 – Resumo dos requisitos	84
Quadro 4 – Percentual de Idosos (60 anos ou mais) sobre a população geral do bairro Independência em Porto Alegre	104
Tabela 1 – Divergências entre valores de níveis encontrados na bibliografia.	81
Tabela 2 – <i>British Pendulum Number</i> (BPN) médio das calçadas avaliadas	108
Tabela 3 – Medição do fluxo de pedestres no trecho estudado	132
Tabela 4 – Número de critérios atendidos e taxa de atendimento em cada calçada do estudo de caso	139
Tabela 5 – Número de requisitos de desempenho atendidos e taxa de atendimento em cada calçada do estudo de caso	140
Tabela 6 – Frequência das NÃO conformidades encontradas nas calçadas do estudo de caso	142

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABCP: Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMABI: Associação dos Moradores e Amigos do Bairro Independência

Art: Artigo

ASTM: *American Society for Testing and Material*

Av.: Avenida

BPN: *British Pendulum Number*

CBIC: Câmara Brasileira da Indústria da Construção

cm: centímetro

CONTRAN: Conselho Nacional de Trânsito

CPA: Comissão Permanente de Acessibilidade

CTB: Código de Trânsito Brasileiro

dBA: decibéis, medidos na escala A

DB-SUA: *Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad*

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LAPAV: Laboratório de Pavimentação

lux: intensidade de iluminação ou iluminância

m: metro

mm: milímetro

Nº: número

NBR: Norma Brasileira Regulamentada

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

p.: página

PMPA: Prefeitura Municipal de Porto Alegre

SMOV: Secretaria Municipal de Obras e Viação

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

%: por cento

1 INTRODUÇÃO

Calçadas estão presentes no cotidiano da população, quando nos deslocamos pelo bairro ou cidade para realizar atividades profissionais, recreativas, entre outras. Segundo Silva (2008), a calçada, como parte da infraestrutura para mobilidade, é importante à vida urbana por sua função de garantir segurança e conforto à circulação das pessoas.

O provimento de calçadas adequadas, principalmente seguras e confortáveis, é um meio de incentivo ao deslocamento a pé e ao uso de transporte coletivo. Segundo o Guia prático para a construção de calçadas (ABCP, 2015), a calçada ideal deve oferecer acessibilidade, largura adequada, fluidez, continuidade e segurança, além de funcionar como um espaço de socialização e contribuir para um desenho urbano apropriado.

Qualificar os passeios públicos é uma estratégia promissora para combater um dos maiores problemas da cidade contemporânea: o colapso da mobilidade urbana, com a quantidade de veículos superior à capacidade das vias, que resulta em engarrafamentos e falta de vagas de estacionamento. Além disso, conforme Asadi-Shekari et al. (2015), a utilização de modos de transporte não-poluentes pode promover o desenvolvimento de áreas urbanas verdes e sustentáveis, atuando na redução de impactos ambientais negativos.

A falta de controle e planejamento dos espaços públicos, entre eles, as calçadas, gera problemas como a falta de segurança e de acesso aos equipamentos urbanos e até impede a livre circulação das pessoas. Neste sentido, este trabalho visa contribuir para o tema desempenho de calçadas, com foco nos requisitos relativos à segurança dos usuários.

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A segurança nos trajetos é um critério importante que pode incentivar as pessoas a andar como uma opção de deslocamento (DRAVITZKI et al., 2003¹ apud ASADI-SHEKARI et al., 2015). São vários os fatores que afetam a segurança dos pedestres. Esses fatores podem estar relacionados a condições individuais (do pedestre e do motorista), do tráfego e do ambiente (LEE e ABDEL-ATY, 2005² apud ASADI-SHEKARI et al., 2015). Quando se trata especificamente de calçadas, que é o foco deste trabalho, segurança significa não oferecer aos pedestres nenhum perigo de queda ou tropeço, segundo ABCP (2015).

Caminhar é mais fácil e seguro em superfícies planas, não escorregadias, regulares e iluminadas e utilizando-se calçados adequados, mas muito de nossa caminhada é feita em condições menos favoráveis (AYRES e KELKAR, 2006, p. 1). No mesmo sentido, tem-se a afirmação de Silva (2008), relatando que grande parte das calçadas é imprópria para a circulação, seja pela existência de obstáculos, seja pela precariedade ou inadequação dos materiais utilizados em sua construção.

Conforme aponta Simões (2014, p. 27), escorregamentos e quedas em função de tropeços são considerados, muitas vezes, acidentes ocasionais, quando, no entanto, estas situações ocorrem em função de risco existente decorrente de má escolha do revestimento do piso, projeto equivocado em termos de desníveis, ou ainda má execução do acabamento. Essa falta de qualidade das calçadas é a causa de muitos acidentes. Um exemplo destes acidentes pode ser visto na figura 1.

¹ DRAVITZKI, V.K., CLELAND, B.S., WALTON, D., LAING, J.N. Measuring Pedestrians' Concerns for Personal Safety and the Influence of Lighting on these Concerns. 26th Australasian Transport Research Forum, Nova Zelândia. 2003.

² LEE, C., ABDEL-ATY, M. Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida. *Accid. Anal. Prev.* 37, 775-786. 2005.

Figura 1 – Notícia da morte de um idoso em acidente causado por falha em calçada de Porto Alegre.



(Fonte: www.noticias.band.uol.com.br)

Em seu trabalho, Ayres e Kelkar (2006, p. 1) afirmam que quedas são amplamente reconhecidas como um importante problema de segurança e desempenham um papel significativo no número de mortes e em lesões não fatais. As quedas são uma preocupação particular para os idosos, para quem elas são a principal causa de morte por lesão acidental (NATIONAL SAFETY COUNCIL, 2016). Estes acidentes são previsíveis e, portanto evitáveis, exigindo apenas atenção a alguns requisitos de desempenho (ABNT, 2013c, p. vii).

O crescente envelhecimento da população mundial torna a busca de soluções viáveis para o problema cada vez mais urgente. A população idosa é a mais suscetível a quedas por escorregamento que resultam em fraturas graves, de difícil recuperação. Mas não só a população idosa está propensa a este tipo de acidente. O deslocamento a pé é um dos mais importantes meios de transporte, já que além de ser usado para percorrer distâncias curtas, complementa trajetos realizados por outros modais.

Os pedestres em geral e, além dos idosos, principalmente as crianças e as pessoas portadoras de necessidades especiais, podem ser considerados usuários vulneráveis.

Portanto, conforme aponta Asadi-Shekari et al. (2015), as necessidades desses usuários mais vulneráveis devem ser cumpridas para tornar o seu deslocamento mais seguro.

O estudo destas necessidades é objeto desta pesquisa. As necessidades ou exigências dos usuários, no que se refere à segurança em uso, de acordo com a abordagem de desempenho, foram traduzidas em requisitos a serem cumpridos em calçadas seguras.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1 Objetivo principal

O objetivo deste trabalho é criar um instrumento de avaliação de segurança em uso para calçadas, utilizando-se a abordagem de desempenho.

1.2.2 Objetivos secundários

Como objetivo secundário tem-se identificar as exigências dos usuários, os requisitos, os critérios, os níveis mínimos exigidos e os respectivos métodos de avaliação de desempenho relativos à segurança em uso de calçadas.

Dentro disso, também foi adotado como objetivo secundário realizar uma pesquisa exploratória com aplicação do ensaio com o Pêndulo Britânico, para avaliação da resistência ao escorregamento.

Adicionalmente, tem-se o objetivo secundário de levantar e analisar as falhas relativas à segurança encontradas nas calçadas do estudo de caso, um trecho da Avenida Independência, em Porto Alegre.

1.3 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

O trabalho delimita-se ao estudo de calçadas pavimentadas, em vias públicas compartilhadas com automóveis e em zona urbana. Foram estudados aspectos relativos exclusivamente à segurança em uso. Portanto, outros aspectos como estética, custo, durabilidade e percepção do usuário não foram considerados.

1.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Quanto ao estudo da resistência ao escorregamento, o trabalho limitou-se à avaliação de calçadas relativamente planas, em razão de características inerentes ao ensaio adotado.

A iluminação pública das vias, importante para a circulação noturna de pessoas nas calçadas, foi identificada como um requisito de segurança, porém não foi investigada no estudo de caso por questões de segurança dos avaliadores.

O instrumento elaborado, em razão do limite de prazo para desenvolvimento da pesquisa, foi testado em algumas calçadas de um trecho de uma avenida em Porto Alegre. Para a validação definitiva do instrumento, é necessário que se amplie os testes.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho estrutura-se em seis capítulos, sendo o primeiro, Introdução, destinado a apresentar o problema de pesquisa e justificar a escolha do tema, ficando definidos os objetivos do trabalho e também suas delimitações e limitações.

O segundo capítulo, de Método de Pesquisa, explica o passo a passo do desenvolvimento do trabalho. Cada etapa da pesquisa é apresentada.

No capítulo 3, de revisão bibliográfica, os conceitos de calçada e suas partes são apresentados. Após, tem-se uma compilação das Leis, Normas e outros trabalhos técnicos sobre o tema. Na sequência, as exigências do usuário, requisitos, critérios, níveis de atendimento e métodos de avaliação identificados encontram-se aprofundados.

No capítulo 4, as etapas para a criação do Instrumento de Avaliação são descritas, iniciando-se pela definição dos níveis de atendimento adotados na pesquisa. Após, é apresentada a primeira versão do instrumento, a vistoria piloto e consequente refinamento. Como fechamento, é apresentada a versão final do Instrumento de Avaliação proposto.

O capítulo 5 é dedicado ao Estudo de Caso, que consiste na aplicação experimental do Instrumento elaborado nas calçadas de um trecho da Avenida Independência, em Porto Alegre. Um breve histórico e características da avenida são trazidos, com o objetivo de

contextualizar. Em seguida, os resultados da aplicação experimental são apresentados, com o mapeamento das falhas encontradas.

E por último, no capítulo 6, são feitas as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros sobre o tema desempenho de calçadas.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Para cumprir os objetivos da presente pesquisa, foram propostas e executadas as etapas resumidas na figura 2 e melhor descritas a seguir.

Figura 2 – Etapas da Pesquisa.



2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta etapa foram pesquisadas leis do Município de Porto Alegre e do Brasil, bem como normas. Além destas, foram consultadas leis e manuais de outros municípios, que pudessem servir de modelo ou fonte de conhecimento. Também foram pesquisadas leis e normas estrangeiras.

A fim de obter-se conhecimento sobre os critérios e níveis de atendimento, foram consultados trabalhos científicos e acadêmicos, nacionais e internacionais sobre o assunto. A bibliografia foi fonte de conhecimento também sobre o mecanismo do escorregamento.

2.2 IDENTIFICAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS, REQUISITOS, CRITÉRIOS E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

Foram identificadas, primeiramente, as exigências dos usuários, com base na bibliografia encontrada sobre o tema e na observação de calçadas em uso, selecionando-se apenas as que se encaixam na categoria de segurança. Após, as exigências foram traduzidas em requisitos de desempenho, com seus respectivos critérios e métodos de avaliação. Então, foi feita uma compilação dos níveis de atendimento determinados na legislação e normas técnicas existentes.

2.3 DEFINIÇÃO DOS NÍVEIS DE ATENDIMENTO

Para a proposição de um instrumento de avaliação de segurança em calçadas, foi necessário definir-se os níveis mínimos de atendimento de acordo com a Legislação e Normas Técnicas. Na existência de divergências entre elas, os níveis foram determinados com base em critérios técnicos, apresentados no capítulo 4.

2.4 ELABORAÇÃO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

A elaboração de uma primeira versão do instrumento de avaliação foi feita com base nos critérios e métodos de avaliação definidos nas etapas anteriores. O instrumento é composto de identificação da calçada avaliada, orientações para inspeção visual, registro fotográfico, medições e verificações, croqui para o registro de não conformidades, com legenda e espaço para observações e ficha de avaliação da resistência ao escorregamento com realização de ensaio *in loco*.

2.5 VISTORIA PILOTO

A primeira versão da ficha de vistoria, desenvolvida na etapa descrita em 2.4, foi testada em vistoria piloto, apresentada no capítulo 4.

2.6 REFINAMENTO DO INSTRUMENTO

O instrumento de avaliação aplicado em vistoria piloto teve seus resultados avaliados, a fim de identificar pontos que necessitavam de melhoria. O refinamento se deu também no processo (protocolo) em busca de praticidade e produtividade. Uma análise do tempo gasto no trecho foi utilizada para compatibilizar o tamanho da amostra (extensão da avenida a ser avaliada) com o período disponível para a pesquisa. As alterações feitas são citadas no capítulo 4 e a versão final encontra-se no apêndice B.

Algumas necessidades de alteração foram percebidas e realizadas durante o estudo de caso. No decorrer das vistorias, conforme as diferentes situações foram aparecendo, o instrumento foi sendo aperfeiçoado, de modo a ficar mais claro, preciso e completo.

2.7 VISTORIA DO TRECHO DA AVENIDA INDEPENDÊNCIA

A vistoria do trecho da Av. Independência foi utilizada para testar o instrumento elaborado na pesquisa e serviu como estudo de caso. Dentro do trecho, com um total de 65 calçadas, foram escolhidas, aleatoriamente, 17 calçadas para avaliação.

A avaliação da resistência ao escorregamento foi uma pesquisa do tipo exploratória, já que sabia-se muito pouco sobre o assunto. Por isso, a escolha das calçadas para aplicação foi feita de modo a atingir-se uma maior completude de casos e respeitando-se as limitações do ensaio e equipamento e, portanto, a população estudada (15 calçadas) não coincide totalmente com a amostra da vistoria geral.

Durante a avaliação do trecho estudado, não só o instrumento em si, como dito no item 2.6, como até detalhes dos requisitos e critérios foram alterados ou adicionados, o que enriqueceu o trabalho.

2.8 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Além da avaliação das condições em que se encontram as calçadas da avenida, com os dados obtidos foi possível fazer uma série de análises, como comparações entre grupos (ex.: calçadas revestidas de basalto regular e irregular), percentual de atendimento de cada requisito, identificação de quais os requisitos são os menos atendidos, entre outras.

Na análise dos resultados do estudo de caso, foi utilizado o Diagrama de Pareto. Diagrama de Pareto é uma ferramenta de controle da qualidade que permite classificar ou ordenar dados de forma descendente, da maior para a menor frequência de ocorrência (KARUPPUSAMI e GANDHINATHAN, 2006³ apud ALEXANDRE, 2008, p. 32).

Os dados coletados serão utilizados na elaboração de um relatório, que será entregue à comunidade, por meio da Associação dos Moradores e Amigos do Bairro Independência (AMABI), junto com uma cópia da versão final do Instrumento de Avaliação.

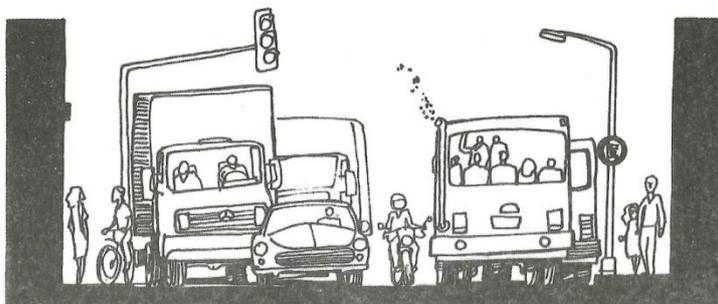
³ KARUPPUSAMI, G.; GANDHINATHAN, R. Pareto analysis of critical success factors of total quality management. The TQM Magazine, India, Vol. 18, p. 372-385. 2006.

3 CALÇADAS

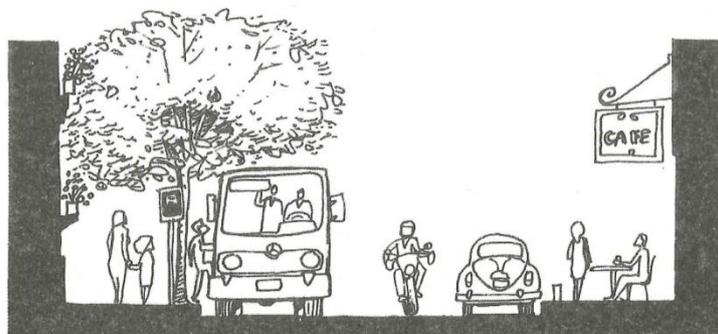
Caminhar é uma das atividades mais fundamentais do ser humano. O direito de ir e vir do cidadão começa na porta de casa, ou seja, na calçada. A calçada não é apenas um espaço utilitário, por onde as pessoas passam, quase sempre apressadas, ela também é um “lugar” e às vezes pode destinar-se inclusive ao lazer (CATTANI, 2007, p. 11). Elas são uma pequena, mas importante parte da complexa infraestrutura urbana e o seu papel deve ser definido através do planejamento urbano, como demonstra a figura 3.

Figura 3 – Desenho de vias de acordo com sua função prioritária.

Prioridade da função trânsito



Prioridade da função habitação



(MASCARÓ, 2003, p. 64)

Ao examinar-se a questão de um modo prático, pode-se dizer que calçadas são caminhos pavimentados para pedestres e que suas superfícies devem ser revestidas por materiais resistentes às intempéries e à circulação sobre elas (CATTANI, 2007, orelha da capa⁴). Em uma definição mais técnica, calçada é a parte da via, normalmente segregada e em nível diferente, não destinada à circulação de veículos, reservada ao

⁴ Autora do texto publicado nas orelhas do livro: Evelise Anicet Rüttschilling.

trânsito de pedestres e, quando possível, à implantação de mobiliário urbano, sinalização, vegetação e outros fins (BRASIL, 1997).

Já “passeio”, segundo o Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997) é uma parte da calçada, livre de interferências e destinada à circulação exclusiva de pessoas e, excepcionalmente, de ciclistas. Portanto, o termo passeio se refere ao mesmo conceito de faixa livre de circulação, que será o termo adotado neste trabalho.

A calçada é composta de até três faixas, conforme demonstra a figura 4:

- a) faixa livre de circulação – obrigatória, pode ser chamada também de passeio ou faixa acessível e é a área destinada à circulação exclusiva de pessoas, desprovida de obstáculos de qualquer natureza (PMPA, 2011c, p. 7);
- b) faixa de serviço – localizada junto ao meio-fio, esta é a faixa reservada à instalação de equipamentos, vegetação, arborização e outras interferências, tais como lixeiras, postes, sinalização, iluminação pública e eletricidade, rebaixamento de meio-fio para acesso de veículos em edificações, entre outros (PMPA, 2011a, p. 3);
- c) faixa de acesso – consiste em área eventualmente remanescente da calçada, localizada entre a faixa livre acessível e o alinhamento predial (PMPA, 2011a, p. 3).

Figura 4 – As faixas de uma calçada.



(ABCP, 2015)

Neste trabalho, o termo “calçada” é utilizado, também, para designar o trecho de calçada em frente a um determinado lote. Há uma série de regras a serem cumpridas para obter-se calçadas que desempenhem adequadamente o seu papel. Esta pesquisa se dedica aos aspectos relativos à segurança em uso de calçadas e, em vista disso, a seguir encontra-se um apanhado das leis e normas referentes ao tema.

3.1 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS

Em relação à legislação, um dos objetivos da revisão bibliográfica nesta pesquisa é encontrar a totalidade das normas e leis que se aplicam às calçadas do estudo de caso. Para tanto, foram estudadas as Leis do Município de Porto Alegre e do Brasil, bem como as normas técnicas relacionadas ao tema.

Além destas, foram pesquisadas leis de outros municípios, que contêm requisitos que devem ser respeitados em uma boa calçada. Pelo mesmo motivo, legislação e normas estrangeiras foram consultadas.

3.1.1 Legislação de Porto Alegre

Segundo Costa (1997, p. 44), os primeiros sinais de preocupação com o embelezamento da cidade de Porto Alegre e limpeza das ruas surgiram no final do século XVIII, quando, entre outras medidas, em 1794, o calçamento da frente das casas se tornou obrigatório na zona urbana. Mais recente e em vigor, o Código de Posturas de Porto Alegre, instituído pela Lei Complementar nº 12 (PMPA, 1975), traz a seguinte exigência:

Art. 28 - Os proprietários de terrenos, edificados ou não, localizados em logradouros que possuam meio-fio, são obrigados a executar a pavimentação do passeio fronteiro a seus imóveis dentro dos padrões estabelecidos pelo Município e mantê-los em bom estado de conservação e limpeza.

Por sua vez, os referidos padrões estão dispostos no Decreto nº 17.302 (PMPA, 2011a). De acordo com este decreto, devem ser obedecidas as normas da ABNT, entre as quais pode-se destacar a NBR 9050 (ABNT, 2015) que traz uma série de recomendações para calçadas acessíveis.

Como mostra o trecho do Decreto nº 17.302 (PMPA, 2011a), transcrito a seguir, a legislação é prescritiva, especificando materiais e não requisitos a serem cumpridos.

Art. 2º Ficam admitidos os seguintes materiais para a pavimentação de passeios:
I – bloco de concreto;
II – placa de concreto pré-moldado;
III – concreto moldado *in loco*, com juntas de dilatação e acabamento desempenado, texturizado ou estampado;
IV – concreto asfáltico;
V – basalto; e
VII – pisos alternativos.

Sobre a utilização de pisos alternativos, é determinado no decreto que esta implica na responsabilidade civil do proprietário do imóvel em caso de acidente que venha a ocorrer em decorrência de seu uso. Apesar de não ser mencionado no decreto, a Prefeitura tem aceitado pisos alternativos somente em caso de manutenção de patrimônio histórico, como é o caso de calçadas antigas de pedra portuguesa ou ladrilho hidráulico, por exemplo.⁵

⁵ Informações obtidas em conversa informal realizada com um agente de fiscalização da SMOV em 18/06/2015.

No mesmo ano do Decreto, foi instituído, pela Lei Complementar nº 678 (PMPA, 2011c), o Plano Diretor de Acessibilidade de Porto Alegre. Ao ler-se o conceito de acessibilidade trazido no Plano, pode-se ver que as calçadas desempenham um importante papel, visto que interligam os espaços, equipamentos urbanos, serviços, entre outros:

I – “acessibilidade” a condição para a utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida, dos espaços, dos mobiliários e dos equipamentos urbanos, do acesso às edificações, dos serviços de transporte e dos dispositivos, dos sistemas e dos meios de comunicação e informação, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida;

O Plano também traz a NBR 9050 (ABNT, 2015) como referência e faz a ressalva que em caso de impossibilidade de atendimento ao limite de 5% como inclinação longitudinal máxima, devido a características inerentes ao logradouro, pode-se construir rampas ou degraus, ficando condicionado à aprovação prévia da Prefeitura Municipal.

Além da legislação, a Prefeitura Municipal de Porto Alegre disponibiliza em seu site o manual “Minha calçada: Eu curto. Eu cuido” (PMPA, 2013) e a “Cartilha Porto Alegre acessível para todos” (PMPA, 2007). O manual é bastante explicativo, contendo ilustrações (figura 5), e, assim como a lei em que se baseia, é de cunho prescritivo.

Figura 5 – Página do Manual “Minha Calçada: Eu curto. Eu cuido.”.

Exemplos de pavimento para calçadas

Blocos pré-fabricados de concreto

- Assentados sobre camada de areia, travados por contenção lateral (meio-fio).
- Espessura da peça para tráfego de pedestres: seis centímetros, no mínimo.
- Base: utilizar subleito compactado.
- Assentamento: as peças de concreto são assentadas sobre uma camada de areia média de quatro centímetros de espessura, disposta sobre a camada de subleito.
- Rejunte: as peças devem ser rejuntadas com areia fina.
- Os blocos pré-fabricados de concreto, devido à diversidade de cores, formatos e texturas, permite a formação de “desenhos” no pavimento.

Concreto moldado “in-loco”

- Produzido em central de fabricação externa, ou na própria obra.
- Espessura da placa para tráfego de pedestres: seis centímetros, no mínimo.
- Passagem de veículos leves: oito centímetros (armadura de quatro milímetros no acesso de automóveis).
- Passagem de veículos médios e pesados: dez centímetros (armadura de quatro milímetros no acesso de veículos).
- Base: brita sobre solo compactado.
- Juntas: devem ser executadas juntas de dilatação de um centímetro e meio, quando executadas com ripamento, distribuídas no sentido transversal, com espaçamento máximo de dois metros.
- Juntas cortadas: poderão ser executadas juntas cortadas com serras dentro das dimensões acima especificadas.
- Acabamento superficial: desempenadeiras ou vassouras.
- Durabilidade: elevada durabilidade, desde que respeitadas as características do produto e os modos de execução e manutenção.
- Conforto de rolamento: adequado ao tráfego de cadeirantes e deficientes visuais (evitar texturas irregulares).
- Antiderrapante: acabamento superficial deve apresentar rugosidade adequada para evitar escorregamentos.
- Drenagem: apenas superficial.
- Tempo para liberação ao tráfego: 24 horas para tráfego leve de pedestres e 48 horas para tráfego de veículos leves.
- Limpeza: jato d'água e sabão neutro.
- Consertos: o piso é cortado de acordo com a modulação e refeito com as mesmas características do piso original.

Execução passo a passo:





1. Regularização e compactação do subleito.
2. Espalhar e nivelar da areia.
3. Colocação das peças.
4. Espalhar a areia de rejuntamento.
5. Compactação final.




(FONTE: PMPA, 2013, disponível em www2.portoalegre.rs.gov.br)

A Cartilha, que trata de acessibilidade como um todo, dedica uma página (figura 6) a algumas recomendações para calçadas acessíveis, como a largura adequada para a faixa acessível (de 1,20 m a 1,50 m), a importância do piso tátil de alerta e das rampas para rebaixamento de calçadas e reforça que o piso deve ser antiderrapante, regular e contínuo, sem degrau e ter inclinação em direção ao meio fio, não superior a 2% (PMPA, 2007).

Figura 6 – Página da Cartilha Porto Alegre acessível para todos.

A CALÇADA ACESSÍVEL



O espaço livre necessário para que uma pessoa em cadeira de rodas e um pedestre possam circular simultânea e tranquilamente deve ter largura entre 1m20cm e 1m50cm.

Vasos, caixas de correio, bancas de revistas, poste de luz ou qualquer outro obstáculo não poderão ser utilizados neste espaço.



Objetos suspensos, como arrelhões, lixeiras fixas, placas de sinalização, trazem muito perigo aos deficientes visuais, principalmente à cabeça, devendo ser bem identificados, para não causarem dano à pessoa.

Ao redor destes objetos, na sua base, deverá ser colocado um piso tátil de alerta que mantenha um afastamento mínimo de 60 cm entre as pessoas e o objeto.



O piso deve ser antiderrapante, regular e contínuo, sem degrau e ter inclinação em direção ao meio fio, não superior a 2%.

RAMPAS PARA REBAIXAMENTO DE CALÇADAS



Junto às esquinas, nos meios de quadra e nos canteiros divisores de pista, é onde os rebaixos de calçadas devem estar localizados.



Eles facilitam a travessia, devem ter 1m20cm de largura e inclinação da rampa que o compõe não superior a 8,33%. Devem possuir abas laterais.



Você pode ajudar a melhorar a acessibilidade executando a calçada em frente a sua casa, incentivando seu vizinho a fazer o mesmo e alertando a Prefeitura para que remova obstáculos existentes, evitando quedas.

As Rampas para Rebaixamento de Calçadas devem ter inclinação máxima de 8,33%.

Não deve haver desnível entre o término do rebaixamento de calçada e a pista para veículos.



Piso tátil de alerta

Inclinação: 8,33%

Meio-fio

Passeio

(FONTE: PMPA, 2007, disponível em www2.portoalegre.rs.gov.br)

Em Porto Alegre, a fiscalização das condições das calçadas é feita pela Secretaria Municipal de Obras e Viação (SMOV), que vem, desde 2011, vistoriando calçadas de bairros da cidade (de acordo com planejamento próprio), como parte do programa intitulado “Minha Calçada”. O objetivo do programa é conscientizar os cidadãos sobre as responsabilidades no processo de conservação dos passeios (PMPA, 2015).

Em levantamento realizado pela Prefeitura em cinco bairros nos primeiros quatro meses de 2015, constatou-se que 83,94% das calçadas necessitavam de algum tipo de reparo. Desde o lançamento do programa, já foram notificados os proprietários de mais de 18 mil imóveis em razão de problemas em suas calçadas (PMPA, 2015).

Além disso, são feitas fiscalizações como resposta a denúncias feitas pela própria população, através do canal Fala Porto Alegre⁶. Em caso de denúncia, um agente de fiscalização se desloca ao local para uma vistoria completa, enquanto a fiscalização das

⁶ Canal de comunicação entre a Prefeitura e os cidadãos, por telefone ou por formulário disponibilizado no site.

calçadas no programa Minha Calçada é realizada por equipe de estagiários treinados pelos agentes.⁷

3.1.2 Legislação Brasileira

Dentro da Legislação Brasileira, as leis que tratam sobre o tema calçadas, além do Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997), são as de acessibilidade.

A contribuição do Código de Trânsito Brasileiro ao tema se dá principalmente no plano das definições e conceitos, como, por exemplo, as definições de calçada e passeio, apresentadas no início deste capítulo. Em sua legislação complementar, também se encontram algumas diretrizes e regras, na forma de resoluções do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), mas estas são focadas principalmente em veículos automotores.

As leis de acessibilidade que abordam, entre outras coisas, o tema calçadas, são a chamada Lei de Acessibilidade (Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000), o Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004 e o recente Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015). A primeira, precursora sobre o tema no país, estabelece normas e critérios básicos para a promoção da acessibilidade e é regulamentada pelo Decreto (BRASIL, 2004). Tanto a Lei de Acessibilidade (BRASIL, 2000), quanto o Decreto nº 5.296 (BRASIL, 2004), determinam o cumprimento das Normas da ABNT, em especial a NBR 9050 (ABNT, 2015) dando-as, portanto, força de lei.

Já o Estatuto da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015) traz ou atualiza diversos conceitos, como o de acessibilidade, barreiras e o de desenho universal, entre outros.

Foram pesquisadas também leis municipais de cidades brasileiras e entre elas encontrou-se a Lei Complementar Nº 14/08 de Camboriú (CAMBORIÚ, 2008), que regulamenta parte do Plano Diretor da cidade e pode ser considerada como uma das mais completas.

3.1.3 Normas Técnicas Brasileiras

Entre as normas nacionais pertinentes ao tema, destacam-se:

⁷ Informações obtidas em conversa informal realizada com um agente de fiscalização da SMOV em 18/06/2015.

- a) NBR 12255:1990 – Execução e utilização de passeios públicos – Procedimento;
- b) NBR 9050:2015 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos;
- c) NBR 16537:2016 Versão Corrigida:2016 – Acessibilidade - Sinalização tátil no piso - Diretrizes para elaboração de projetos e instalação;
- d) NBR 15575:2013-3 – Edificações habitacionais – Desempenho, Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos.

De acordo com a NBR 9050 (ABNT, 2015), os pisos devem ter superfície regular, firme, estável e antiderrapante sob qualquer condição. A NBR 12255 (ABNT, 1990) também ressalta que o revestimento dos passeios deve ser antiderrapante, principalmente quando molhado, e acrescenta que não deve permitir acúmulo de detritos e de águas pluviais. Contrariando o que preconizam as normas, isso não é observado na maior parte das cidades brasileiras.

A NBR 16537 (ABNT, 2016) traz as diretrizes para sinalização tátil no piso. Ela dá especificações técnicas para instalação em pisos em geral e em calçadas.

Apesar de não tratar especificamente de calçadas e sim de pisos de edificações habitacionais, a NBR 15575-3 traz conceitos e diretrizes aplicáveis ao tema. De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013c, p. 16), por exemplo, o atendimento a requisitos de segurança na circulação visa evitar lesões em seus usuários, provocadas por quedas decorrentes de irregularidades localizadas.

Além destas, há a NBR 13818:1997 – Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio (ABNT, 1997) que, assim como a NBR 15575-3 (ABNT, 2013c), não trata especificamente de calçadas, mas de placas cerâmicas para revestimento, trazendo requisitos de desempenho e métodos de avaliação do material. Dentre os requisitos constantes na norma, há o coeficiente de atrito, que está relacionado à resistência ao escorregamento de pisos.

3.1.4 Legislação e Normas Técnicas Estrangeiras

Na busca por leis e normas estrangeiras pertinentes ao tema, encontrou-se o *Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad* (DB-SUA) (ESPANHA, 2010) que

integra o *Código Técnico de La Edificación*. Apesar de tratar sobre segurança na utilização e acessibilidade de edificações, seu conteúdo contribui para o tema calçadas ao abordar a segurança de pisos.

O DB-SUA é dividido em nove exigências básicas para edificações e entre elas há a segurança frente ao risco de quedas, para a qual são indicados parâmetros para a resistência ao escorregamento, descontinuidade e desníveis, entre outros.

Além deste, neste trabalho foi utilizada a ASTM E303-93 (ASTM, 1993), norma técnica americana que estabelece os parâmetros para realização do ensaio de determinação da resistência ao escorregamento de pisos e pavimentações. O equipamento utilizado no método é o Pêndulo Britânico.

Entre as leis e manuais de diversas cidades de outros países pesquisados, foram encontrados o Código de Habitação da Cidade de Manchester (MANCHESTER, 2014), o Código da Cidade de Portland (PORTLAND, 1970), o documento “Design Guidelines for Streets & Sidewalks” da cidade de Minneapolis (MINNEAPOLIS, 2009) e o manual “Street Design Manual” (NEW YORK CITY, 2015), que tratam sobre calçadas. Também para ser usado como referência, foi encontrado o documento “Proposed Accessibility Guidelines for Pedestrian Facilities in the Public Right-of-Way” (UNITED STATES ACCESS BOARD, 2011).

3.2 EXIGÊNCIAS DOS USUÁRIOS

De acordo com Gibson (1982), a abordagem de desempenho é, acima de tudo, a prática de pensar e trabalhar em termos de fins em vez de meios. Na abordagem de desempenho, o objetivo é definir como a edificação ou produto (no presente caso, a calçada) deve ser para que cumpra adequadamente a sua função e não prescrever o modo como ele deve ser construído.

Na abordagem de desempenho, a palavra usuário é utilizada em um sentido amplo, não significando apenas, por exemplo, no presente trabalho, as pessoas que circulam sobre a calçada, mas também os proprietários, a comunidade e o Poder Público (GIBSON, 1982). Exigências dos usuários são o conjunto de necessidades dos usuários a serem satisfeitas, de modo que as funções do produto em questão sejam cumpridas.

Para a definição dos requisitos de desempenho, o primeiro passo é a identificação das exigências dos usuários. Neste trabalho, elas foram identificadas com base na bibliografia encontrada sobre o tema e na observação de calçadas em uso, selecionando-se apenas as que se encaixam na categoria de segurança. Desta maneira, a calçada ideal, em termos de segurança, portanto, é aquela que satisfaz as exigências dos seus usuários, ou seja, cumpre a sua função de prover um circular seguro às pessoas.

Utilizando-se a abordagem de desempenho, procurou-se encontrar as exigências dos usuários relativas à segurança em uso das calçadas. Foram encontradas quatro exigências dos usuários:

- a) Segurança ao risco de quedas;
- b) Segurança ao risco de atropelamentos;
- c) Segurança ao risco de lesões por choque;
- d) Acessibilidade.

As exigências encontram-se detalhadas a seguir.

3.2.1 Segurança ao risco de quedas

Para ser considerada segura contra o risco de quedas, a calçada deve ser antiderrapante, apresentar piso regular, ser contínua e iluminada.

3.2.2 Segurança ao risco de atropelamentos

As vias urbanas, em sua quase totalidade, são compartilhadas por pessoas a pé e pessoas em automóveis ou outros meios de transporte. Uma calçada segura deve proteger os seus usuários de atropelamentos, principalmente por veículos automotores.

Para ser considerada segura contra risco de atropelamentos, a calçada deve ser segregada em relação ao restante da via (exclusiva para pedestres), apresentar desnível adequado em relação à mesma e estar provida de alarme sonoro-visual quando houver acesso de veículos, que deve ser feito por meio de uma rampa com inclinação e dimensões dentro dos limites estabelecidos.

3.2.3 Segurança ao risco de lesões por choque

Uma calçada segura deve ser isenta de vértices e arestas contundentes, bem como de superfícies com excesso de rugosidade, para que o usuário, em caso de queda, por exemplo, não se machuque ainda mais devido à presença destas irregularidades.

Esta exigência vai ao encontro de um dos princípios do desenho universal, a tolerância ao erro. Como trazido na NBR 9050 (ABNT, 2015, p. 139), tolerância ao erro significa minimizar os riscos e consequências adversas de ações acidentais ou não intencionais na utilização do ambiente ou elemento espacial.

3.2.4 Acessibilidade

A calçada deve ser acessível a todos. A acessibilidade não se restringe às pessoas com deficiência, usuários de cadeiras de rodas, pessoas com perda de visão ou audição, mas inclui também as pessoas idosas, obesas, gestantes, com estatura baixa acentuada ou com mobilidade momentaneamente reduzida (PMPA, 2007). A esta lista, é importante acrescentar as pessoas com estatura alta acentuada, as quais também devem ter as suas necessidades consideradas em projetos acessíveis.

A definição trazida na NBR 9050 (ABNT, 2015, p. 2) para acessibilidade é:

Possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privado de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida.

Adotando-se um conceito mais amplo e abrangente de acessibilidade, chega-se à definição de Desenho Universal. Segundo o Estatuto da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015), desenho universal é a concepção de produtos, ambientes, programas e serviços a serem usados por todas as pessoas, sem necessidade de adaptação ou de projeto específico, e deve sempre ser adotado como regra de caráter geral.

Complementarmente, conforme a NBR 9050 (ABNT, 2015, p. 4):

O conceito de desenho universal tem como pressupostos: equiparação das possibilidades de uso, flexibilidade no uso, uso simples e intuitivo, captação da informação, tolerância ao erro, mínimo esforço físico, dimensionamento de espaços para acesso, uso e interação de todos os usuários.

Apesar de, à primeira vista, acessibilidade e desenho universal não estarem diretamente relacionados à segurança, considerou-se nesse trabalho a premissa de que, conforme o Estatuto da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015), é um direito da pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida viver de forma independente e exercer seus direitos de cidadania e de participação social. Para isso, devem ser garantidas condições para que estas pessoas possam circular livremente em todos os espaços públicos, entre eles a rua, e esse direito pressupõe que este circular seja em segurança, caso contrário não faria sentido.

Portanto, foram estudados os requisitos para que todas as pessoas, incluindo-se aquelas que são portadoras de necessidades especiais de locomoção, possam utilizar as calçadas de forma segura.

Além de todos os requisitos citados nos itens 3.2.1 a 3.2.3, calçadas acessíveis devem ter largura e altura adequada à circulação e atender a dois requisitos específicos: ter rampa nos cruzamentos e ter sinalização tátil no piso.

3.3 REQUISITOS DE DESEMPENHO

Requisitos de desempenho são, de acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2013b, p. 9), condições que expressam qualitativamente os atributos que o produto ou sistema em questão deve possuir, a fim de que as exigências dos usuários sejam atendidas. Com base na revisão bibliográfica realizada e exigências identificadas, foram definidos os seguintes requisitos de segurança para calçadas e seus respectivos critérios, conforme pode ser visto na figura 7.

Figura 7 – Os requisitos de segurança em calçadas e os seus critérios de avaliação.

REQUISITOS	CRITÉRIOS
SER ANTIDERRAPANTE	<ul style="list-style-type: none"> • resistência ao escorregamento*; • inclinação longitudinal máxima*; • inclinação transversal máxima*; • inclinação transversal mínima; • não permitir acúmulo de água.
APRESENTAR PISO REGULAR	<ul style="list-style-type: none"> • sem desníveis; • sem saliências e reentrâncias; • dimensão máxima de frestas; • firmeza.
SER CONTÍNUA	<ul style="list-style-type: none"> • ausência de obstáculos .
SER ILUMINADA	<ul style="list-style-type: none"> • iluminação artificial adequada.
PROTEGER CONTRA ATROPELAMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> • segregação em relação à via; • desnível em relação à via; • rebaixo para acesso de veículos adequado; • alarme de entrada e saída de veículos;
SER ISENTA DE VÉRTICES CONTUNDENTES	<ul style="list-style-type: none"> • ausência de superfícies, arestas e vértices contundentes; • ausência de vegetação com espinhos.
TER LARGURA LIVRE ADEQUADA AO FLUXO	<ul style="list-style-type: none"> • largura da faixa livre.
TER ALTURA LIVRE ADEQUADA À CIRCULAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • altura da faixa livre.
TER RAMPA NOS CRUZAMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> • rampa adequada nos pontos de travessia.
TER SINALIZAÇÃO TÁTIL NO PISO	<ul style="list-style-type: none"> • sinalização tátil no piso.

* Condições agravantes de risco: formação de biofilme e presença de detritos na calçada.

Cada requisito será aprofundado nos itens a seguir.

3.3.1 Requisito: Ser antiderrapante

É fundamental para uma calçada segura que seu piso tenha uma superfície antiderrapante. Um piso antiderrapante é aquele que, considerando-se suas condições de uso, oferece o coeficiente de atrito suficiente para o escorregamento ser evitado.

De acordo com Campante e Sabbatini (1996, p. 2), o escorregamento pode ser definido como um decréscimo intenso e repentino no coeficiente de atrito entre o corpo em movimento e a superfície de apoio. Coeficiente de atrito é o termo usado para a relação constante entre a força de atrito e a força de pressão entre duas superfícies (RICOTTI et al., 2009, p.1).

Os fatores de risco para escorregamentos podem ser extrínsecos (fatores ambientais), intrínsecos (fatores humanos) ou mistos, resultando da interação entre os anteriores (GRÖNQVIST, 1995⁸ apud GARD e LUNDBORG, 2000, p. 2). Os principais fatores de risco para escorregamentos são, ainda de acordo com Grönqvist, a má aderência e o baixo atrito entre o calçado e o pavimento.

Nesta pesquisa foram estudados os fatores extrínsecos, ou ambientais, levando-se em conta características da superfície dos materiais encontrados e as condições de uso a que estão submetidos.

3.3.1.1 Critério 1: Resistência ao escorregamento

O escorregamento, como dito no item 3.3.1, acontece devido a uma combinação de fatores e a resistência ao escorregamento do piso é apenas um deles, juntamente aos critérios de 2 a 5 (itens 3.3.1.2 a 3.3.1.5). O coeficiente de atrito é uma característica inerente ao material, já a resistência ao escorregamento não é tão simples, e nem um número único, pois varia de acordo com as condições, como por exemplo, a presença de água ou óleo entre as superfícies (RICOTTI et al., 2009, p. 1).

O “Street Design Manual” (NEW YORK CITY, 2015, p. 71) alerta que o piso das calçadas devem apresentar coeficiente de atrito de acordo com especificações de Normas Técnicas relevantes, não apontando uma em específico. No quadro 1, há uma relação de declividades e respectivos materiais recomendados por Mascaró (2003).

⁸ GRÖNQVIST, R. A dynamic method for assessing pedestrian slip resistance. Tese, Finnish Institute of Occupational Health, Helsínquia. 1995.

Quadro 1 – Declividades longitudinais máximas recomendáveis por tipo de pavimento.

Tipo de acabamento da via de pedestre	Declividade máxima recomendável (%)
Lajotas cerâmicas, concreto liso, granito polido	4
Ladrilhos hidráulicos de cimentos, granito sem polimento	8
Concreto rugoso, lajotas de grês, blocos articulados	16

(MASCARÓ, 2003, p. 109)

Na figura 8, calçadas com piso excessivamente liso e, provavelmente, com resistência ao escorregamento insuficiente para o uso em calçadas.

Figura 8 – (a) Revestimento cerâmico em parte de uma calçada; (b) Revestimento em paralelepípedos de granito em parte de uma calçada.



(a)



(b)

(fotos da autora)

Apesar da legislação e normas técnicas destacarem a necessidade de o piso das calçadas apresentar superfície antiderrapante, não há, na legislação brasileira, definição de níveis mínimos de resistência ao escorregamento a serem atingidos nas mesmas. O mais próximo disso é a recomendação da Norma Brasileira de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013c), que na verdade se aplica somente a pisos de edificações habitacionais, mas poderia ser utilizada em uma analogia entre pisos externos, para os quais são definidos parâmetros, e calçadas.

O método de avaliação determinado pela NBR 15575-3 (ABNT, 2013c, p. 16) é o apresentado no anexo N da NBR 13818 (ABNT, 1997, p. 42-44) para determinação do coeficiente de atrito dinâmico, que utiliza o equipamento deslizador motorizado do tipo “Tortus”. Neste método, o coeficiente de atrito dinâmico é determinado utilizando-se o deslizador que se movimenta em velocidade constante sobre uma superfície horizontal e o resultado deve ser acima de 0,4 para pisos onde se requer resistência ao escorregamento.

Entretanto, segundo Ricotti et al. (2009), com base nos resultados do trabalho comparativo entre diferentes métodos de avaliação, o equipamento Tortus não produz resultados confiáveis, já que no experimento realizado, as superfícies secas obtiveram pior desempenho do que as molhadas, o que não corresponde à realidade. Em vista disso, optou-se por não utilizar o método Tortus neste trabalho.

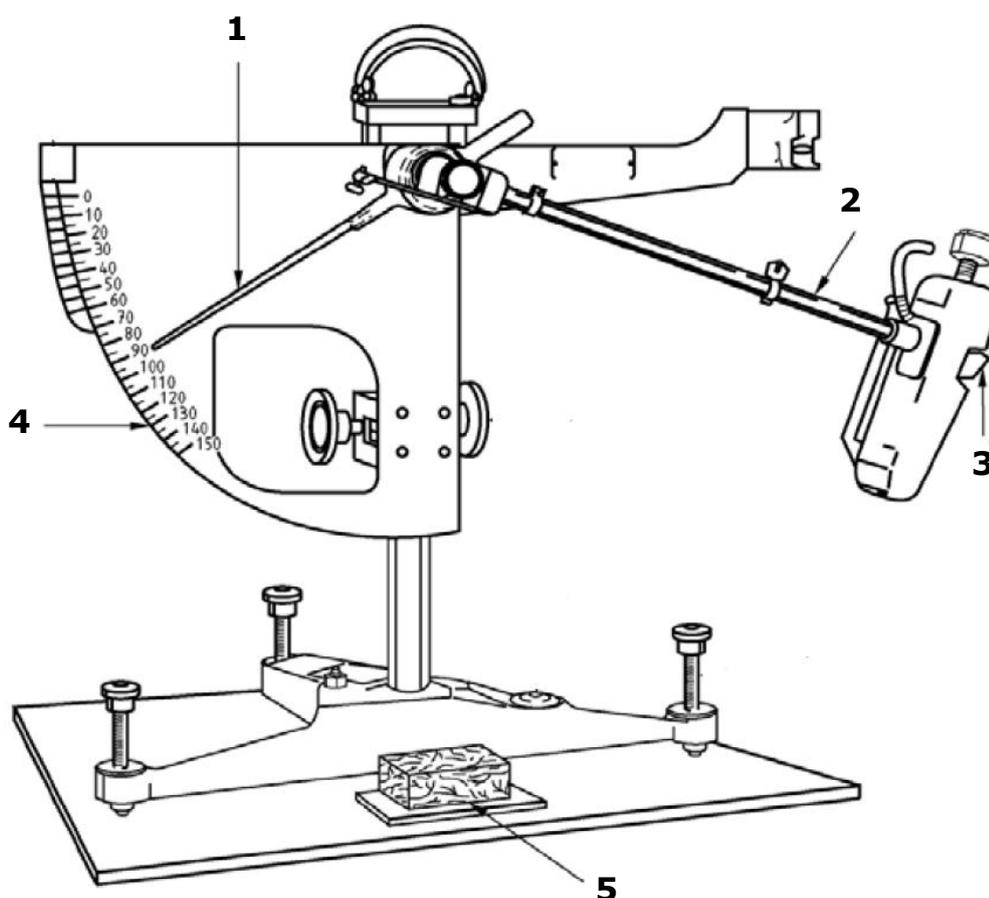
O ensaio mais adequado para se avaliar a resistência ao escorregamento de pisos, conforme concluíram Ricotti et al. (2009), é o que utiliza o equipamento Pêndulo Britânico. O método é padronizado pela ASTM E303-93 (ASTM, 1993) e recomendado pelo *Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad* (ESPANHA, 2010).

Ainda, segundo Ceratti e Núñez (2011, p. 29), o Pêndulo Britânico é o equipamento mais difundido para determinação da microtextura de pavimentos. Os autores descrevem o princípio de funcionamento do Pêndulo Britânico como a perda de energia de um pêndulo com base emborrachada ao deslizar sobre o pavimento.

O DB-SUA (ESPANHA, 2010, p. 13) preconiza que pisos externos devem atender à classe 3, que corresponde a uma resistência ao escorregamento, ou *British Pendulum Number* (BPN), maior que 45, obtido através do ensaio do Pêndulo Britânico. O DB-

SUA (Espanha, 2010, p. 11) indica seguir o ensaio como descrito na Norma UNE-ENV 12633 (AENOR, 2003), porém a mesma foi anulada e não substituída. Em documento de apoio ao DB-SUA (ESPANHA, 2014, p. 1-2), o método é descrito e não foram identificadas diferenças em relação ao publicado pela ASTM, que foi o empregado neste trabalho. Na figura 9, um desenho do equipamento Pêndulo Britânico.

Figura 9 – Pêndulo Britânico: 1, o ponteiro; 2, o braço; 3, a sapata de borracha; 4, escala C de medição; e 5, corpo de prova (opcional, pois pode ser realizado *in loco*).



(adaptado de: ESPANHA, 2014, p. 2)

Na realização do ensaio, após os ajustes necessários do equipamento já posicionado no local, o piso deve ser limpo com o auxílio de um pincel (para a retirada de possíveis detritos) e molhado. Então ergue-se o braço à posição inicial e depois, acionando-se um botão, solta-se o pêndulo, que desliza sobre o piso. O valor registrado pelo ponteiro, na

escala C, deve ser anotado. Retorna-se o braço à posição inicial e solta-se o pêndulo mais 4 vezes, pois são necessárias 5 leituras, sendo a primeira descartada.

Foram identificadas condições de conservação da calçada que podem influir no risco de escorregamento, agravando características impróprias da calçada, como é o caso da resistência ao escorregamento. São elas a formação de biofilme e a presença de detritos na calçada.

3.3.1.1.1 Condição agravante de risco 1: Formação de biofilme

Segundo Shirakawa (1994), biofilme é uma película, formada por crescimento microbiano na superfície de materiais inorgânicos. Sua ocorrência é facilmente identificada, pois se formam manchas verdes ou escuras na superfície em que está aderido. As superfícies cobertas por biofilme se tornam mais escorregadias, o que, no caso de calçadas, representa um grave problema de segurança.

Além do problema do aumento de risco de escorregamento, há a deterioração dos materiais. Esses microrganismos, entre eles bactérias, fungos e líquens, podem atuar no processo da biodeterioração de materiais de natureza mineral como pedras, concreto, cerâmica e vidro (SHIRAKAWA, 1994).

De acordo com Saad (2002, p. 11), a ocorrência do crescimento e desenvolvimento de microrganismos está relacionada a diversos fatores como a umidade, a falta de ventilação, o uso, a qualidade do ar, as variações sazonais, a temperatura, os projetos de construção, os tipos de materiais orgânicos, a manutenção, entre outros. A formação de biofilme geralmente ocorre em superfícies caracterizadas por uma elevada capacidade de retenção de água e por serem zonas protegidas da radiação solar direta, mas com luz suficiente para que os micro-organismos realizem a fotossíntese (FONSECA, 2009, p. 4). No caso de calçadas, pode-se dizer que os principais aspectos que influenciam na formação de biofilme são a porosidade da superfície, o sombreamento e a presença constante de umidade.

De acordo com a NBR 12255 (ABNT, 1990), as projeções, tais como marquises e toldos, não podem lançar água sobre a superfície da calçada. A Legislação Municipal de Porto Alegre proíbe deixar cair água de aparelhos de ar condicionado sobre as calçadas (PMPA, 1975, p. 4). O desrespeito a estas recomendações, associado a outros fatores,

pode propiciar a umidade necessária para a formação de biofilme, tornando o piso escorregadio, o que está ilustrado na figura 10 a e b.

Figura 10 – (a) e (b) Formação de biofilme em calçadas de Porto Alegre.



(a)



(b)

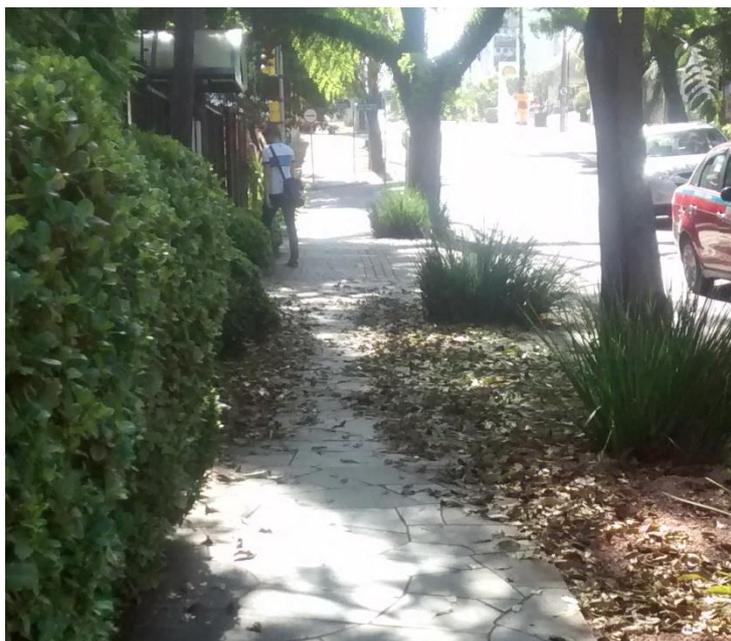
(fotos da autora)

3.3.1.1.2 Condição agravante de risco 2: Presença de detritos

Para uma calçada ser segura ela precisa estar livre de detritos, ou seja, limpa. A limpeza da calçada é responsabilidade do proprietário do imóvel (PORTLAND, 1970; MANCHESTER, 2014; PMPA, 2015). Os detritos em uma calçada podem atuar como obstáculos, causando tropeços ou como lubrificantes, causando escorregamentos.

A presença de árvores ao longo das calçadas é uma característica muito apreciada pelos usuários (FERRER et al., 2015) por tornarem a cidade mais bela, contribuírem para um melhor microclima e propiciarem sombreamento. Entretanto, folhas, flores e frutos caídos de árvores podem ser classificados como detritos quando depositados em calçadas (figura 11), já que diminuem a resistência ao escorregamento da mesma.

Figura 11 – Acúmulo de folhas caídas em calçada de Porto Alegre.



(foto da autora)

Outro exemplo de sujeira comumente encontrado nas calçadas das cidades, entre elas, Porto Alegre, são as provenientes de obras, principalmente a areia, como pode ser visto na figura 12. O indicado é que a calçada seja varrida sempre que necessário.

Figura 12 – Areia utilizada em obra espalhada no piso de uma calçada em Porto Alegre.



(foto da autora)

As superfícies rugosas podem apresentar maior resistência ao escorregamento, porém, por serem mais ásperas, dificultam a conservação e limpeza (ABNT, 2013c, p. 16).

3.3.1.2 Critério 2: Inclinação longitudinal máxima

A inclinação longitudinal é um fator diretamente ligado à topografia do terreno. Segundo a NBR 9050 (ABNT, 2015, p.74), a inclinação longitudinal de calçadas deve sempre acompanhar a inclinação das vias lindeiras.

Sobre a relação entre declividade do sítio e a condição para circulação de pedestres e pessoas com mobilidade reduzida, Mascaró (2003, p. 24) apresenta os seguintes dados (quadro 2):

Quadro 2 – Circulação de pedestres em relação à declividade.

$i < 7\%$	Os pedestres circulam com muito conforto; os pavimentos podem ser de baixo atrito ou, inclusive, pela grama, sem problema nenhum. Os deficientes circulam com suas cadeiras, confortavelmente.
$7 < i < 10\%$	Os deficientes ainda podem circular, mas com dificuldade crescente.
$7 < i < 13\%$	Os pedestres circulam bem em caminhos rampeados, mas os pavimentos devem apresentar atrito razoável.
$13 < i < 20\%$	Os pedestres ainda podem circular, mas os pavimentos devem apresentar atrito muito forte. A circulação não deve ser em rampas muito longas, pois são cansativas e perigosas.
$20 < i < 40\%$	Para que pedestres circulem com estas declividades, deve-se recorrer a tramos de escadas intercalados com patamares ou com rampas.
$i > 40\%$	Para que os pedestres possam circular com certo conforto, é necessário inclinar escadas ou rampas em relação as curvas de nível, até diminuí-las a uma inclinação nível aceitável (40%).

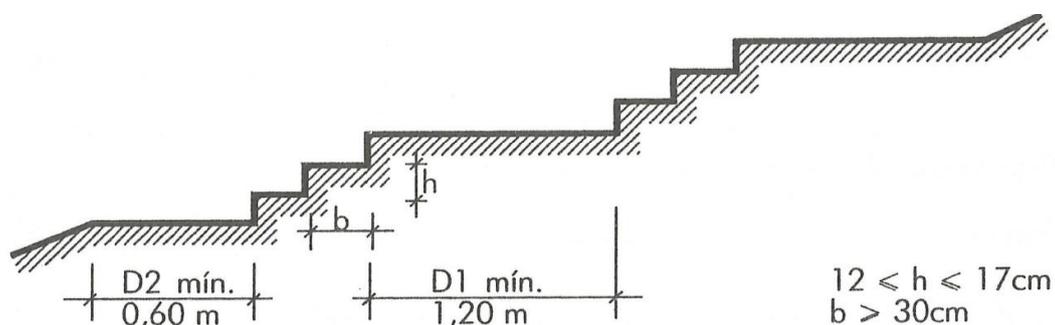
(MASCARÓ, 2003, p. 24)

Entretanto, a NBR 9050 (ABNT, 2015, p. 55) recomenda que a inclinação longitudinal máxima para pisos seja de 5%, acima disso é considerado rampa e deve ser tratado

como tal, o que implica possuir patamares e corrimãos, por exemplo. A legislação municipal também aponta o limite de 5% e condiciona à aprovação dos órgãos competentes a construção de rampas ou degraus nos casos em que a inclinação da via ultrapassar esse valor (PMPA, 2011a, p. 4). O United States Access Board (2011, p. 12) traz o mesmo valor de 5% como máximo para a inclinação longitudinal de calçadas.

Mascaró (2003, p. 108) recomenda o uso de escadas para inclinações maiores de 16%, e que atendam aos parâmetros da figura 13.

Figura 13 – Combinação de escadas e rampas em vias para pedestres.



(MASCARÓ, 2003, p. 109)

Como mostra a figura 13, entre cada lance de escada ou rampa, é importante que exista um patamar horizontal e, além disso, que o número de degraus por lance fique entre 3 e 12 (MASCARÓ, 2003, p. 111).

É importante observar que calçadas com degraus, como mostra a figura 13, ou inclinações maiores do que as recomendadas, como exemplificado nas calçadas das figuras 14 e 15, não podem compor rotas acessíveis. Consequentemente, estas calçadas não oferecem segurança aos seus usuários.

Figura 14 – Duas calçadas em lados opostos da mesma via, em Porto Alegre. (a) Calçada com declividade acentuada, sem degraus. (b) Calçada parte em rampa e parte em degraus.



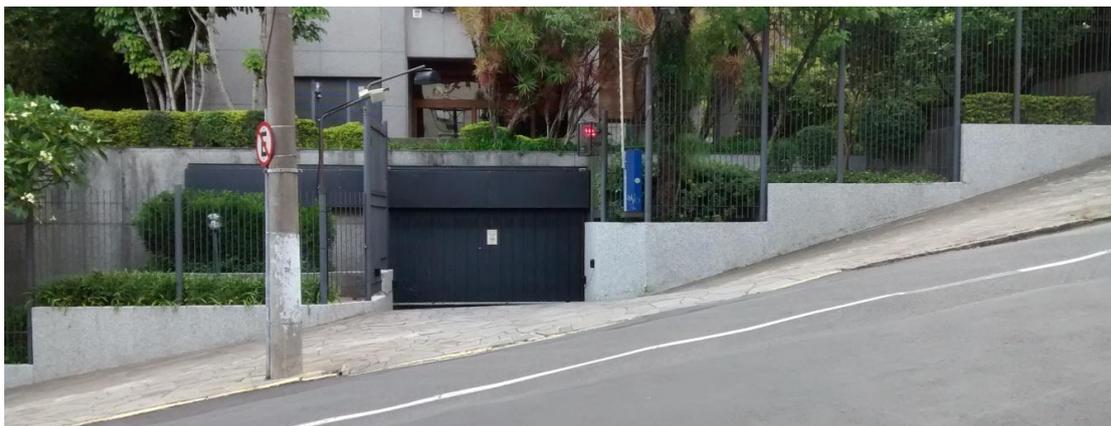
(a)



(b)

(fotos da autora)

Figura 15 – A mesma calçada da figura 14a, vista de lado.



(foto da autora)

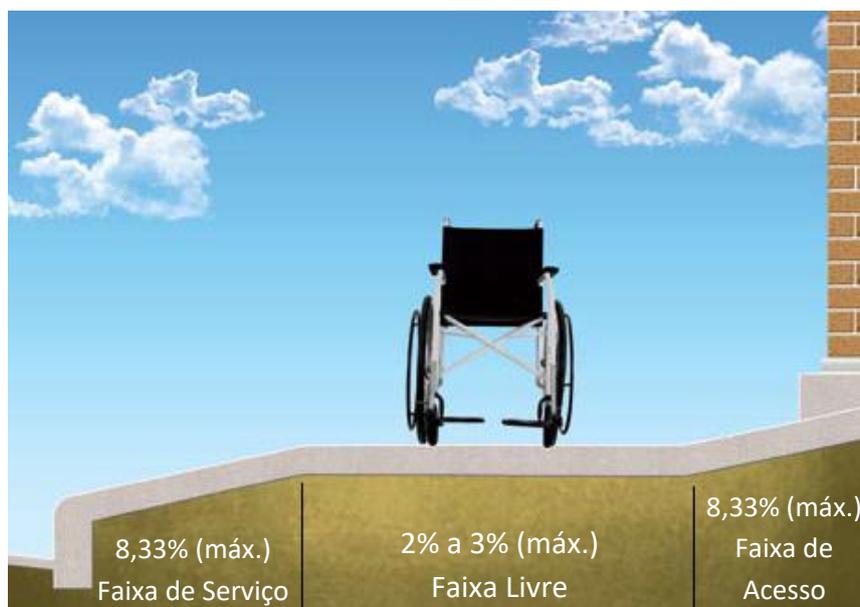
As condições agravantes formação de biofilme (item 3.3.1.1.1) e presença de detritos (item 3.3.1.1.2) também se aplicam ao critério da inclinação longitudinal.

3.3.1.3 Critério 3: Inclinação transversal máxima

A inclinação ou declividade transversal é importante para o adequado escoamento da água, como será visto no item 3.3.1.4. Entretanto, quando em excesso, traz desconforto ao usuário e pode causar queda.

Segundo a NBR 9050 (ABNT, 2015), a inclinação transversal máxima em uma via de pedestres deve ser de até 3% e eventuais ajustes de soleira devem ser executados sempre dentro dos lotes. Já segundo ABCP (2015), a faixa de mobiliário e a de acesso a edificações poderão ter inclinações superiores em situações topográficas atípicas, como apresentado na figura 16.

Figura 16 – Inclinação máxima das faixas de uma calçada, conforme ABCP.



(ABCP, 2015, p. 13)

A legislação municipal utiliza o mesmo limite de 3% para inclinação transversal (PMPA, 2011c e 2011a), porém a Cartilha Porto Alegre acessível para todos (PMPA, 2007) é mais rígida, fixando o limite em 2%. A NBR 12255 (ABNT, 1990) diz que a declividade em direção ao meio-fio deve ser de 1%, sem estabelecer máximo ou mínimo.

Por sua vez, o “Street Design Manual” (NEW YORK CITY, 2015, p. 71) recomenda que, sempre que possível, esta inclinação não ultrapasse 2%. Outra referência

estrangeira, “Proposed Accessibility Guidelines for Pedestrian Facilities in the Public Right-of-Way” (UNITED STATES ACCESS BOARD, 2011, p. 12), apresenta o mesmo limite de 2%.

As condições agravantes “formação de biofilme” (item 3.3.1.1.1) e “presença de detritos” (item 3.3.1.1.2) também se aplicam ao critério da inclinação transversal.

3.3.1.4 Critério 4: Inclinação transversal mínima

Segundo a NBR 12255 (ABNT, 1990), a declividade transversal deve ser de 1% em direção ao meio-fio, para que haja o correto escoamento da água para a sarjeta. A existência desta pequena inclinação se faz importante, principalmente em dias de chuva, como o registrado na figura 17, para que o piso seque rapidamente, reduzindo o risco de escorregamento.

Figura 17 – Calçada em dia de chuva, com inclinação transversal adequada, em Porto Alegre.



(foto da autora)

3.3.1.5 Critério 5: Não permitir acúmulo de água

O acúmulo de água, ocorrido geralmente em dias de chuva, pode ocasionar acidentes, devido à potencialização do risco de queda por escorregamento. Isso ocorre devido à diminuição do coeficiente de atrito entre a sola do calçado e a superfície do piso, causada pela presença da água, que atua como um lubrificante.

Com o piso molhado, é preciso redobrar a atenção, especialmente com os bueiros, pisos de ladrilho e ao pisar em poças, como a ilustrada na figura 18, pois podem esconder buracos maiores ou pedras, que podem ocasionar lesões (torção do tornozelo, entre outras).

Figura 18 – Acúmulo de água em calçada de Porto Alegre.



(foto da autora)

Depressões no piso, causadas pela deterioração do revestimento por abrasão decorrente do uso, também podem ser fonte de acúmulo de água e devem ser evitadas, bem como peças soltas ou faltantes.

Ainda que seja necessário tomar um maior cuidado ao caminhar-se em dias de chuva, isso não pode ser um empecilho para o deslocamento a pé.

3.3.2 Requisito: Apresentar piso regular

Apresentar piso regular significa que a calçada deve ter um piso contínuo, sem desníveis, saliências, reentrâncias ou frestas. Como as calçadas são construídas, na maioria das vezes, de modo artesanal, a total ausência de irregularidades não é compatível com a realidade e, portanto, é necessário definir-se uma margem de tolerância.

3.3.2.1 Critério 1: Sem desníveis

Segundo a NBR 9050 (ABNT, 2015, p. 55), desníveis de qualquer natureza devem ser evitados em rotas acessíveis, sendo que os de até 5 mm dispensam tratamento. Quando inevitável, a norma recomenda que desníveis entre 5 mm e 20 mm sejam tratados em forma de rampa (inclinação máxima de 50%) e que os com mais de 20 mm sejam tratados como degrau (ou obstáculo), o que não foi feito no desnível mostrado na figura 19.

Figura 19 – Desnível entre a faixa livre e o canteiro em uma calçada de Porto Alegre.



(foto da autora)

Na figura 20, é apresentado um caso em que não foi adotada uma solução técnica correta para a declividade acentuada das vias na execução das calçadas, o que resultou em uma série de desníveis (degraus), trazendo risco de queda para os usuários.

Figura 20 – Desníveis em calçada em Porto Alegre com inclinação longitudinal acentuada.



(foto da autora)

3.3.2.2 Critério 2: Sem saliências ou reentrâncias

As pequenas elevações isoladas na superfície das calçadas podem ser chamadas de saliências. Elas são mais difíceis de serem percebidas pelos usuários dos que os obstáculos e desníveis maiores, mas podem causar ferimentos igualmente graves.

Tanto a legislação municipal quanto as normas brasileiras não falam especificamente sobre dimensões máximas para saliências. Entretanto, pode-se considerar que o mecanismo do tropeço em uma saliência como semelhante ao causado por um desnível abrupto e adotar-se como parâmetro o mesmo limite de 5 mm (ABNT, 2015).

Já Ayres e Kelkar (2006) trazem em seu trabalho como limite a dimensão de 13 mm como máxima para evitar-se tropeços em calçadas.

Assim como as saliências, as reentrâncias não são objeto específico das diretrizes da NBR 9050 (ABNT, 2015) ou da legislação. Sobre a construção de calçadas, a NBR 12255 (ABNT, 1990) traz que “A superfície do passeio deve resultar sem ponto anguloso, sem ondulações, sem saliências nem reentrâncias.”, mas também não especifica dimensões admissíveis.

Reentrâncias podem ser interpretadas como sendo semelhantes a frestas, pois o mecanismo que causa a queda ou desequilíbrio é o mesmo, o aprisionamento do pé ou

salto do calçado. Considerando isto, o limite é o mesmo que, por exemplo, o para as juntas de piso ou abertura de grelhas, que a NBR 9050 define em no máximo 15 mm para serem consideradas seguras. Adotou-se nesta pesquisa que, para uma depressão ser classificada como reentrância, deve ter profundidade superior a 5 mm, como a apresentada na figura 21.

Figura 21 – Reentrância em calçada de Porto Alegre.



(foto da autora)

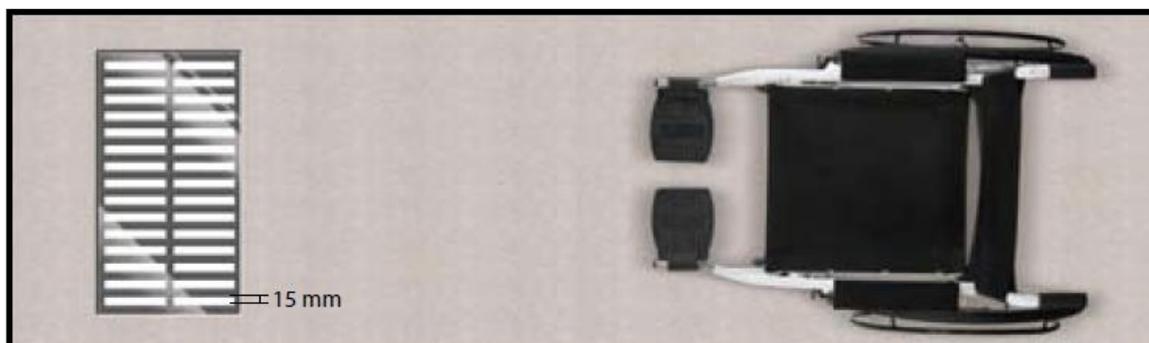
3.3.2.3 Critério 3: Dimensão máxima de frestas

As juntas de dilatação da pavimentação são, normalmente, preenchidas de material mais plástico para cumprirem adequadamente a sua função de absorver a movimentação devido à retração e dilatação térmica do revestimento e sua base. Entretanto, geralmente, apresentam menor resistência e durabilidade do que o revestimento em si e acabam, por muitas vezes, ao degradar-se, formando frestas, que podem causar acidentes.

Segundo a NBR 9050 (ABNT, 2015, p. 56), as juntas de dilatação no piso e aberturas de grelhas devem ter dimensão máxima de 15 mm, como é mostrado na figura 22. Para

pisos internos, a NBR 15575-3 (ABNT, 2013c, p. 17) limita a abertura máxima de frestas (ou juntas sem preenchimento) a 4 mm.

Figura 22 – As aberturas de grelhas no piso não podem ultrapassar 15 mm.



(ABCP, 2015, p. 13)

3.3.2.4 Critério 4: Firmeza

A ocorrência de peças soltas se deve à falta de aderência entre o revestimento e o substrato (base da calçada). Quando a manutenção corretiva não é feita, as peças soltas acabam por se perder com o passar do tempo, agravando a situação com a existência de peças faltantes, como ilustrado na figura 23.

Figura 23 – Peças faltantes no revestimento em ladrilho hidráulico em uma calçada em Porto Alegre.



(foto da autora)

É comum a ocorrência desse problema junto a árvores, devido à presença de raízes superficiais, que, ao crescer, “levantam” o piso da calçada, como observado na figura 24. A prevenção deste problema está na escolha da espécie a ser plantada e no correto dimensionamento do canteiro.

Figura 24 – Peças soltas devido à movimentação na base da calçada em consequência do crescimento de raízes da árvore em uma calçada de Porto Alegre.



(foto da autora)

Peças soltas ou faltantes oferecem perigo aos usuários à medida que podem causar quedas. Além disso, as peças faltantes constituem desníveis e provocam acúmulo de água e detritos e as peças soltas, por sua vez, configuram o que se pode chamar de “apoio-falso”.

O problema do “apoio-falso” pode ser descrito como a peça do revestimento que, por não estar aderida ao substrato, quando o pedestre pisa sobre a mesma, se movimenta inesperadamente, provocando desequilíbrio. Além desse problema de insegurança, peças soltas também causam desconforto, ao acumular água em dias de chuva, o que pode fazer com que o pedestre se molhe ao caminhar sobre ela.

3.3.3 Requisito: Ser contínua

Critério único: Ausência de obstáculos

Obstáculos na calçada podem causar acidentes por tropeço ou choque, sendo ou não seguidos de queda. Para evitar estes acidentes, a NBR 9050 (ABNT, 2015) recomenda:

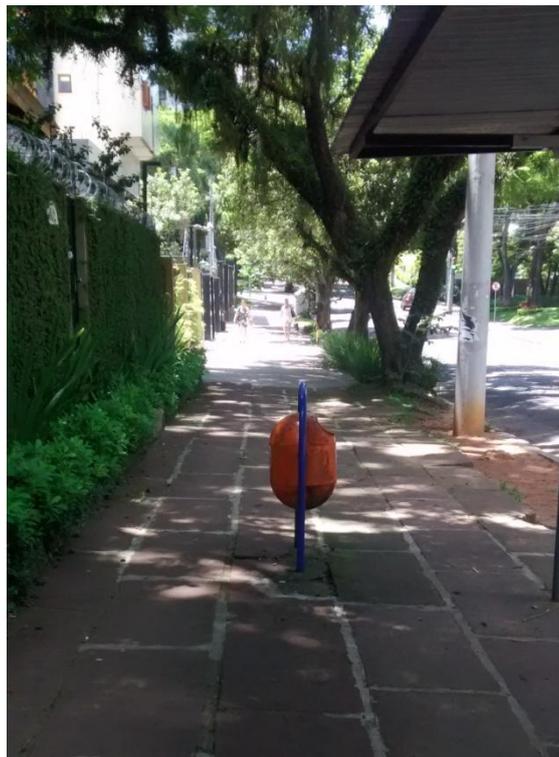
As faixas livres devem ser completamente desobstruídas e isentas de interferências, tais como vegetação, mobiliário urbano, equipamentos de infraestrutura urbana aflorados [...], rebaixamentos para acesso de veículos, bem como qualquer outro tipo de interferência ou obstáculo que reduza a largura da faixa livre.

Segundo PMPA (2011c), os obstáculos presentes nas calçadas constituem barreiras urbanísticas, pois impedem o acesso e a circulação com segurança na cidade. Conforme PMPA (2007), é direito de todos a utilização dos espaços da cidade com segurança e autonomia, porém, “ao andarmos pelas ruas e avenidas dos diferentes bairros, encontramos obstáculos que impedem a livre circulação das pessoas, nas calçadas, passeios ou cruzamentos”.

Obstáculos na calçada causam acidentes não só por tropeço ou choque, como também por bloquearem a passagem, forçando o pedestre a utilizar a via reservada para veículos, correndo o risco de ser atropelado. Este é o caso específico tratado no Artigo 5º do Decreto 17.302 (PMPA, 2011a), que trata do uso de calçadas durante obras e determina que deve ser mantida livre uma faixa de no mínimo 1,20 m durante as obras ou, em caso de impossibilidade, se licenciado pelos órgãos competentes, executar-se um desvio provisório sobre a via de veículos com no mínimo 1 m de largura, sem obstáculos e devidamente sinalizado.

Pode-se citar como exemplos de obstáculos em calçadas: postes, degraus, árvores, lixeiras, raízes de árvores afloradas, contêineres, bancas de revistas, paradas de ônibus, placas de sinalização, tampas de caixas de inspeção, entre outros. Na figura 25, um exemplo de obstáculo na faixa livre, devido à falta de planejamento para instalação da lixeira em uma posição adequada.

Figura 25 – Lixeira instalada em posição inadequada e, portanto, configurando-se em um obstáculo em uma calçada de Porto Alegre.



(foto da autora)

3.3.4 Requisito: Ser iluminada

O pedestre precisa perceber os riscos para ser capaz de evitá-los e, para isso, uma boa iluminação é fundamental. Para que o usuário possa desviar de possíveis obstáculos na calçada ou reduzir a velocidade da caminhada ao ver que o piso à frente encontra-se molhado, por exemplo, a calçada deve ser iluminada em todos os momentos do dia.

Problemas de iluminação se concentram no período da noite, em que a iluminação artificial se faz necessária e nem sempre é satisfatória.

Critério único: Iluminação artificial adequada

De acordo com a NBR 9050 (ABNT, 2015, p.54) toda rota acessível deve ser provida de iluminação artificial com nível mínimo de iluminância de 150 lux medidos a 1,00 m do chão. Calçadas fazem parte das rotas acessíveis externas (ABNT, 2015, p.54) e, portanto, devem atender a este critério.

Já o *Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad* (ESPANHA, 2010, p. 29) traz um valor inferior como o mínimo para iluminância de circulações em áreas externas, de apenas 20 lux, porém medido ao nível do piso. Esta diferença entre os valores faz pensar que talvez o limite trazido pela NBR 9050 diga respeito apenas a circulações internas aos edifícios e que o texto da norma seja impreciso, já que o DB-SUA faz esta diferenciação, recomendando 100 lux para circulações internas.

Este requisito não foi aprofundado, pois não foi abordado no estudo de caso, visto que a sua verificação obrigatoriamente deve ser feita durante a noite e por questões de segurança optou-se por não realizar o levantamento, como dito no item 1.4 (Limitações da pesquisa).

Na figura 26, tem-se um bom exemplo de iluminação de calçadas.

Figura 26 – Iluminação artificial adequada em uma calçada de Porto Alegre.



(foto da autora)

3.3.5 Requisito: Proteger contra atropelamentos

Certamente o número de atropelamentos ocorridos sobre a calçada é pequeno em relação àqueles ocorridos na pista de rolagem, em momentos de travessia. Ainda sim, tal como os outros, atropelamentos sobre calçadas são inadmissíveis e, deste modo, todas as medidas possíveis com vistas a evitá-los devem ser tomadas.

O sistema de pedestres como um todo deve ser seguro. As ruas, calçadas e passarelas devem ser projetadas para minimizar os conflitos com o tráfego de veículos motorizados (MINNEAPOLIS, 2009, p. 10-1).

Para que o risco de que veículos automotores fora de controle invadam a calçada, manobrem em local inadequado ou atropelam pedestres em entradas e saídas de veículos mal sinalizadas seja reduzido, alguns critérios deve ser atendidos. São eles: segregação em relação à via, desnível em relação à via, rebaixo para acesso de veículos adequado e alarme de entrada e saída de veículos.

3.3.5.1 Critério 1: Segregação em relação à via

Este critério faz parte do próprio conceito de calçada, que diz que calçada é parte da via, **segregada** por pintura, nível ou elemento físico, destinada à circulação de pedestres, locação de mobiliário, vegetação e placas de sinalização (ABNT, 2016, p. 2).

Essa segregação é importante, pois organiza o trânsito, deixando claro onde os veículos e os pedestres devem circular, respectivamente na faixa de rolamento e na calçada. É essencial que fique claro, tátil e visualmente, onde termina a calçada e começa a via para veículos, o que não ocorre na calçada mostrada na figura 27.

Figura 27 – Falta de clareza no limite entre a calçada e a via, em frente a um posto de combustíveis em Porto Alegre.



(foto da autora)

Essa diferença pode se dar pelo uso de materiais distintos, cores ou barreiras físicas, como, por exemplo, guarda-corpos ou frades. Porém, pelo menos nas calçadas brasileiras, o mais comum é que a segregação seja dada pela diferença de nível e presença de meio-fio.

De acordo com a Comissão Permanente de Acessibilidade, o meio-fio (ou guia) pode ser definido como a “borda” ao longo de uma rua, pois define o desenho geométrico das calçadas, esquinas e cruzamentos, propiciando um ambiente mais seguro aos pedestres (CPA, 2003, p. 22).

3.3.5.2 Critério 2: Desnível em relação à via

O desnível entre a calçada e a via destinada à circulação de veículos se dá pela altura do meio-fio. Meio-fio, também chamado de cordão ou guia, é a fileira de pedra de cantaria ou concreto que separa a calçada da pista de rolamento (PMPA, 2013, p. 4).

A colocação deste, segundo a Lei Municipal (PMPA, 1975), é responsabilidade do Município, ficando, inclusive, desobrigado o proprietário de construir a calçada quando da ausência de meio-fio.

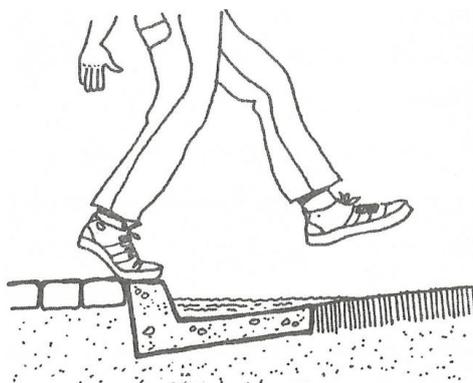
Além de conduzir a água da chuva ao sistema de esgoto pluvial, sendo peça fundamental no sistema de drenagem urbana, o meio-fio atua como proteção, diminuindo o risco de atropelamentos decorrentes de invasão da calçada por veículos automotores, sendo, portanto, essencial à segurança dos pedestres.

Mais do que funcionar como uma barreira, atenuando a velocidade de um carro que por ventura invada a calçada, o meio-fio serve como um aviso para o motorista distraído de que o mesmo está invadindo a calçada, pois o impacto da roda no meio-fio gera um “solavanco”.

Segundo a NBR 12255 (ABNT, 1990, p. 3), deve ser respeitado o máximo de elevação em relação à sarjeta de 15 cm. Isso se deve ao fato de alturas maiores serem difíceis de transpor ao atravessar-se a via, além de, em caso de uma possível queda, os ferimentos serem mais graves quanto maior o desnível.

Do mesmo modo, Mascaró (2003, p. 166) recomenda que a altura do meio-fio seja de aproximadamente 15 cm, para que seja seguro e confortável para os pedestres e atribui como justificativa adicional a dificuldade de abertura das portas dos automóveis, caso este limite fosse ultrapassado. Ainda segundo Mascaró, alturas menores diminuem a capacidade de conduzir as águas nas ruas.

Figura 28 – A altura e largura da sarjeta devem se limitar ao passo das pessoas.

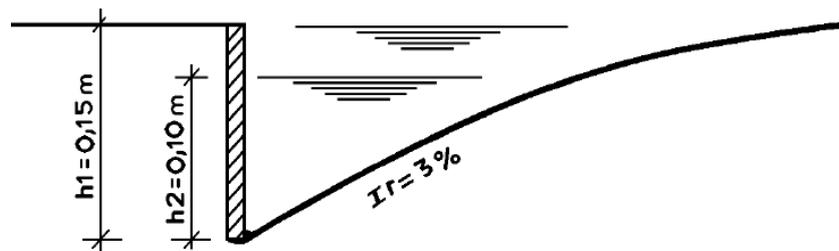


(adaptado de: MASCARÓ, 2003, p. 167)

No Manual de Drenagem Urbana de Porto Alegre (PMPA, 2005), bem como no Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba (GOVERNO DO ESTADO

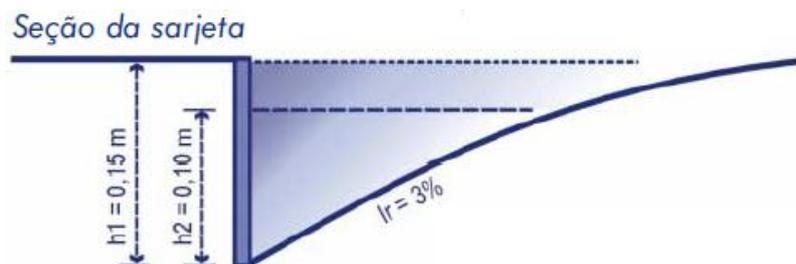
DO PARANÁ, 2002), não são apresentados valores máximos ou mínimos e nos exemplos de cálculo de capacidade de condução de sarjetas o valor apresentado é o mesmo, 15 cm, como pode ser visto na figura 29.

Figura 29 – Seções de sarjeta apresentadas como exemplo (a) no Manual de Drenagem Urbana de Porto Alegre e (b) no Manual de Drenagem Urbana de Curitiba.



(a)

(adaptado de: PMPA, 2005, p. 88)



(b)

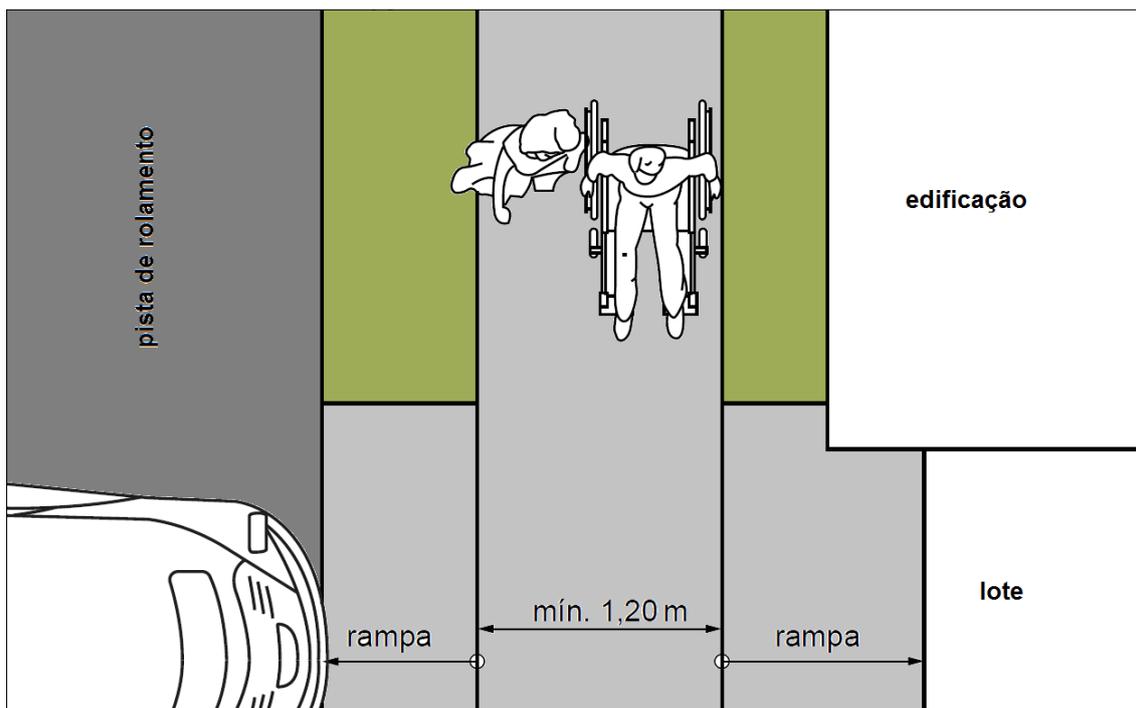
(adaptado de: GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2002, p. 103)

Na pesquisa bibliográfica feita, não foram encontradas informações sobre altura mínima do meio-fio ou margem de tolerância para o valor ideal de 15 cm. Entretanto, além de não funcionar para o correto escoamento das águas da chuva, desníveis muito pequenos são perigosos, pois são de difícil visualização. Na falta de um valor determinado para o mínimo, uma analogia possível de ser feita é a com um degrau, que, conforme mostrado na figura 13, em áreas externas deve ter uma altura entre 12 e 17 cm.

3.3.5.3 Critério 3: Rebaixo para acesso de veículos adequado

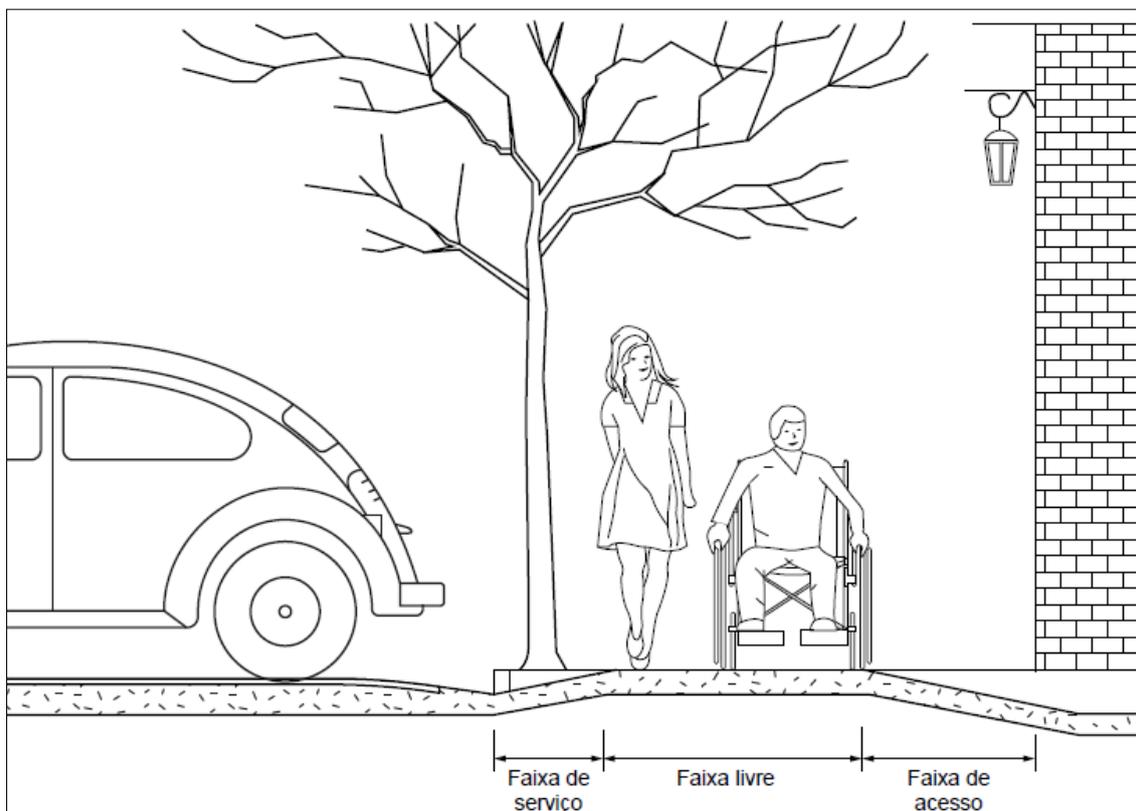
O acesso de veículos aos lotes deve ser feito de forma a não interferir na faixa livre de circulação de pedestres, ou seja, não criar degraus ou desníveis, conforme mostrado nas figuras 30 e 31 (ABNT, 2015, p. 75).

Figura 30 – Vista superior de calçada com acesso para veículos.



(adaptada de ABNT, 2015, p. 76)

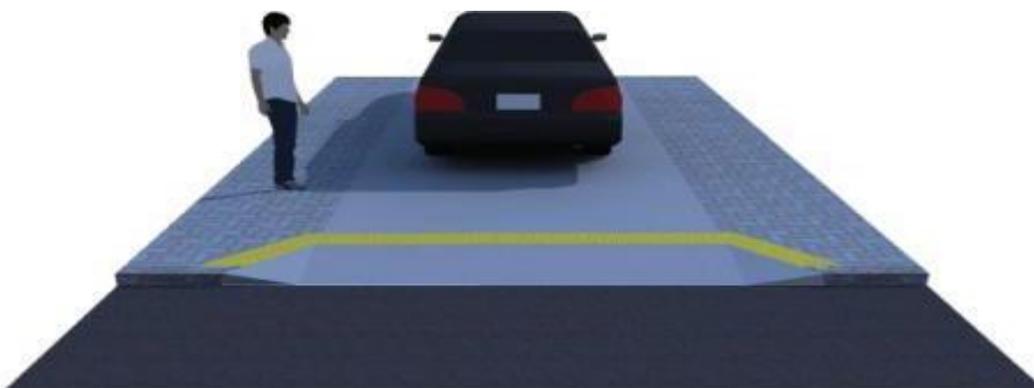
Figura 31 – Seção transversal de uma calçada com acesso para veículos.



(ABNT, 2015, p. 76)

Contudo, nas faixas de serviço e de acesso é permitida a existência de rampas (ABNT, 2015, p. 75). Entretanto, o rebaixamento de meio fio destinado ao acesso de veículos não pode ultrapassar 60 cm, medido no sentido da largura dos passeios, e deve conter abas laterais (PMPA, 2011a, p. 5), conforme o apresentado na figura 32.

Figura 32 – Rebaixo de meio-fio para acesso de veículos adequado.



(PMPA, 2011b, p. 36)

Além disso, os rebaixos de meio-fio não poderão ocupar mais de 50% da testada do terreno, nem ter comprimento maior de 7,00 m, sendo que quando ocorrer mais de um rebaixo, o intervalo mínimo deve ser de 5,00 m (PMPA, 2010).

Do mesmo modo, a NBR 12255 (ABNT, 1990, p. 3) determina que a largura seja de até 60 cm, mas traz um valor menor para o comprimento do rebaixo, de 3,00 m. A exemplo do de Porto Alegre, o Plano Diretor de Camboriú (CAMBORIÚ, 2008, p.8) determina que poderá ser rebaixada até 50% da testada do imóvel e ainda traz a exceção para terrenos com testada menor que 10,00 m, que poderão utilizar o rebaixo de até 5,00 m.

3.3.5.4 Critério 4: Alarme de entrada e saída de veículos

As saídas de garagens e estacionamentos nos passeios públicos devem ser providos de alarmes que possuam características sonoras que emitam um sinal, com 10 dBA, acima do ruído momentâneo mensurado no local, que informe a manobra de saída de veículos. Os alarmes sonoros devem estar sincronizados aos alarmes visuais intermitentes (ABNT, 2015, p.53). Na figura 33, um dos modelos de alarme sonoro-visual encontrados no mercado.

Figura 33 – Equipamento de alarme sonoro-visual para entrada e saída de veículos instalado em calçada de Porto Alegre.



(foto da autora)

Conforme o Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997, Art. 86), os postos de gasolina, oficinas, estacionamentos e garagens de uso coletivo deverão ter suas entradas e saídas identificadas, na forma regulamentada pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). O CONTRAN (1998), por sua vez, determina que as entradas e saídas, além do rebaixamento do meio-fio, deverão ser identificadas pela instalação, em locais

de fácil visibilidade e audição aos pedestres, de dispositivo que possua sinalização com luzes intermitentes na cor amarela, bem como emissão de sinal sonoro.

3.3.6 Requisito: Ser isenta de superfícies, arestas e vértices contundentes

Na área denominada traumatologia forense, tem-se os conceitos de contundente, cortante e perfurante. Contundente, diz-se do objeto ou superfície que causa lesões como hematomas e escoriações em caso de contato por choque. Cortante é todo objeto que possui aresta que se assemelhe a uma lâmina, ou seja, afiada. E, por último, tem-se que objetos perfurantes são os que apresentam alguma parte pontiaguda, de diâmetro reduzido. Há ainda as combinações dos três, denominadas: pérfuro-cortantes, corto-contundentes e pérfuro-contundentes⁹.

Como simplificação, neste trabalho o requisito foi denominado como “ser isenta de superfícies, arestas e vértices contundentes”, abrangendo também os que sejam cortantes ou perfurantes e suas combinações. Entretanto, as ocorrências registradas no estudo de caso foram especificadas quanto ao tipo de lesão causada em caso de choque.

3.3.6.1 Critério 1: Ausência de superfícies, arestas e vértices contundentes

Conforme a NBR 15575-3 (ABNT, 2013c, p. 17) a superfície dos pisos não pode apresentar arestas contundentes e nem liberar fragmentos perfurantes ou contundentes. Essa preocupação também é observada na NBR 12255 (ABNT, 1990, p. 4), onde é determinado que o canto livre do meio-fio deve ser arredondado.

Outra característica que deve ser evitada em calçadas é a existência de superfícies excessivamente rugosas. A rugosidade superficial pode ser definida como um conjunto de irregularidades, fundamentalmente pequenas saliências e reentrâncias, que caracteriza a textura de uma determinada superfície (CARPINETTI et al., 2000¹⁰ apud PARRA et al., 2006, p. 1).

Em caso de queda, o excesso de rugosidade pode causar escoriações por abrasão entre o piso e a pele. Um exemplo de piso de calçada com excesso de rugosidade pode ser visto na figura 34.

⁹ Conceitos retirados de <http://aulademedicinalegal.blogspot.com.br/2012/06/traumatologia.html>, acesso em janeiro de 2017.

¹⁰ Carpinetti, L. C. R. et al. Rugosidade Superficial. Conceitos e princípios de medição. São Carlos: Serviço Gráfico USP – EESC. 2000. 51 p.

Figura 34 – (a) Excesso de rugosidade em calçada revestida de granitina em Porto Alegre (b) Detalhe do material de revestimento.



(a)



(b)

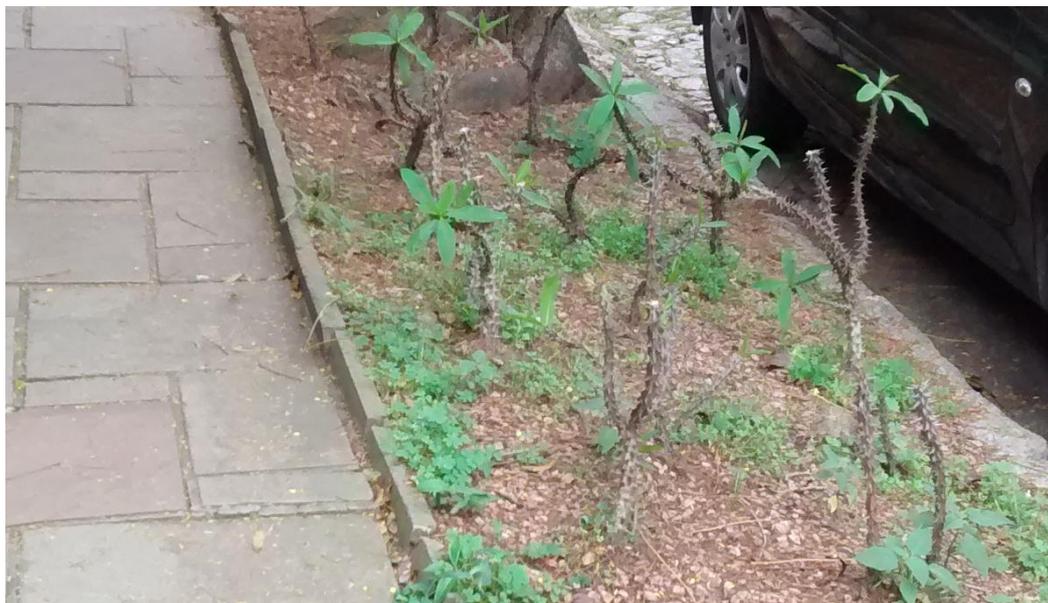
(fotos da autora)

3.3.6.2 Critério 2: Ausência de vegetação com espinhos

Embora espinhos nada mais sejam do que vértices perfurantes, a ausência de vegetação com espinhos foi considerada como um critério à parte. Enquanto as falhas resultantes em superfícies, vértices e arestas contundentes são, na maioria das vezes, causadas por degradação ou má escolha de materiais, mobiliário ou instalações, a vegetação com espinhos é uma escolha proposital de alguém, geralmente do proprietário do imóvel, com intuito de afastar pessoas ou animais.

Às vezes espécies com espinhos são utilizadas junto ao alinhamento para dificultar a invasão por ladrões, outras vezes para evitar que pessoas se sentem no canteiro, ou ainda para impedir que cachorros façam suas necessidades ali. Na figura 35, pode ser vista a espécie conhecida como coroa-de-cristo, um arbusto espinhoso, que não deve ser plantado em canteiros de calçadas.

Figura 35 – Coroa-de-cristo, uma espécie de arbusto com espinhos que foi amplamente utilizada nos canteiros em Porto Alegre e ainda pode ser encontrada em muitas calçadas, como a da foto.



(foto da autora)

3.3.7 Requisito: Ter largura livre adequada ao fluxo

Faixa livre de circulação é, segundo a NBR 16537 (ABNT, 2016, p. 3), a área da calçada destinada exclusivamente à circulação de pedestres. Ainda segundo a norma, as faixas livres devem ser completamente desobstruídas e isentas de interferências, como vegetação, mobiliário urbano, equipamentos de infraestrutura, entre outros.

Critério único: Largura da faixa livre

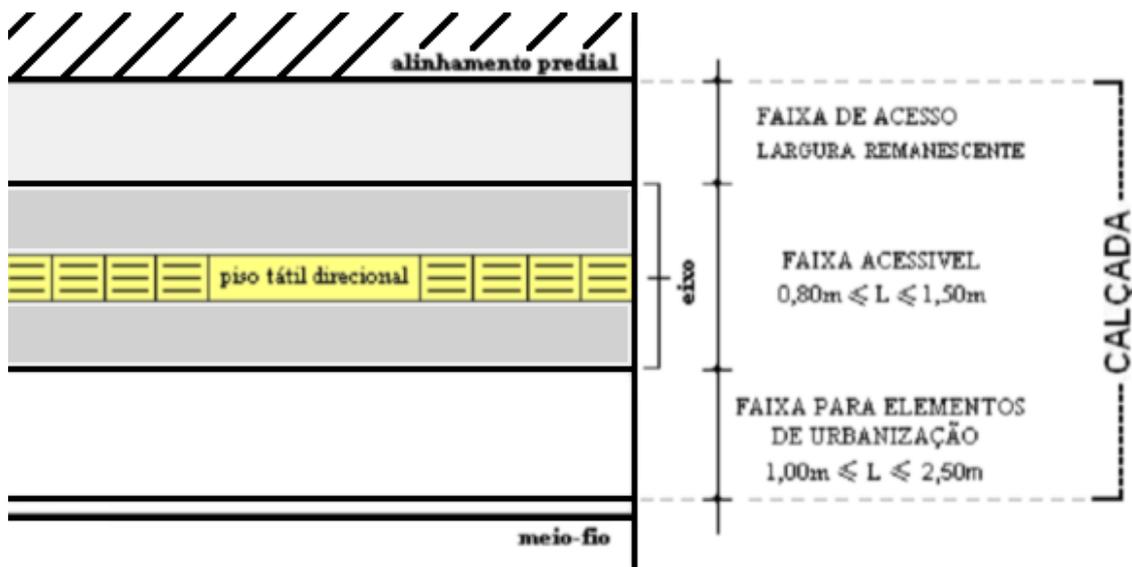
Sobre a largura da faixa livre, a norma de acessibilidade fixa como o mínimo admissível 1,20 m (ABNT, 2015, p. 74). Sobre o dimensionamento das faixas livres em vias mais movimentadas, a Norma admite que a faixa livre possa absorver um fluxo de 25 pedestres por minuto, a cada metro de largura. Para determinação da largura da faixa livre deve-se, portanto, verificar-se o fluxo de pessoas por minuto e, após, considerar 1 metro de largura para cada 25 pessoas ou fração. Deve-se, ainda, somar-se à largura calculada, 0,45 m junto às vitrines ou comércio no alinhamento, 0,25 m junto ao mobiliário urbano e 0,25 m junto à entrada de edificações no alinhamento (ABNT, 2015, p. 77).

Enquanto isso, outra norma, a NBR 12255, estabelece que a largura mínima da faixa de

circulação de pedestres deve ser de 1,80 m em áreas residenciais ou de comércio fraco, e de 3,00 m em áreas centrais e de comércio intenso (ABNT, 1990, p.4).

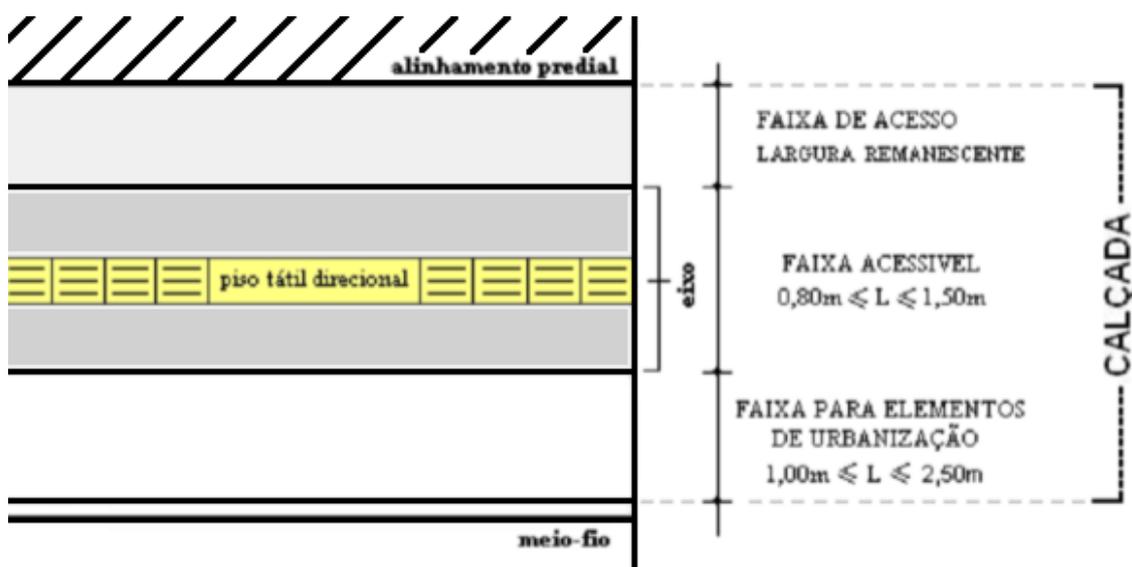
Já a legislação municipal admite o mínimo de 0,80 m para os casos em que a largura total da calçada não ultrapasse 1,80 m (figuras 36 e 37).

Figura 36 – Larguras das faixas de uma calçada, modelo com 3 faixas.



(adaptado de: PMPA, 2011c, p. 24)

Figura 37 – Calçada com largura inferior a 1,80 m com apenas a faixa livre de circulação, ou faixa acessível.



(adaptado de: PMPA, 2011c, p. 26)

Quando da existência de algum obstáculo na calçada que reduza a largura da faixa livre de circulação, o que deve ser evitado, é obrigatório que se respeite a largura mínima necessária para a transposição de obstáculo isolado com extensão de no máximo 0,40 m, que deve ser de 0,80 m. Quando o obstáculo isolado tiver uma extensão acima de 0,40 m, a largura mínima deve ser de 0,90 m (ABNT, 2015, p. 9).

O “Street Design Manual” (NEW YORK CITY, 2015, p. 71) recomenda a largura livre de 8 pés (cerca de 2,43 m) em zonas comerciais e residenciais de alta densidade e de 5 pés (cerca de 1,52 m) em zonas residenciais de baixa densidade. Outra referência estrangeira, o “Design Guidelines for Streets & Sidewalks” (MINNEAPOLIS, 2009, p. 10-6), também recomenda 5 pés (cerca de 1,52 m) como mínimo e aponta a largura de 6 pés (cerca de 1,82 m) como mínimo desejável.

3.3.8 Requisito: Ter altura livre adequada à circulação

Critério único: Altura da faixa livre

A NBR 12255 (ABNT, 1990) define 2,40 m como o mínimo a ser respeitado. Eventuais obstáculos aéreos que se projetem ou se localizem na calçada, tais como marquises, faixas e placas de identificação, toldos e inclusive vegetação (como é o caso da figura 38), devem ser mantidos a uma altura superior a 2,40 m (ABNT, 1990, p. 3).

Já de acordo com a NBR 9050 (ABNT, 2015, p. 74), a faixa livre deve ter a dimensão de 2,10 m de altura. A legislação municipal (PMPA, 2011c) está em consonância com a NBR 9050 (ABNT, 2015) apresentando o mesmo valor de 2,10 m.

Figura 38 – Altura da faixa livre reduzida devido à presença de galhos em calçada em Porto Alegre.



(foto da autora)

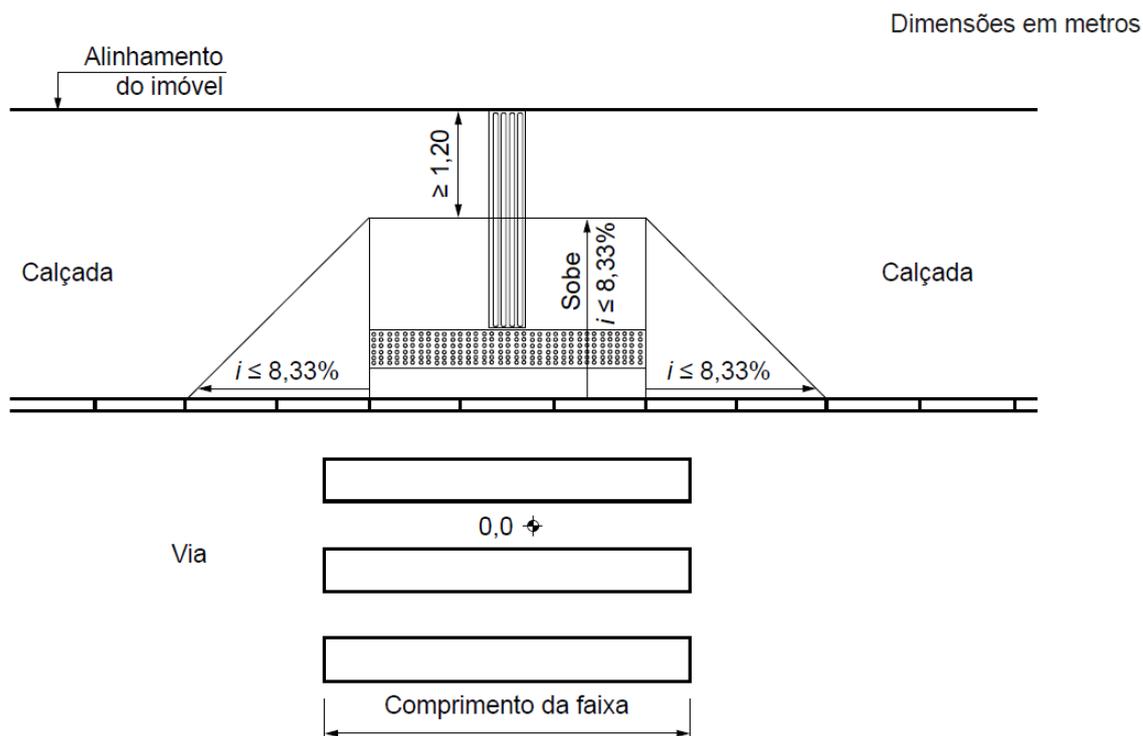
3.3.9 Requisito: Ter rampa nos cruzamentos

Além dos acessos de veículos às edificações, como visto no item 3.3.5.3, as guias rebaixadas e sinalizadas orientam a travessia de pedestres (CPA, 2003, p. 22). O rebaixo das calçadas nos pontos de travessia é essencial e, portanto, a sua existência é requisito obrigatório para uma calçada localizada em uma esquina, ou outro ponto de travessia, ser considerada segura.

Critério único: Rampa adequada nos pontos de travessia

As rampas construídas ou implantadas na calçada, conforme a NBR 9050 (ABNT, 2015, p. 3), se destinam a promover a concordância de nível entre a calçada e o leito carroçável. Elas devem ser construídas na direção do fluxo de pedestres, ter inclinação máxima de 8,33% e largura mínima de 1,50 m (ABNT, 2015, p. 79), conforme a figura 39.

Figura 39 – Representação esquemática com especificações para o rebaixamento de calçadas.



(ABNT, 2015, p. 80)

3.3.10 Requisito: Ter sinalização tátil no piso

Segundo a NBR 9050 (ABNT, 2015, p. 5), piso tátil é:

Piso caracterizado por textura e cor contrastantes em relação ao piso adjacente, destinado a constituir alerta ou linha-guia, servindo de orientação, principalmente, às pessoas com deficiência visual ou baixa visão. São de dois tipos: piso tátil de alerta e piso tátil direcional.

Conforme a NBR 16537 (ABNT, 2016, p. VIII), a sinalização tátil no piso é um recurso complementar para prover segurança, orientação e mobilidade, principalmente às pessoas com deficiência visual ou surdo-cegueira. Ela tem como principais funções identificar perigos (como obstáculos e desníveis), orientar o sentido do deslocamento seguro, informar as mudanças de direção e opções de trajeto e orientar o posicionamento adequado para o uso de equipamentos e serviços.

Como este trabalho tem como tema a segurança em uso de calçadas, somente as funções de identificação de perigos e orientação de deslocamento seguro foram estudadas.

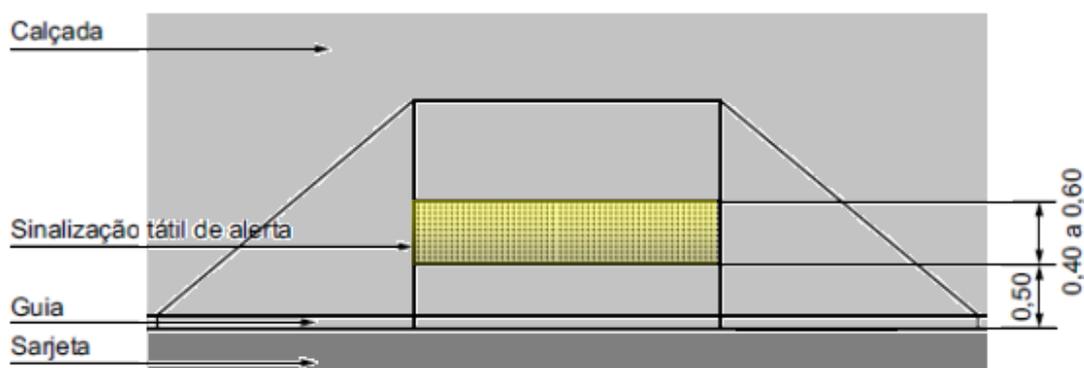
A instalação de piso tátil de alerta (quando aplicável) e direcional nas calçadas é

obrigatória, pois assim determina a legislação municipal, que atribui esta responsabilidade ao proprietário do imóvel (PMPA, 2011a, p.6).

Critério único: Sinalização tátil no piso

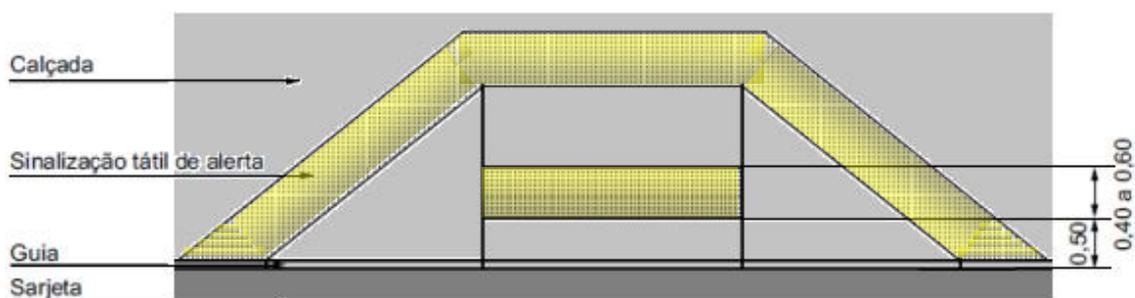
Os locais de travessia devem ter sinalização tátil de alerta no piso, para orientar o deslocamento das pessoas com deficiência visual, conforme a figura 40 ou 41.

Figura 40 – Sinalização tátil no rebaixamento de calçadas (dimensões em metros).



(adaptado de: ABNT, 2016, p.16)

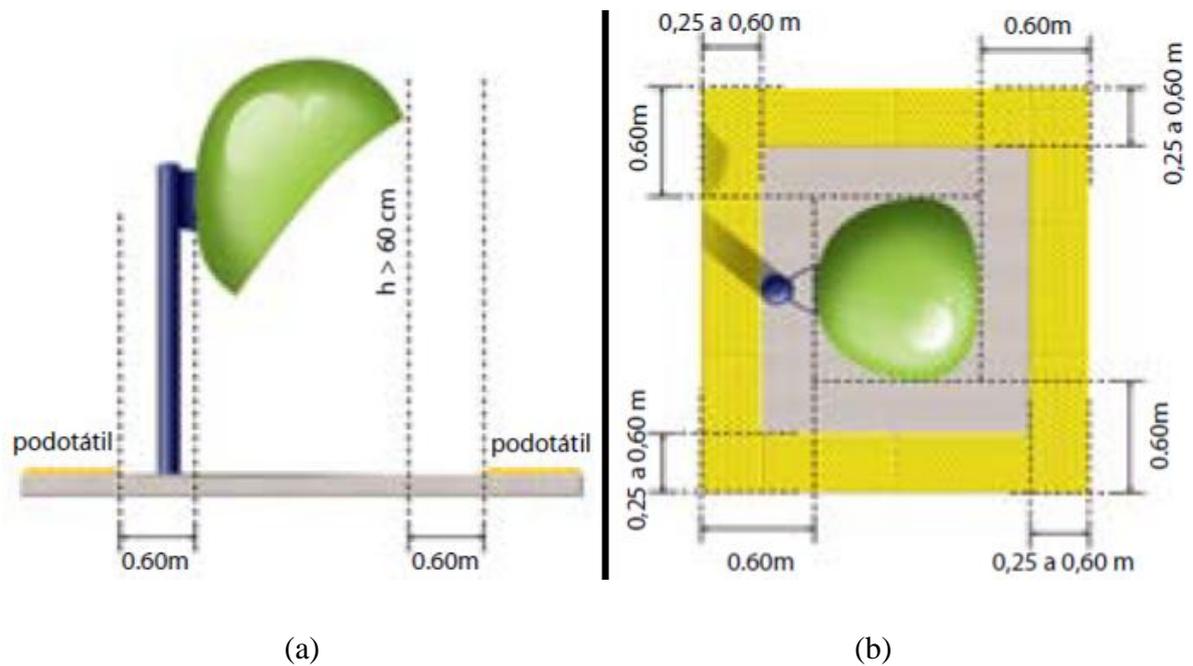
Figura 41 – Sinalização tátil no rebaixamento de calçadas – alternativa (dimensões em metros).



(adaptado de: ABNT, 2016, p.17)

De acordo com PMPA (2007, p. 4) e NBR 16537 (ABNT, 2016, p. 19), objetos suspensos, como orelhões, lixeiras e placas de sinalização, trazem muito perigo aos deficientes visuais e devem ser identificados com colocação de piso tátil de alerta em sua base, como exemplificado na figura 42.

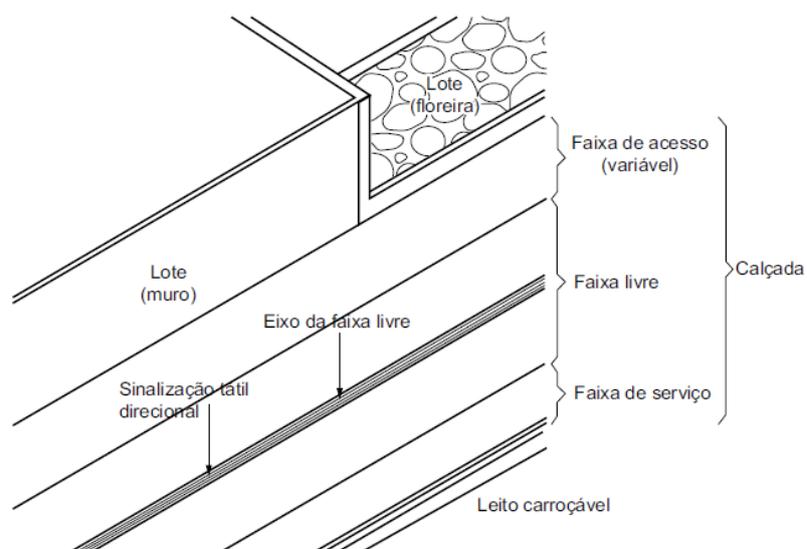
Figura 42 – Sinalização tátil no piso de um obstáculo suspenso. (a) vista lateral e (b) vista superior.



(adaptado de: ABCP, 2015, p. 14)

A sinalização tátil direcional deve estar no eixo da faixa livre da calçada (ABNT, 2016, p.34), como pode ser visto na figura 43.

Figura 43 – Sinalização tátil direcional em calçadas.



(ABNT, 2016, p. 35)

4 INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA EM CALÇADAS

No capítulo 3, após identificadas, as exigências dos usuários foram sendo desmembradas em requisitos, critérios, níveis de atendimento até os métodos de avaliação. Porém, na bibliografia, foram encontrados valores diversos para alguns níveis de desempenho. Com isso, foi necessário optar por um dos valores encontrados, definindo-se os níveis de desempenho adotados nesta pesquisa. As divergências detectadas encontram-se representadas na tabela 1, considerando somente os critérios que são do tipo quantitativo. Os valores adotados estão em negrito e borda mais espessa.

Tabela 1 – Divergências entre valores de níveis encontrados na bibliografia.

Critérios	Fonte dos valores dos níveis de desempenho				
	BR Decreto 5.296 de 2004	PMPA Decreto 17.302 de 2011	NBR 12255 de 1990	Código da Espanha DB-SUA	NBR 15575 de 2013
inclinação longitudinal máxima	contígua à via/5% ou rampa até 8,33%	5% ou rampa	contígua à via	.	.
inclinação transversal máxima	≤3%	≤3%	=1%	.	.
resistência ao escorregamento	.	.	.	≥ 45 (pêndulo)	≥ 0,4 (tortus)
iluminação artificial*	150 lux a 1m do piso	.	.	20 lux no piso	.
rebaixo veículos	.	C≤7,00 m e ≤50%	C= 3,00 m	.	.
	.	L= 0,60 m	L= 0,60 m	.	.
largura da faixa livre	mín. 1,20 m ou cálculo fluxo	mín 0,80 se total ≤ 1,80 m	1,80 m ou 3,00m	.	.
altura da faixa livre	2,10 m	.	2,40 m	.	.

*Este critério não foi aprofundado e não entrou no estudo de caso.

De acordo com Del Mar (2007, p. 171), embora não sejam leis, as normas técnicas têm força obrigatória. Esta obrigatoriedade decorre de vários fatores e princípios, previstos

implícita ou expressamente em dispositivos legais, porém, não pode ser considerada absoluta (DEL MAR, 2007, p. 173-179). Compete aos técnicos estabelecer se a recomendação dada por uma norma técnica é imperativa, ou se o padrão mínimo de qualidade pode ser atingido de outra maneira (DEL MAR, 2007, p. 180).

A falta de atendimento às normas técnicas impõe ao responsável o ônus de provar que o produto ou serviço (no presente caso, a calçada) atende aos requisitos mínimos de segurança (DEL MAR, 2007, p. 180).

Sobre o conflito entre normas e leis, é posto em CBIC (2013, p. 228-229) que as normas tornam-se obrigatórias por força de leis, mas não se sobrepõem às mesmas e, portanto, em caso de conflito entre normas e leis, deve-se obedecer às leis. Já no caso de conflito de critérios ou métodos entre normas, deve-se adotar os mais exigentes (CBIC, 2013, p. 229). Além disso, quando uma norma contiver requisitos suplementares à outra, estes devem ser igualmente cumpridos, bem como na ausência de Normas Brasileiras, podem ser utilizadas Normas estrangeiras relativas ao tema (CBIC, 2013, p. 229).

Com base nos princípios acima, foram feitas as seguintes escolhas:

- a) quanto à inclinação longitudinal máxima, o critério mais exigente é o que indica como máximo a inclinação de 5% e acima disso deve ser tratada como rampa, até o máximo de 8,33%. Entretanto, devido à topografia acidentada de algumas áreas urbanas, este não é um limite viável. Embora a origem do problema seja a topografia, o planejamento urbano e o traçado viário, e não a calçada em si, neste trabalho, as calçadas não foram consideradas acessíveis ou seguras se ultrapassaram esses limites;
- b) quanto à inclinação transversal máxima, o critério mais exigente é o da NBR 12255 (ABNT, 1990), de 1%, porém, considerando que é impossível atingir tamanha precisão na execução e que outras fontes, de igual ou maior importância e mais recentes, trazem outro valor, estabeleceu-se o limite de 3%. Ainda, é possível dizer que o valor de 1% trazido na NBR 12255 provavelmente teve origem na preocupação com o escoamento da água e não com a circulação de pedestres;
- c) quanto à resistência ao escorregamento, conforme explicado no item 3.3.1.7, foi utilizado o ensaio do Pêndulo Britânico para investigar a

microtextura dos revestimentos e por isso o valor adotado foi o correspondente, de um BPN de no mínimo 45;

- d) sobre o comprimento do rebaixo de meio-fio para acesso de veículos, o critério mais exigente, de um máximo de 3,00 m de largura, trazido pela NBR 12255, novamente parece exigente em demasia. Amparado pela supremacia que a Lei Municipal tem sobre a norma e também no estabelecido em outra Lei Municipal (5,00 m para calçadas menores de 10,00 m) (CAMBORIÚ, 2008, p. 8), o critério adotado nesta pesquisa será uma combinação entre os dois, ficando definido que rebaixos em calçadas com até 6 m de comprimento podem ter rampas de no máximo 3,00 m e que calçadas mais compridas podem ter rampas de no máximo 50% do comprimento até o limite de 7,00 m;
- e) sobre a largura da faixa livre, o critério mais exigente seria o da NBR 12255 (ABNT, 1990), com o mínimo de 1,80 m, porém o limite apresentado na NBR 9050 (ABNT, 2015) está justificado tecnicamente, de acordo com o espaço necessário para uma pessoa e um cadeirante se cruzarem na calçada e com parâmetros para incremento de acordo com o fluxo, enquanto os motivos para se usar 1,80 m não são apresentados na NBR 12255;
- f) sobre a altura da faixa livre foi adotado o critério mais exigente, de 2,40 m. Fora da faixa livre, serão considerados obstáculos os elementos suspensos abaixo de 2,10 m;
- g) sobre a altura do meio-fio, como visto no item 3.3.5.2, não foram encontrados valores mínimos. O critério não aparece na tabela 1, pois a mesma trata somente de divergências e não de ausências. Nesta pesquisa, é proposto como limite o desnível mínimo de 12 cm, em analogia à altura mínima recomendada para um degrau em área externa, e adotado como máximo o encontrado na bibliografia, ou seja, 15 cm.

A partir disso, foi montado o Quadro Resumo dos Requisitos (quadro 3), contendo as exigências, requisitos, critérios, limites e métodos de avaliação, que apresenta esquematicamente as características essenciais para calçadas seguras e como avaliá-las.

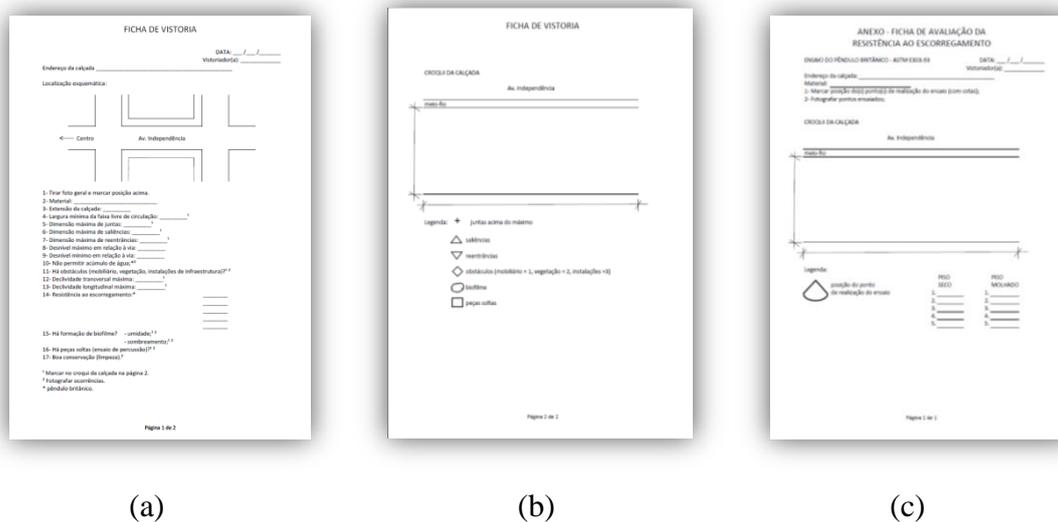
Quadro 3 – Resumo dos requisitos.

Exigências dos usuários	Requisitos de desempenho	Critérios	Níveis	Métodos
Segurança ao risco de quedas	Ser antiderrapante	resistência ao escorregamento*	BPN mín = 45	ensaio do pêndulo
		inclinação longitudinal máxima*	máx 5%	medição
		inclinação transversal máxima*	máx 3%	medição
		inclinação transversal mínima	inclinação em direção ao meio-fio $\geq 1\%$	medição
		acúmulo de água	sem acúmulo de água	inspeção visual
	Apresentar piso regular	desníveis	máximo 5 mm	medição
		saliências e reentrâncias	máximo 5 mm	medição
		frestas	máximo 15 mm	medição
		firmeza	nenhuma peça solta	inspeção visual/percussão
	Ser contínua	obstáculos na faixa livre	nenhum obstáculo	inspeção visual
Ser bem iluminada**	iluminação artificial adequada	150 lux a 1,00 m do chão	medição	
Segurança ao risco de atropelamentos	Proteger contra atropelamentos	segregação em relação à via	espaço exclusivo para pedestres	inspeção visual
		desnível em relação à via	altura de meio-fio ≥ 10 cm e ≤ 15 cm	medição
		rebaixo para acesso de veículos adequado (se houver)	comprimento rebaixo $\leq 3,00$ m	medição
			largura do rebaixo ≤ 60 cm	medição
		alarme de entrada e saída de veículos	possuir alarme sonoro - visual	inspeção visual
Segurança ao risco de lesões por choque	Ser isenta de superfícies/ arestas/ vértices contundentes	superfícies, arestas e vértices contundentes	nenhuma superfície/ aresta/ vértice contundente	inspeção visual/toque
		vegetação com espinhos	nenhuma vegetação com espinhos	inspeção visual/toque
Acessibilidade	Ter largura livre adequada ao fluxo	largura da faixa livre	fluxo baixo $L \geq 1,20$ m	medição
			fluxo alto $L \geq 1\text{m}/25$ pessoas/min	medição
	Ter altura livre adequada à circulação	altura da faixa livre	mínimo 2,40 m	medição
	Ter rampa nos cruzamentos	rampa adequada nos pontos de travessia	ter rampa, quando aplicável	inspeção visual
			inclinação máx 8,33%	medição
			largura mín 1,50 m	medição
	Ter sinalização tátil no piso	sinalização tátil no piso	de alerta, em volta dos obstáculos e desníveis	inspeção visual
de direção, faixa contínua e central			inspeção visual	
* Condições agravantes de risco: formação de biofilme e presença de detritos na calçada.				
** Este requisito não foi avaliado no estudo de caso e nem incluído no Instrumento de Avaliação proposto.				

4.1 PRIMEIRA VERSÃO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

A primeira versão do instrumento de avaliação consistia em observação em uso das calçadas, com inspeção visual, medições e realização de ensaios não destrutivos. Esta versão era composta de Ficha de vistoria e Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento e pode ser vista no apêndice A (preenchida) e em escala reduzida na figura 44.

Figura 44 – Primeira versão do instrumento de avaliação: (a) Página 1, com identificação do trecho e lista de critérios; (b) Página 2, com croqui para registro das não conformidades; (c) Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento.



A base estabelecida nesta primeira versão do instrumento não foi essencialmente modificada em sua versão final, apesar de o número de alterações e melhorias feitas ser grande.

Para testar a primeira versão, somente a ficha de vistoria foi aplicada em vistoria piloto, descrita em detalhes a seguir.

4.2 VISTORIA PILOTO

Foi realizada vistoria piloto em uma calçada da av. Independência escolhida aleatoriamente e identificada a seguir na figura 45.

Figura 45 – Calçada avaliada em vistoria piloto. Trecho destacado em amarelo.



(adaptado de: *Google Earth*)

A ficha de vistoria foi aplicada por completo, como apresentada no apêndice A. Foram utilizados na vistoria:

- a) via da ficha de vistoria impressa, lápis e prancheta;
- b) trena de 35 m;
- c) paquímetro digital;
- d) martelo de borracha;
- e) nível;
- f) cantoneira de alumínio;
- g) câmera fotográfica digital.

O avaliador foi acompanhado de um auxiliar. Como solicitado na primeira página da ficha de vistoria, foram tiradas fotos gerais da calçada a ser avaliada, apresentadas na figura 46.

Figura 46 – (a) e (b) fotos gerais da calçada avaliada.



(a)

(b)

A extensão da calçada, bem como a largura e a altura da faixa livre de circulação foram medidas utilizando-se a trena de 35 m. O martelo de borracha foi usado no ensaio de percussão para verificação de peças soltas (figura 47a). O paquímetro digital foi utilizado para medir as juntas, reentrâncias, saliências e desníveis encontrados, como mostra a figura 47b. Utilizando-se a cantoneira de alumínio como gabarito e o nível para deixá-la na posição horizontal, mediu-se a diferença de altura entre a extremidade da régua e o piso inclinado, com o auxílio do paquímetro digital, para depois calcular-se a inclinação em porcentagem (figura 47c). Tudo foi registrado na ficha de vistoria e fotografado.

Figura 47 – Procedimento da vistoria piloto: (a) ensaio de percussão; (b) medição de dimensão de juntas com o paquímetro digital; (c) verificação da inclinação transversal da pavimentação; (d) inspeção de peças soltas.



(a)

(b)



(c)

(d)

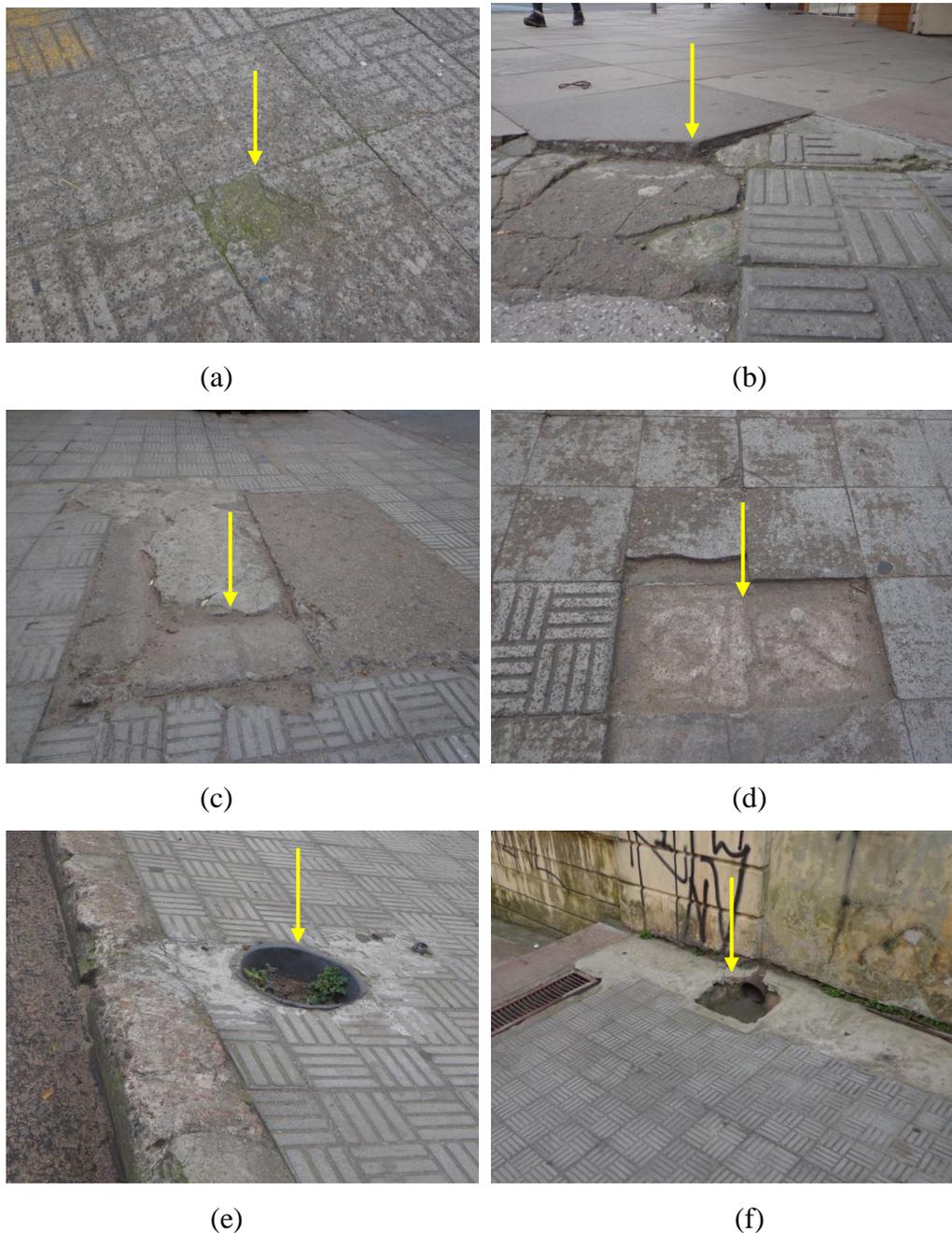
4.3 RESULTADOS DA VISTORIA PILOTO

A ficha preenchida na vistoria piloto encontra-se no apêndice A. As não conformidades encontradas no trecho avaliado foram:

- a) biofilme – foram encontrados pontos com formação de biofilme no revestimento;
- b) desníveis abruptos – foram encontrados desníveis acima de 15 mm;
- c) saliências – foram encontradas diversas saliências com mais de 5 mm;
- d) reentrâncias – foram encontradas reentrâncias com mais de 5 mm de profundidade e 15 mm de abertura;
- e) peças soltas ou faltantes – foram encontradas diversas peças soltas e áreas de revestimento com deficiência na aderência ao substrato. Além disso, havia também peças faltantes;
- f) obstáculos – foram encontrados obstáculos como tampa de caixa de inspeção, resquícios de mobiliário urbano, entre outros;
- g) arestas contundentes – foram encontradas arestas contundentes ao longo da calçada.

Na figura 48, é possível ver algumas das não conformidades encontradas, em sua maioria relacionadas ao risco de quedas.

Figura 48 – Exemplos de não conformidades encontradas na vistoria piloto: (a) formação de biofilme; (b) desnível; (c) tampa de inspeção desnivelada; (d) peças faltantes; (e) e (f) obstáculos.



Os outros requisitos (declividade transversal máxima e mínima, limpeza, sem acúmulo de água, dimensão máxima de juntas, desnível máximo em relação à via e largura da faixa livre), segundo o instrumento aplicado, foram atendidos. Apesar de existirem sobre a calçada obstáculos como banca de revista, chaveiro e de frutas, estes estavam fora da faixa livre de circulação. Foram encontrados também, semáforo, lixeira e contêiner junto ao meio fio, dentro da faixa de serviço.

A largura mínima de 1,20 m para a faixa livre de circulação foi respeitada em toda a extensão da calçada, sendo o menor valor encontrado 1,22 m no ponto mostrado na figura 49. Apesar de obedecer ao mínimo exigido, observando-se a calçada em uso foi possível notar que a largura é insuficiente para o fluxo de pedestres existente. O estreitamento nesse ponto é devido à posição da Igreja Nossa Senhora da Conceição, que foi construída em uma época em que a via era mais estreita, somada à existência de contêiner para coleta de lixo. Nesse caso específico, por exemplo, seria possível deslocar o contêiner longitudinalmente na calçada (em direção à banca de frutas vista na figura 49), de modo a aumentar a passagem, tornando a circulação na calçada mais segura e agradável.

Figura 49 – Ponto da calçada onde a faixa livre de circulação é mais estreita.



A cobertura das bancas de revista, chaveiro e frutas respeita a altura livre de 2,10, além de estarem posicionadas fora da faixa livre de circulação.

A dimensão máxima de juntas no piso foi respeitada, o que já era esperado em um piso de ladrilho hidráulico, onde as juntas recomendadas são mais estreitas, devido à dimensão relativamente pequena das peças.

A altura máxima do meio-fio foi atendida em toda a extensão da calçada. Do mesmo modo, as inclinações longitudinal e transversal estavam dentro dos parâmetros estabelecidos. De um modo geral, a calçada estava limpa, ou seja, livre de detritos.

4.4 REFINAMENTO DO INSTRUMENTO

Após análise completa dos resultados obtidos na vistoria piloto, mudanças foram feitas na ficha de vistoria e procedimentos de avaliação. Com a realização da vistoria piloto, já foi possível perceber a necessidade de algumas mudanças na ficha em si, como, por exemplo, o acréscimo de símbolo para a representação de arestas contundentes.

Uma mudança no protocolo foi a de sempre levar para as vistorias uma via adicional da ficha em que a planta para localização esquemática não seja pré-desenhada, somente contendo o espaço reservado para o desenho. Essa modificação é necessária para que em casos muito diferentes do genérico (como o da vistoria piloto), seja possível um registro mais fiel.

Alguns requisitos também foram revistos. Foi necessário estabelecer critérios mais claros sobre a classificação dos problemas, pois alguns se encaixavam em mais de um requisito, como por exemplo, o mostrado na figura 48e, em que está configurado uma reentrância e um obstáculo ao mesmo tempo. Ou o caso de juntas, que também podem ser vistas como reentrâncias.

A questão da largura mínima para a faixa livre de circulação foi melhor estudada. É preciso levar em consideração o fluxo de pedestres para estabelecer o limite adequado.

Observou-se também, que o problema da formação de biofilme e a presença de detritos nas calçadas, apesar de constituírem um problema de segurança ao risco de quedas para os usuários, possuem um caráter diferenciado dos demais critérios, não sendo características próprias da calçada em si, estando mais relacionadas ao comportamento dos responsáveis em relação à conservação. Resolveu-se, então, classificá-los como condições agravantes de risco.

Percebeu-se que ainda faltavam parâmetros para avaliação de acúmulo de água e de arestas contundentes. Do mesmo modo, ainda não havia sido definido um valor mínimo adequado para o desnível entre a calçada e a via (altura mínima do meio-fio).

A vistoria piloto levou pouco mais de 1 hora e 20 minutos para ser realizada, tempo que pôde ser reduzido com a prática adquirida com a repetição do procedimento. Estimou-se que podem ser realizadas vistorias em três calçadas por turno.

Além da evidente facilidade que a presença de um auxiliar traz ao processo, sua importância junto ao vistoriador foi comprovada na vistoria piloto. Foram feitas três medições para a inclinação transversal no mesmo ponto da calçada e os dois resultados obtidos com dois operadores (um segurando a régua nivelada e outro operando o paquímetro) foram similares, enquanto o outro, em que o vistoriador realizou a medição sozinho, foi muito distinto, provavelmente por algum movimento involuntário durante a medição.

Não houve modificação quanto aos instrumentos (como a trena e o paquímetro digital) que devem ser utilizados nas vistorias.

A Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento não foi testada na vistoria piloto, mas sofreu uma alteração para a sua versão final. A alteração foi a retirada do campo para anotação dos valores obtidos com a realização do ensaio no piso seco. O ensaio no piso seco foi realizado durante o estudo de caso para testar-se o método de avaliação, mas como os resultados foram coerentes, ou seja, os pisos na condição seca apresentaram maior resistência ao escorregamento do que quando molhados, o procedimento pôde ser simplificado e o ensaio pode ser feito somente na condição molhada, como recomendado na norma.

Como referido no capítulo 2, após o refinamento e início dos levantamentos, ainda foram feitas modificações no instrumento, inclusive na lista de requisitos, até se chegar à versão final, apresentada no apêndice B. Exemplos dessas alterações são o acréscimo dos requisitos referentes à acessibilidade (rampa para travessia nos cruzamentos e sinalização tátil) e de critérios como a inclinação transversal mínima e a existência de alarme sonoro-visual em entradas de garagens e estacionamentos, entre outros. Portanto, no capítulo 3, os requisitos e critérios apresentados estão de acordo com as últimas revisões feitas, assim como o Quadro Resumo dos Requisitos (quadro 3).

4.5 VERSÃO FINAL DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

A versão final do Instrumento de Avaliação proposto encontra-se no apêndice B. A Ficha de Vitoria com Anexo é mostrada em formato reduzido na figura 50. Há também uma ficha preenchida, no apêndice C. Os requisitos foram identificados com base na revisão bibliográfica e observação de calçadas de Porto Alegre.

Figura 50 – Versão final da Ficha de Vistoria: (a) Página 1, com identificação do trecho e lista de critérios; (b) Página 2, para registro das não conformidades; (c) Página 3 com espaço para as fotos das não conformidades; (d) Página 4, com continuação da tabela para registro dos detalhes das não conformidades e (e) Anexo: Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento.

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

4.5.1 Ficha de vistoria

A ficha de vistoria inicia com a identificação do trecho a ser vistoriado, como mostra a figura 51. Devem ser informados dados sobre a vistoria (vistoriadores e data) e sobre a calçada (endereço, material de revestimento e extensão da calçada). Além disso, é solicitado que se marque a posição da calçada em uma localização esquemática. O vistoriador é instruído a tirar uma foto geral da calçada e marcar a posição na localização esquemática e também a anotar o código dado na máquina fotográfica para esta foto, a fim de que, caso sejam feitas várias vistorias em sequência, não se misturem as fotos de calçadas diferentes.

Figura 51 – Parte inicial da ficha de vistoria.

FICHA DE VISTORIA nº:

Vistoriadores: _____ Data: _____

Endereço da calçada: _____

Localização esquemática:

I- Tirar foto geral e marcar posição acima.

II- Código de identificação da 1ª foto: _____

III- Material: _____

IV- Extensão: _____

Após, há uma lista com os requisitos que, um a um, devem ser verificados. Eles estão separados de acordo com a exigência do usuário a que se referem. Os critérios estão ordenados da mesma forma que apresentados em todo o trabalho e, deste modo, os primeiros critérios são os referentes à segurança ao risco de quedas, mostrados na figura 52.

Figura 52 – Parte da página 1 da Ficha de vistoria, com os critérios referentes à segurança ao risco de quedas.

SEGURANÇA CONTRA QUEDAS	
1- O piso é antiderrapante?*	() SIM () NÃO () Ensaio realizado (anexo A)
2- Inclinação longitudinal máxima:	_____ ¹
3- Inclinação transversal máxima:	_____ ¹
- Condições agravantes de 1, 2 e 3:	a) formação de biofilme: () SIM () NÃO () SIM, nas juntas b) detritos: () SIM _____ () NÃO
4- Inclinação transversal mínima (em direção ao meio-fio):	_____ ¹
5- Há acúmulo de água? ²	() SIM () NÃO
6- Há desníveis?	() SIM altura: _____ ¹ () NÃO
7- Dimensão máxima de:	a) saliências: _____ ¹ b) reentrâncias: _____ ¹
8- Dimensão máxima de frestas:	_____ ¹
9- Há peças soltas? ^{1 2*} (ensaio de percussão)	() SIM () NÃO
10- Há obstáculos? ^{1 2}	() SIM () NÃO

A medição das inclinações deve ser feita seguindo o método utilizado na vistoria piloto, descrito no item 4.2 e mostrado na figura 47c. A verificação de acúmulo de água pode ser feita em dias de chuva, ou, por praticidade, através da constatação de manchas escuras de umidade e/ou pontos de inclinação convergente do piso.

O ensaio de percussão foi incluído na ficha de vistoria e não separado em ficha própria, como o ensaio de avaliação de resistência ao escorregamento. Essa decisão foi tomada em razão do ensaio de percussão ser de fácil execução, diferentemente do que usa o pêndulo. Ele deve ser realizado somente em caso de dúvida, quando não for possível verificar se as placas do revestimento do piso estão aderidas apenas através de observação.

O ensaio de percussão, apesar de amplamente difundido e utilizado, não é normatizado para pisos. Neste trabalho, ele foi executado conforme descrito na NBR 13749 (ABNT, 2013a), que se aplica a argamassas de revestimento de paredes e tetos.

O procedimento consiste em inspecionar a superfície por meio de sucessivos impactos leves, não contundentes, com instrumento de madeira ou outro similar. As partes que apresentarem som cavo são consideradas regiões comprometidas (ABNT, 2013a).

Continuando a ficha, tem-se os demais grupos de critérios, referente às outras três exigências, como pode ser visto na figura 53.

Figura 53 – Continuação da página 1 da Ficha de vistoria, com os critérios referentes à segurança contra atropelamentos e lesões por choque e acessibilidade.

SEGURANÇA CONTRA ATROPELAMENTOS		
11- A calçada está segregada da via?	() SIM () NÃO	
12- Desnível em relação à via (altura do meio-fio):	a) máx: _____	b) mín: _____
13- Rebaixo para acesso de veículos:	a) L: _____ b) C: _____	() NA
14- Possui alarme sonoro-visual de saída de veículos?	() SIM () NÃO () NA	
SEGURANÇA CONTRA LESÕES POR CHOQUE		
15- Há superfícies, arestas ou vértices contundentes? ¹	() SIM () NÃO	_____
16- Há vegetação com espinhos? ¹	() SIM () NÃO	_____
ACESSIBILIDADE		
17- Largura mínima da faixa livre de circulação: _____ ¹	fluxo pessoas/min.:*	_____
18- Altura mínima da faixa livre de circulação: _____ ^{1,2}		
19- Há rampa nos cruzamentos? ¹	a) () SIM () NÃO () NA	b) L: _____ c) i: _____
20- Há sinalização tátil no piso?	a) de alerta: ² () SIM () NÃO () NA	
	b) de direção: ² () SIM () NÃO	

¹ Marcar no croqui na pág. 2. *Para avaliação precisa, realizar ensaio/medição. NA: não se aplica
² Fotografar ocorrências. L: largura (no sentido transversal da calçada) C: comprimento

Página 1 de 4

Na segunda página, há um croqui, em que as não conformidades devem ser registradas, através de símbolos definidos em legenda criada. Além disso, há espaço para o detalhamento de cada falha, como pode ser visto a seguir (figura 54) e no apêndice B.

A Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento, da mesma forma que a de vistoria, inicia com campos para preenchimento de dados da calçada e da vistoria. A Ficha é composta, ainda, de croqui para registro do ponto exato da calçada em que foi realizado o ensaio, espaço para foto e campos para anotação dos valores encontrados com o uso do pêndulo, como pode ser visto na figura 55.

Figura 55 – Versão final da Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento em versão reduzida.

ANEXO - FICHA DE VISTORIA nº: _____
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO ESCORREGAMENTO

ENSAIO DO PÊNDELO BRITÂNICO - ASTM E303-93 DATA: _____
Vistoriadores: _____

Endereço da calçada: _____
Material: _____

1- Marcar posição do(s) ponto(s) de realização do ensaio (com cotas);
2- Fotografar pontos ensaiados;

CROQUI DA CALÇADA

meio-fio

Legenda:  posição do ponto de realização do ensaio

FOTO: _____

VALORES DAS MEDIÇÕES

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
MÉDIA: _____

Página 1 de 1

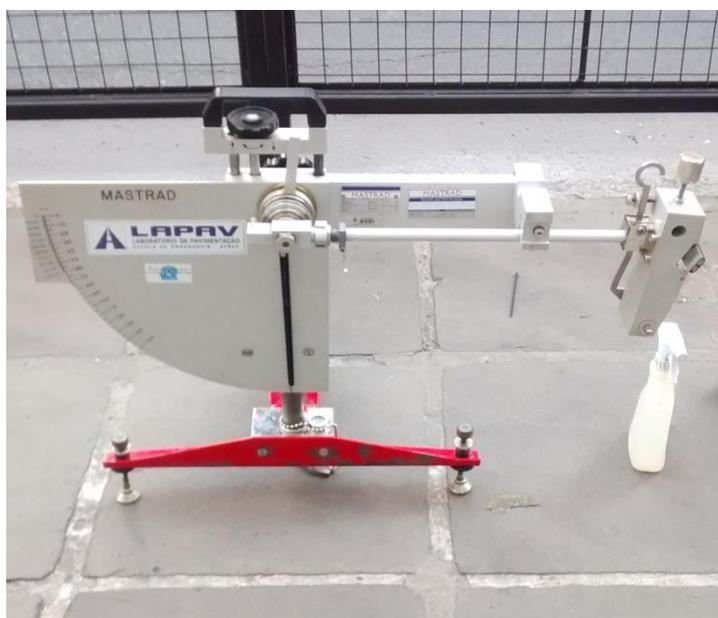
A ficha também pode ser vista em branco no apêndice B e preenchida no apêndice C.

A Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento é um anexo do instrumento e deve ser utilizado em caso de suspeita de que o piso da calçada seja escorregadio. Durante a avaliação com a Ficha de vistoria geral, em caso de dúvida sobre a resistência

ao escorregamento do piso, deve-se registrar a situação na ficha e, após, realizar-se o ensaio para verificação.

De acordo com a ASTM E303-93 (1993), a medida do valor de atrito representativo do local ensaiado é obtido realizando-se cinco lançamentos da sapata contra o pavimento, sendo a primeira medição descartada e com as demais se calcula o valor médio do BPN (*British Pendulum Number*). A figura 56 mostra o equipamento Pêndulo Britânico usado na realização desta pesquisa.

Figura 56 – Pêndulo Britânico e recipiente com água utilizados no ensaio de resistência ao escorregamento.

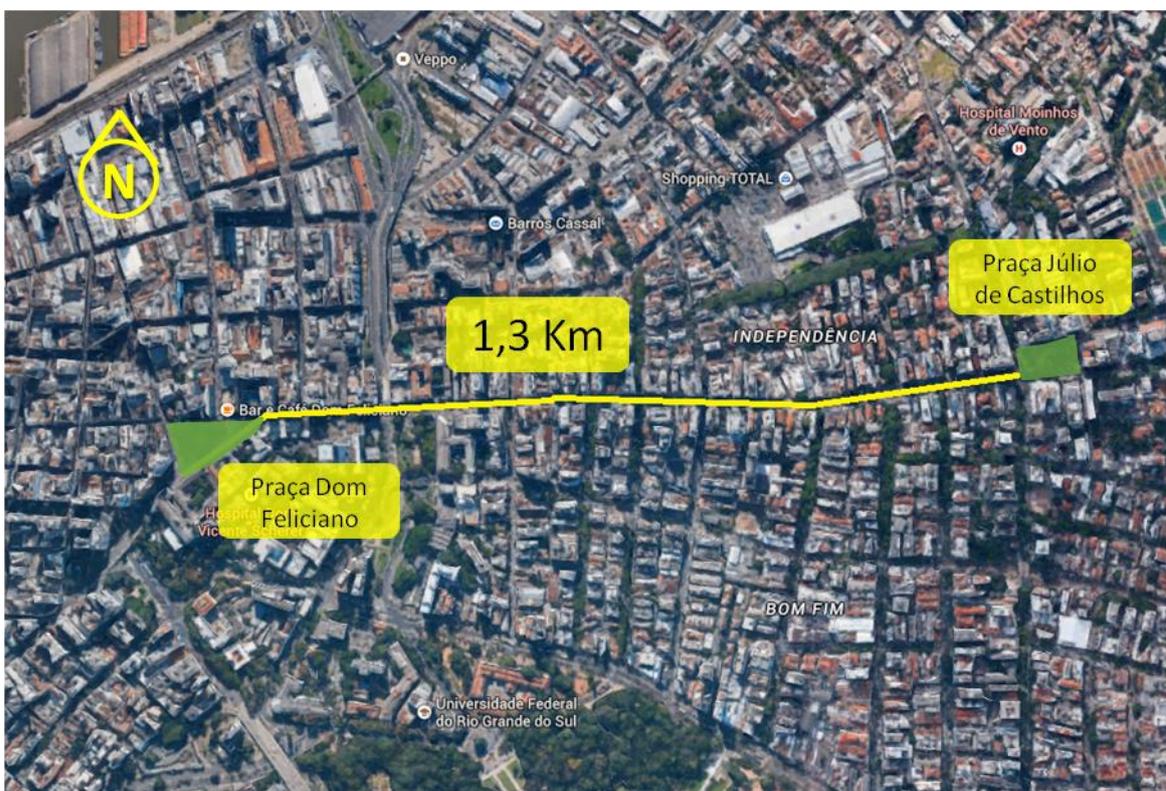


(foto da autora)

5 ESTUDO DE CASO: AVENIDA INDEPENDÊNCIA

A fim de aprofundar o conhecimento acerca do tema proposto e testar-se a validade do instrumento elaborado, foi realizado um estudo de caso em uma importante avenida de Porto Alegre, a Av. Independência, ilustrada pelas figuras 57 e 58. A escolha foi motivada pela intensa circulação de pedestres, muitos destes em situação de mobilidade reduzida, por uma série de características do bairro que serão explanadas a seguir.

Figura 57 – A Avenida Independência.



(Fonte: adaptado de www.google.com.br/maps)

Figura 58 – Vista geral da Avenida Independência, Porto Alegre.



(foto da autora)

5.1 CARACTERÍSTICAS DA AVENIDA INDEPENDÊNCIA

A avenida é o eixo principal do bairro ao qual dá nome, o Bairro Independência. Conforme documento disponibilizado no site da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA, 2014, p. 46), o bairro, localizado próximo ao Centro de Porto Alegre, tem suas origens ainda no século XVIII. Já a avenida, foi um caminho que surgiu espontaneamente, como uma das saídas da vila de Porto Alegre para a Aldeia dos Anjos (atual cidade de Gravataí) e se chamava Estrada dos Moinhos à época (COSTA, 1997, p.43).

No início do século XX, durante um período de forte expansão imobiliária na cidade devido ao momento econômico favorável, começam a surgir os palacetes da Av. Independência (COSTA, 1997, p. 118). Dentre os edifícios remanescentes da época, destaca-se a Casa Godoy (figura 59), um exemplar do movimento *Art Nouveau*, tombado pelo patrimônio histórico em nível municipal em 1996 (PMPA, [20--]).

Figura 59 – Casa Godoy em 2016.



(foto da autora)

A av. Independência é muito movimentada, sendo observada no local grande circulação de pessoas e veículos. A densidade populacional é alta, acima de 5.000 hab/km² (IBGE, 2010), com muitos edifícios multifamiliares ao longo de sua extensão. Mas a grande concentração de pessoas se deve principalmente à ampla oferta de serviços na avenida e seu entorno imediato.

A vasta gama de serviços encontrados na área atrai público variado, porém, alguns serviços específicos trazem pessoas com mobilidade reduzida para a região. Em especial, pode-se citar a presença de hospitais na avenida (Complexo Hospitalar da Santa Casa de Misericórdia, Hospital Beneficência Portuguesa e Hospital Presidente Vargas) e em seu entorno (Hospital Fêmeina e Hospital Moinhos de Vento). Para acessar os hospitais, pessoas doentes, adultos com crianças de colo ou carrinhos e portadores de deficiência física utilizam a avenida e suas calçadas.

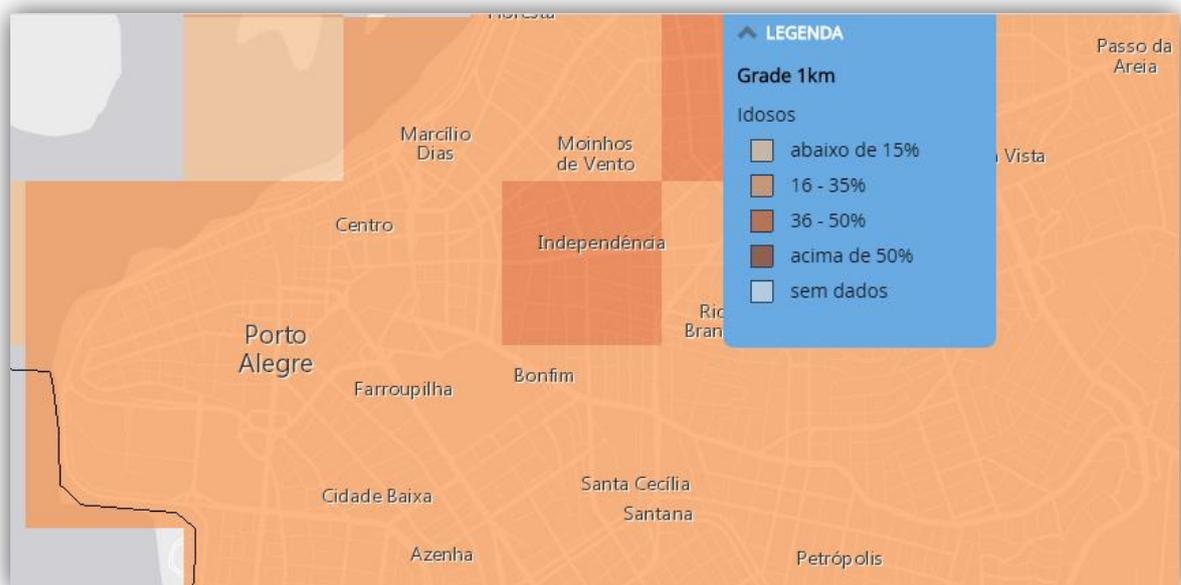
Além das crianças que nascem ou vão em busca de tratamento nos hospitais citados, há ainda as que circulam pela avenida diariamente para a ida à escola. Estão situadas na avenida a Escola Estadual de Ensino Fundamental Othelo Rosa e o tradicional Colégio

Marista Nossa Senhora do Rosário. Próximo à avenida, ainda se encontra o Colégio Nossa Senhora do Bom Conselho.

Outra instituição que tem como público usuário pessoas com mobilidade reduzida, mais especificamente idosos (60 anos ou mais), é a Igreja Nossa Senhora da Conceição. Segundo informações em seu site, são realizadas duas missas por dia, todos os dias do ano, atraindo grande público. Além da celebração de missas, a paróquia é local de batizados, casamentos, cursos de catequese, entre outras atividades.

E cabe ainda uma observação sobre a idade dos moradores do bairro, com média notadamente mais alta que o restante da cidade (figura 60). São, provavelmente, antigos moradores, ocupantes dos apartamentos de classe média alta construídos a partir da década de 1940 (PMPA, 2014). O quadro 4 apresenta dados do Censo IBGE de 2010, que mostra o envelhecimento da população do bairro.

Figura 60 – Percentual de Idosos (60 anos ou mais) sobre a população total de parte de Porto Alegre.



(adaptado de IBGE, 2010)

Quadro 4 – Percentual de Idosos (60 anos ou mais) sobre a população geral do bairro Independência em Porto Alegre.

ANO	INDICADOR	VALOR ABSOLUTO	EVOLUÇÃO NO PERÍODO
2000	24,41	2.756
2010	26,69	2.890	Aumentou 9,34%

(adaptado de: http://portoalegremanalise.procempa.com.br/?regioes=27_10_0)

5.2 APLICAÇÃO EXPERIMENTAL DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

Com o propósito de testar-se a validade do instrumento como efetivo em avaliar a segurança em calçadas, realizou-se uma aplicação experimental em algumas calçadas de um trecho da Av. Independência. O trecho avaliado vai da Rua Santo Antônio à Rua Ramiro Barcelos e tem por volta de 500 metros de extensão, em ambos os lados da via, como pode ser visto na figura 61.

Figura 61 – Localização do trecho avaliado da Avenida Independência.



O trecho encontra-se ampliado na figura 62, com a marcação das calçadas avaliadas. Nela, pode-se ver que a aplicação da ficha de vistoria se concentrou no segmento entre as ruas Santo Antônio e General João Telles (pontos azuis e vermelhos da figura 62). Já a avaliação da resistência ao escorregamento abrangeu uma maior extensão da via,

prolongando-se até a esquina da Rua Ramiro Barcelos (pontos azuis e verdes da figura 62).

Figura 62 – Localização das calçadas avaliadas no trecho da Av. Independência (1), entre as ruas Santo Antônio (2), General João Telles (3) e Ramiro Barcelos (4). Em azul, as que passaram por vistoria e ensaio de resistência ao escorregamento, em vermelho, as que passaram somente por vistoria e, em verde, as que passaram somente pelo ensaio de resistência ao escorregamento.



Essa variação nas calçadas avaliadas se deve ao fato de que ainda no início dos levantamentos, percebeu-se que os resultados dos ensaios de resistência ao escorregamento em calçadas revestidas de basalto (revestimento mais comum) eram próximos e sempre acima do mínimo recomendado. Como pesquisa exploratória, considerando que o ensaio do pêndulo é um ensaio trabalhoso, julgou-se que seria mais proveitoso testar calçadas revestidas por diferentes materiais. Portanto, a avaliação do atendimento ao critério da resistência ao escorregamento foi feita em calçadas escolhidas de modo que resultassem em uma maior variedade de dados, como também para testar-se o próprio método, como por exemplo, ensaiando-se a mesma calçada em dias diferentes.

5.3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados coletados na vistoria das calçadas foram registrados em um banco de dados, que pode ser visto no apêndice D e em escala reduzida na figura 63. Os valores em vermelho significam não conformidades e em verde, que os critérios foram atendidos.

Figura 63 – Banco de dados preenchido em escala reduzida.

CRITÉRIOS	IDENTIFICAÇÃO CALÇADAS/ N° DA FICHA DE VISTORIA																
	736	739	749	755	766	769	776	779	796	798	820	832	850	860	876	890	900
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
antiderrapante*	1	sim	sim	sim**	sim	sim**	sim**	sim	sim**	sim**	sim	sim	sim	sim**	sim**	sim**	sim**
longitudinal máx.*	2	13,11%	11,11%	8,60%	1,61%	1,75%	3,80%	4,89%	4,84%	5,97%	4,99%	11,40%	15,74%	5,73%	4,95%	4,52%	10,41%
transversal máx.*	3	10,27%	2,52%	2,37%	-4,58%	4,92%	14,68%	5,41%	19,12%	5,45%	4,71%	5,37%	4,76%	3,54%	2,82%	5,77%	1,28%
*cond. agrav. biofilme	a	juntas	juntas	não	juntas	juntas	juntas	não	juntas	não	não	não	não	juntas	juntas	juntas	juntas
*cond. agrav. detritos	b	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	não	não	não	não	sim	sim
transversal mín.	4	6,62%	1,59%	1,59%	-4,58%	4,92%	1,06%	4,53%	1,79%	-4,49%	1,60%	0,92%	0,00%	0,88%	-4,37%	-3,54%	0,00%
água	5	não	não	não	sim	não	sim	não	não	não	não	não	não	sim	sim	não	sim
desníveis	6	não	não	90 mm	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
saliências	7a	não	não	32,35	13,98	não	27,26	10,36	5,76	49,65	22	20,28	102,47	78,26	19,82	46,25	59,13
reentrâncias	7b	19,74	não	não	não	não	não	29,66	15,96	30,42	29,41	14,92	48,53	84,15	20,8	não	não
frestas	8	16,38	não	não	não	17,47	não	42,17	21,77	27,08	53,46	23,39	23,58	não	não	52,86	29,51
peças soltas	9	sim	não	não	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	não	não	sim	sim	sim	sim
obstáculos	10	sim	sim	não	não	não	sim	sim	não	sim	sim	não	não	sim	sim	sim	não
segregação	11	sim	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
meio-fio máx.	12a	14,43	8,52	9,73	13,45	13,49	0	15,02	15,50	14,19	9,37	15,02	18,03	10,51	12,10	12,18	12,07
meio-fio mín.	12b	9,47	0	6,73	11,29	11,02	0	11,66	11,65	8,43	6,75	7,98	5,11	8,08	9,89	11,34	7,15
largura rampa	13a	NA	NA	NA	NA	0,94	0,6+N/D	0,93	0,45	NA	0,80	N/D	N/D	N/D	N/D	1,1/1,2	1,05
comprim. rampa	13b	NA	NA	NA	NA	9,23	22,80	3,59	5,00	NA	4,30	3,30	tudo	6,30	5,70	5,80	3,8/3,6
alarme veículos	14	NA	NA	NA	NA	sim	não	sim	sim	NA	sim	não	não	sim	não	sim	sim
contudentes	15	sim	não	sim	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	sim	não
veg. espinhos	16	não	sim	não	não	não	não	não	não	não	não	sim	não	sim	não	não	não
largura faixa	17	1,34	1,95	1,41	1,72	1,63	1,70	1,23	1,02	1,43	1,70	1,80	2,40	3,10	1,59	1,38	1,43
altura faixa	18	2,26	1,92	≥2,40	≥2,40	≥2,40	≥2,40	2,16	1,92	≥2,40	≥2,40	≥2,40	≥2,40	≥2,40	≥2,40	≥2,40	1,91
rampa rebaixo	19a	sim	sim	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	não	NA	NA	NA	NA	NA
largura rampa	19b	1,30	1,20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	não	NA	NA	NA	NA	NA
inclinação rampa	19c	16,47%	14,06%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	não	NA	NA	NA	NA	NA
tátil alerta	20a	não	não	NA	NA	não	não	não	não	NA	não	não	não	não	não	sim	não
tátil direção	20b	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não

*Condições agravantes de risco para os critérios 1, 2 e 3: formação de biofilme e presença de detritos na calçada.

**sim Não foi realizado o ensaio do pêndulo britânico, porém, por ausência de indícios de que seja escorregadia, o piso foi considerado antiderrapante.

NA O critério não se aplica.

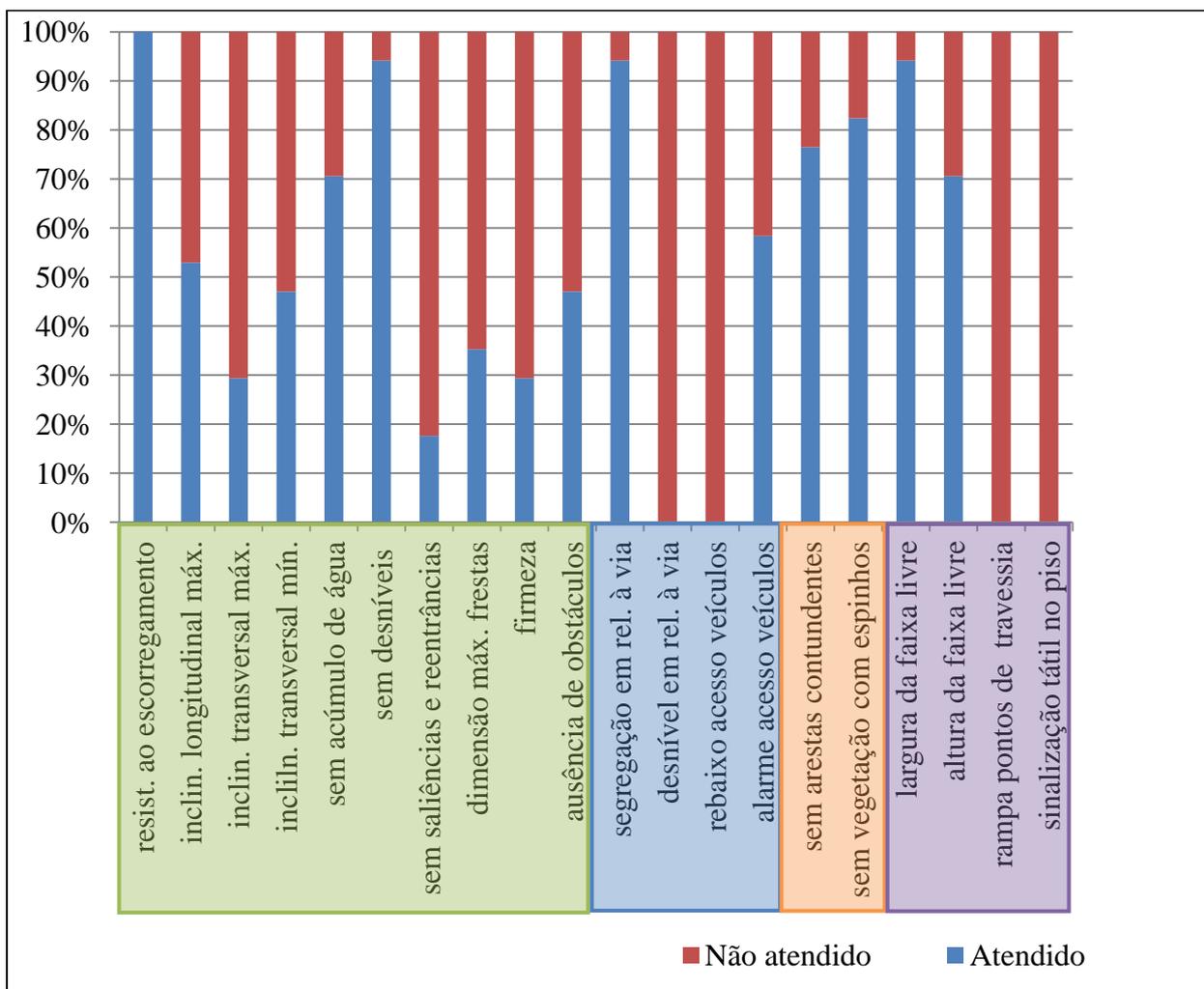
N/D Não definida.

Como resultado do estudo de caso, tem-se que quase a totalidade dos critérios e, conseqüentemente, dos requisitos de desempenho relativos à segurança em uso de calçadas foram descumpridos em alguma das calçadas avaliadas do trecho estudado, o que é visto nos itens 5.3.1 e 5.3.2.

5.3.1 Atendimento aos critérios

As não conformidades observadas nas calçadas foram registradas e compiladas com a utilização do instrumento proposto. A figura 64 mostra em um gráfico o percentual de atendimento aos critérios.

Figura 64 - Percentual de atendimento a cada critério nas calçadas do estudo de caso.



Após análise comparativa, não foi possível estabelecer uma relação comprovada estatisticamente entre o número de critérios atendidos e o material de revestimento das calçadas, visto que a amostra é reduzida (apenas 17 calçadas), mas a taxa média de atendimento entre o grupo revestido de basalto regular e o grupo revestido de basalto irregular foram próximas, de 55,12% e 51,22%, respectivamente. O resultado da calçada revestida de placas de concreto não pode ser usada nem como indicativo neste caso, pois apenas uma calçada do estudo de caso possui este revestimento, mas esta apresentou um atendimento de 38,8%.

O atendimento aos critérios no trecho estudado está detalhado a seguir, com exemplos de não conformidades encontradas durante a aplicação experimental.

5.3.1.1 Resistência ao escorregamento

No total, o ensaio foi realizado em 15 calçadas. Todas as calçadas avaliadas atingiram o mínimo recomendado, ou seja, apresentaram BPN maior que 45. Devido ao reduzido tamanho da amostra (15 calçadas), os resultados não são estatisticamente significantes.

Das 15 calçadas avaliadas, 8 são do grupo que passou pela inspeção completa com a ficha de vistoria. Nas outras 9 do grupo de 17 calçadas que foram avaliadas com a ficha de vistoria, o ensaio com o pêndulo não foi realizado, mas mesmo assim elas foram consideradas antiderrapantes, por serem revestidas de basalto, material que apresentou resistência ao escorregamento adequado nos ensaios feitos.

Este critério foi 100% atendido no estudo de caso, como pode ser visto nos dados constantes no apêndice E e na tabela 2.

Tabela 2 – *British Pendulum Number* (BPN) médio das calçadas avaliadas.

Calçada	Material de revestimento	BPN
1	placa de concreto pré-moldado	65,00
2	basalto regular	80,75
3	basalto regular	72,25
4	basalto irregular	52,50
5	basalto irregular	68,75
6	basalto irregular	67,75
7	basalto regular	84,50
8	basalto regular	68,75
9	basalto regular	82,50
10	concreto moldado in loco	82,50
11	ladrilho hidráulico	54,25
12	ladrilho hidráulico	80,75
13	pedra portuguesa	55,25
14	basalto preto irregular	55,75
15	placa de concreto pré-moldado	102,50

A existência de condições agravantes de risco está detalhada a seguir.

5.3.1.1.1 Condição agravante de risco: Formação de biofilme

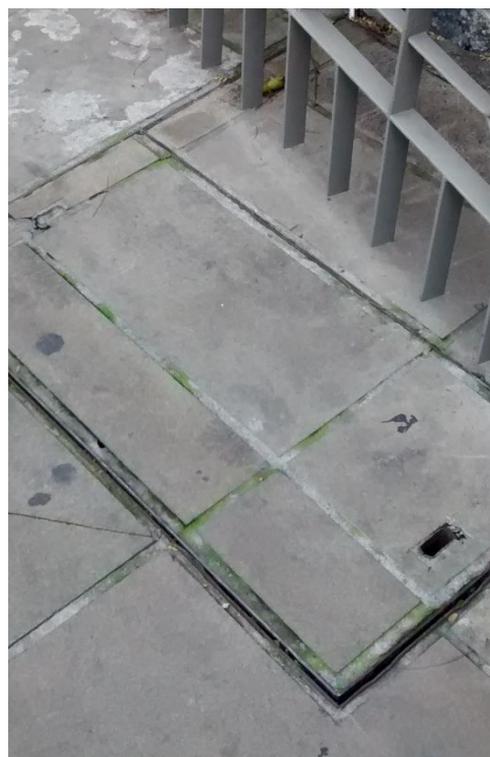
Com o início das vistorias já foi possível verificar uma particularidade em relação à presença de biofilme nas calçadas que não estava prevista inicialmente: o biofilme tende

a se formar nas juntas argamassadas do revestimento, o que ocorreu em 12 das 17 calçadas (70,58%), enquanto que no próprio revestimento não foi encontrado biofilme em nenhuma das calçadas avaliadas. Isto se deve ao fato de o material utilizado no preenchimento das juntas, a argamassa, ser mais poroso do que o piso em si. A figura 65 traz exemplos das ocorrências.

Figura 65 – (a) e (b) Exemplos de ocorrências de formação de biofilme nas juntas dos revestimentos das calçadas avaliadas.



(a)



(b)

Examinando-se a questão, considerou-se que a formação de biofilme nas juntas do revestimento não configura um problema de segurança para o usuário e sim estético. Há risco de escorregamento apenas quando a formação se dá na superfície do piso, onde o pedestre apoia os pés ao caminhar.

Apesar de não ser considerada uma não conformidade, a presença de biofilme nas juntas foi registrada e consta como opção de preenchimento na ficha de vistoria, pois, sob condições desfavoráveis de umidade constante, com o passar do tempo a situação pode se agravar, causando deterioração do revestimento.

Considerando isto, a condição agravante de risco: formação de biofilme não está presente no trecho avaliado. Cabe salientar que isto não significa que este não seja um problema frequente nas calçadas de um modo geral. Na própria Av. Independência, durante a vistoria piloto, foi encontrada formação de biofilme no revestimento, como visto no item 4.3, bem como em outras calçadas de Porto Alegre, como na figura 10.

Esta condição agrava, além da resistência ao escorregamento insuficiente, os critérios de inclinação longitudinal máxima e inclinação transversal máxima, quando não atendidos.

5.3.1.1.2 Condição agravante de risco: Presença de detritos

Foram encontrados detritos em 11 das 17 calçadas inspecionadas, o que corresponde a 64,7%. É importante salientar que esta condição é instável, visto que em um dia a calçada pode estar suja e no dia seguinte estar limpa. Nem por isso a limpeza é menos importante ou deve ser deixada de lado. Isto significa, inclusive, que este é um problema de fácil solução e, por isso, o seu descumprimento é injustificável.

Na figura 66, exemplos dos detritos encontrados. Nos dois casos, provavelmente, quem sujou a calçada não foram os proprietários dos imóveis e sim usuários transeuntes. Ainda assim, é responsabilidade do proprietário corrigir o problema e manter a calçada sempre limpa.

Figura 66 – (a) Adesivos colados no piso da calçada. (b) Pedacos de cascas de bergamota.



(a)



(b)

Esta condição agrava, além da resistência ao escorregamento insuficiente, os critérios de inclinação longitudinal máxima e inclinação transversal máxima, quando não atendidos.

5.3.1.2 Inclinação longitudinal máxima

O limite de no máximo 5% de inclinação longitudinal foi ultrapassado em 8 das 17 calçadas avaliadas, o que corresponde a 47,05%. Ou seja, quase metade das calçadas avaliadas possuem alguma parte mais inclinada do que o recomendado, aumentando o risco de escorregamento para os usuários. A figura 67 traz um dos casos em que a calçada não atendeu a este critério.

Figura 67 – (a) e (b) Inclinação longitudinal maior do que a recomendada em parte de uma calçada do estudo de caso, vista de dois ângulos.

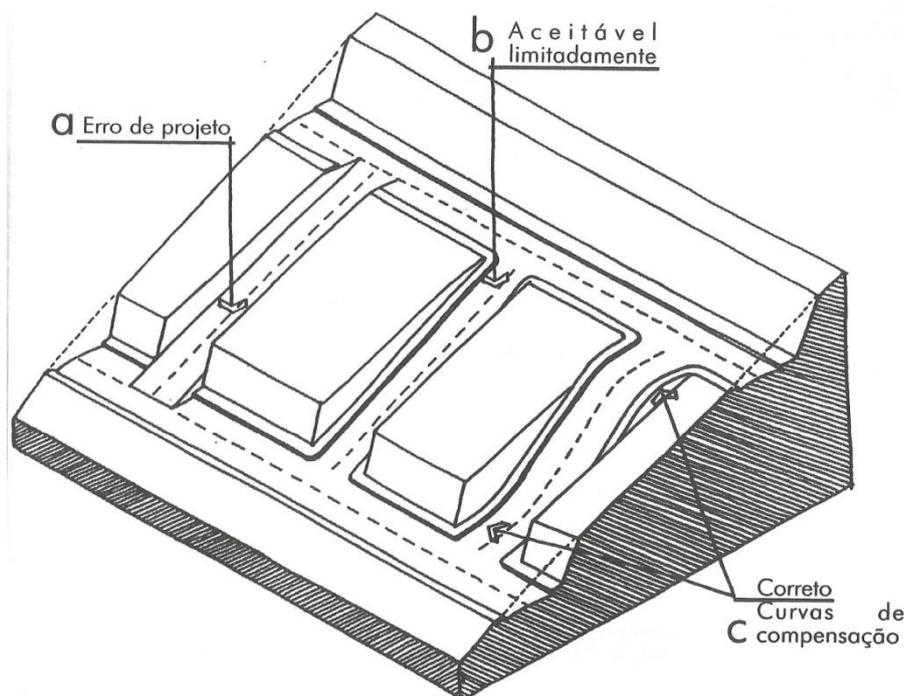


(a)

(b)

Esta maior inclinação próxima à esquina ocorreu para que a concordância entre as declividades das duas ruas fosse feita. Um planejamento adequado do traçado viário, em que a concordância das ruas no cruzamento fosse feita através do uso de curvas de compensação, como recomenda Mascaró (2003, p. 113), poderia evitar o problema, como visto na figura 68.

Figura 68 – Em C, a maneira correta de tratar as diferentes declividades em um cruzamento.



(adaptado de: MASCARÓ, 2003, p. 110)

A maior inclinação longitudinal encontrada entre as calçadas avaliadas foi de 15,74%, mais de 3 vezes o recomendado. As maiores inclinações encontradas (acima de 10%, em 5 calçadas) eram localizadas em trechos de calçada, ou seja, seria possível evitar o problema distribuindo melhor a inclinação, de forma contínua, o que resultaria em uma declividade mais suave.

Retomando-se o exposto no item 3.3.1.2, é notório que este não é um problema que reside na calçada em si, desde que a mesma acompanhe a inclinação da via, e sim na topografia do sítio. Na figura 69, pode-se ver a inclinação de uma das calçadas avaliadas, que é igual à inclinação da via. A inclinação medida foi de 4,89%, o que é próximo do limite máximo, mas adequada em termos de segurança e acessibilidade.

Figura 69 – Calçada com inclinação longitudinal contígua à via e igual a 4,89% e, portanto, adequada.



Considerando que o traçado das ruas é uma situação já sedimentada, só seria possível solucionar o problema através de rampas ou degraus. Por exemplo, duas das 8 calçadas em que o problema foi detectado poderiam ser adequadas com a construção de rampas, pois apresentaram inclinação entre 5% e 8,33%. Já nas outras, se a distribuição uniforme da declividade ainda assim não resultar em uma inclinação de menos de 8,33%, o indicado seria a construção de degraus.

É importante observar que a construção de degraus deve ser sempre complementar à rampa, mesmo que a inclinação seja superior a 8,33%, para que não seja ainda mais difícil o acesso de cadeirantes, entre outros. Portanto, só é possível a construção de degraus se a largura da calçada for suficiente para abrigar rampa e escada lado a lado.

5.3.1.3 Inclinação transversal máxima

Assim como a longitudinal, também foram encontradas calçadas com a inclinação transversal acima do máximo, que é de 3%, porém em maior número. Das 17 calçadas avaliadas, 12 apresentaram no mínimo uma parte com inclinação transversal superior a 3%, ou seja, 70,58% das calçadas não atende ao critério de inclinação transversal máxima.

A maior inclinação transversal encontrada foi de 19,12%, cerca de 6 vezes maior do que o nível admissível. As maiores inclinações foram encontradas onde o acesso de veículos cruza a calçada, como é o caso da calçada mostrada na figura 70, onde foi encontrada a inclinação de 14,68%.

Figura 70 – Calçada com inclinação transversal acima do máximo recomendado (14,68%).



5.3.1.4 Inclinação transversal mínima

Foram encontradas calçadas com inclinação transversal abaixo do mínimo recomendado e até calçadas com inclinação transversal na direção oposta ao meio-fio. Das 17 calçadas avaliadas, 9 não apresentaram a inclinação transversal em direção ao meio-fio mínima admissível, o que corresponde a mais da metade (52,94%). No pior caso, mediu-se uma inclinação de 4,58% na direção oposta a do meio-fio. Na figura 71, é apresentado um dos casos com inclinação oposta ao recomendado, ou seja, em direção oposta ao meio-fio.

Figura 71 – Uma das calçadas com perfil transversal inadequado.



A inclinação abaixo de 1% em direção ao meio-fio não necessariamente significa que haverá acúmulo de água sobre a calçada, já que a existência de inclinação longitudinal se encarrega de escoá-la. Entretanto, durante a chuva, a calçada será inundada, com água correndo no sentido longitudinal da calçada, fazendo com que o pedestre se molhe e corra o risco de cair.

5.3.1.5 Não permitir acúmulo de água

Foram encontrados pontos com acúmulo de água nas calçadas estudadas. Das 17 calçadas, 5 apresentaram esta falha, o que corresponde a 29,41%. Na figura 72 pode-se ver dois exemplos.

Figura 72 – (a) e (b) Exemplos de ocorrências de acúmulo de água nas calçadas avaliadas.



(a)



(b)

5.3.1.6 Sem desníveis

Foi encontrado um único desnível, de 90 mm, ou seja, maior que o limite de 5 mm, na divisa entre duas calçadas. A NBR 9050, como visto no item 3.3.2.1, recomenda que, quando inevitáveis, desníveis entre 5 mm e 20 mm sejam tratados em forma de rampa (inclinação máxima de 50%) e que os com mais de 20 mm sejam tratados como degrau (ABNT, 2015, p. 55).

O desnível encontrado foi tratado em forma de rampa (figura 73), entretanto, a solução estabelecida na norma, já que o desnível é de mais de 20 mm, seria a construção de um degrau. Além disso, é importante salientar que o desnível não era inevitável, mas sim fruto da falta de projeto e erro de execução, visto que a diferença de nível entre as calçadas poderia ter sido resolvida com uma rampa mais longa e suave ao invés da forma abrupta adotada.

Figura 73 – Desnível encontrado na divisa entre duas calçadas.



O atendimento a este critério foi, portanto, de 94,11%. Acredita-se que a amostra não é representativa das calçadas em geral de Porto Alegre neste critério, pois a declividade longitudinal da Avenida Independência não é tão acentuada se comparada a outras vias da cidade, como por exemplo, as suas transversais. Outro aspecto a ser considerado é o número pequeno de canteiros nas calçadas avaliadas, pois canteiros mal executados ou conservados, como o visto no caso da figura 19, frequentemente se configuram em desníveis, podendo causar torções e quedas dos seus usuários.

5.3.1.7 Sem saliências ou reentrâncias

Do grupo estudado, apenas 3 calçadas atenderam ao critério de não apresentar saliências ou reentrâncias com mais de 5 mm de altura no piso. Calçadas sem saliências foram somente 4 e sem reentrâncias um número um pouco maior, de 8 calçadas. O atendimento a este critério foi de 17,64%.

Nas figuras 74 e 75, uma saliência e uma reentrância, respectivamente, com altura maior que 5 mm.

Figura 74 – Acabamento saliente em um canteiro desativado.



Figura 75 – Reentrância em piso de basalto.



5.3.1.8 Dimensão máxima de frestas

O atendimento a este critério foi de 35,29%, com 6 calçadas sem frestas acima do máximo (15 mm) e, portanto, adequadas. A maior fresta encontrada apresentou 53 mm de abertura, o que representa mais de 3 vezes o máximo admitido.

Não foram encontradas grelhas nas calçadas do estudo de caso. As frestas identificadas eram em pontos sem argamassa de rejuntamento no piso e também entre tampas de caixas de inspeção e o piso, como pode ser visto na figura 76.

Figura 76 – Tapa de concreto com frestas maiores do que 5 mm ao redor e juntas maiores de 5 mm não preenchidas no piso da calçada.



Especificamente sobre as frestas ao redor de tampas de caixa de inspeção, observou-se no estudo de caso que as tampas metálicas, como a da figura 77a, proporcionam um melhor acabamento, resultando em frestas menores. As caixas de inspeção que possuem somente um quadro metálico, como a da figura 77b, também são adequadas, na maior parte dos casos. Além disso, é possível dizer que o formato circular dificulta o recorte do piso em volta da tampa, acarretando em mais problemas de acabamento.

Figura 77 – (a) e (b) Tampas de caixa de inspeção com bom acabamento (frestas com menos de 5 mm de abertura).



(a)



(b)

Foi observada uma maior ocorrência de frestas nas calçadas revestidas de basalto irregular, em comparação ao basalto regular, nas calçadas do estudo de caso. Das 5 calçadas com basalto irregular, 4 apresentaram frestas com mais de 15 mm, o que corresponde a um atendimento de 20%, enquanto entre as 11 calçadas com basalto regular o atendimento foi de 45,45%. Devido ao pequeno número de calçadas avaliadas, estes dados não tem relevância estatística e são apenas indicativos. Pelo mesmo motivo, não é possível comparar o resultado de apenas uma calçada avaliada com revestimento de placa de concreto, que não atendeu a este critério.

5.3.1.9 Firmeza

Das 17 calçadas avaliadas durante o estudo de caso, 12 apresentaram peças soltas no revestimento e, portanto, não oferecem firmeza para o caminhar em segurança dos seus usuários. O percentual de atendimento foi de 29,41%.

Foi observada uma maior ocorrência de peças soltas no revestimento ao redor de instalações como caixas de inspeção (figura 78a), frades (figura 78b), placas de sinalização e, como era esperado, nos acessos de veículos (79a e b).

Figura 78 – (a) Peças de revestimento soltas ao redor do ponto de instalação de um frade quebrado (b) Peça solta ao redor de uma tampa de caixa de inspeção com bom acabamento.



(a)

(b)

Figura 79 – (a) e (b) Peças soltas no caminho percorrido por veículos sobre calçadas.



(a)

(b)

5.3.1.10 Ausência de obstáculos

Das 17 calçadas avaliadas, 8 não possuem nenhum obstáculo à livre circulação de pessoas, portanto, o percentual de atendimento a este critério foi de 47,05%. A seguir, nas figuras 80 a 82, alguns dos obstáculos encontrados durante as vistorias.

Na figura 80, vê-se um poste localizado no meio da calçada, quando o correto seria estar junto ao meio-fio. A escada, à esquerda na foto, pode facilmente causar um acidente por tropeço. Ela deveria começar dentro do lote. A lixeira do tipo contêiner ocupa um grande espaço da calçada, mas está corretamente localizada, junto ao meio-fio, e a faixa remanescente é suficiente à circulação. Ainda assim, o ideal seria que ela estivesse fora da calçada.

Figura 80 – Dois obstáculos: poste localizado no meio da calçada e escada avançando sobre a calçada. A lixeira está corretamente posicionada.



Na 81, pode-se ver uma calçada em obras de reparo, em uma situação distante da ideal, com materiais e utensílios espalhados pelo chão. Mesmo durante esse processo, é necessário manter a calçada livre de obstáculos.

Figura 81 – Diversos obstáculos na calçada durante o seu reparo.



Na figura 82a, um abrigo de parada de ônibus ocupa quase a totalidade da largura da calçada. Considerando-se que um grupo de pessoas pode esperar o ônibus ao mesmo tempo ali, fica claro como o abrigo obstrui a passagem. Em 82b, pode-se visualizar resquícios de um semáforo desativado (poste metálico) estreitando a passagem de uma rampa.

Figura 82 – (a) Abrigo de ônibus ocupando grande parte da largura da calçada. (b) Poste metálico estreitando a passagem em uma rampa.



(a)



(b)

5.3.1.11 Segregação em relação à via

Apenas uma das calçadas vistoriadas não foi considerada segregada da via, pois possui rebaixo para acesso de veículos em toda a sua extensão, ou seja, é compartilhada por pedestres e veículos.

A entrada e saída de veículos são frequentes, por tratar-se de um estabelecimento comercial expressivo, um supermercado. Além do estacionamento de veículos sobre o recuo de jardim, há um estacionamento no subsolo, também com acesso pela calçada.

O rebaixo do meio-fio não é definido, não se limitando à faixa de serviço e invadindo a faixa livre de circulação, como pode ser visto na figura 83. Além disso, a entrada e saída de veículos não é sinalizada (não possui alarme sonoro-visual).

Figura 83 – Calçada com acesso de veículos ao longo de toda a sua extensão.



Dessa maneira, não fica claro o espaço destinado à circulação de pessoas, o que pode gerar conflito e acidentes. O atendimento a este critério foi de 94,11 %.

5.3.1.12 Desnível em relação à via

Nenhuma das calçadas avaliadas apresentou desnível em relação à via dentro dos limites adequados, ou seja, o critério teve 0% de atendimento. O limite máximo de 15 cm de altura foi ultrapassado em 4 calçadas. Já o limite mínimo de 12 cm não foi cumprido em nenhuma das 17 calçadas, o que significa que em todas as calçadas pelo menos um trecho de meio-fio está com a altura menor do que a proposta por este trabalho.

A figura 84 mostra uma calçada em que o limite de 15 cm de altura foi ultrapassado, exatamente no ponto de travessia, onde deveria haver uma rebaixo de meio-fio.

Figura 84 – Meio-fio com altura superior a 15 cm.



A figura 85 mostra um dos casos em que a altura mínima de 12 cm não é atingida, provavelmente devido aos sucessivos recapeamentos do revestimento de asfalto da pista de rolamento.

Figura 85 – Meio-fio com altura variável e inferior a 12 cm.



Os rebaixos de meio-fio (para acesso de veículos ou para travessia de pessoas) não entram nesse critério e sua altura não foi avaliada neste trabalho.

5.3.1.13 Rebaixo para acesso de veículos adequado

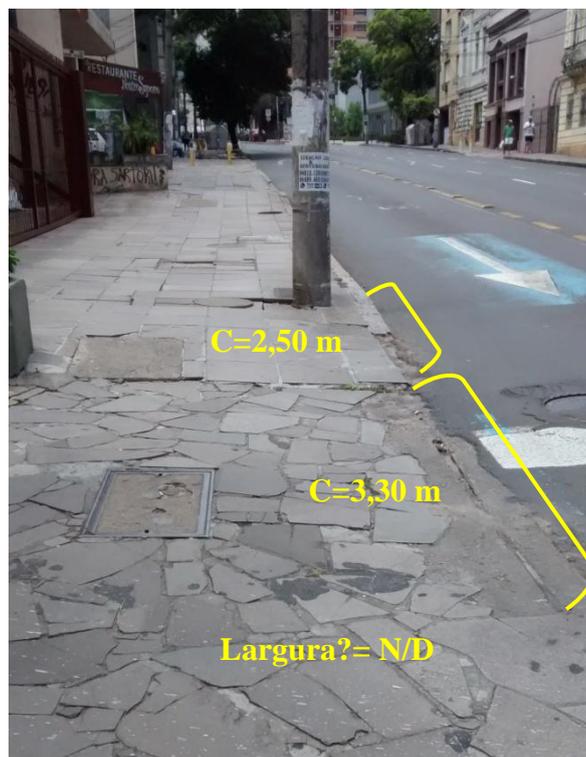
Das 17 calçadas do estudo de caso, 12 possuem rampas com rebaixo de meio-fio para acesso de veículos. Nenhuma das calçadas avaliadas possui rampa respeitando os parâmetros de largura e comprimento máximos, por isso o atendimento a este critério foi de 0%.

Considerando-se separadamente os parâmetros, tem-se que o atendimento à largura máxima foi de 8,33%. A maior largura encontrada, que deve ser de até 0,60 m, foi de 1,20m. Além de rampas com largura acima do permitido, foi detectada outra não conformidade, a largura não definida. Cinco das 12 rampas apresentaram o problema. O desnível entre a via e a calçada deve ser resolvido nestes 60 cm e não avançar sobre a faixa livre, o que prejudica a inclinação transversal.

Analisando-se somente o comprimento das rampas, o atendimento foi de 41,66%. É importante observar-se que se fosse adotado o parâmetro mais exigente, da NBR 12255 (ABNT, 1990), de apenas 3,00 m de comprimento como máximo, apenas uma das rampas avaliadas seria considerada adequada, com 2,50 m de comprimento, sendo que a mesma encontra-se ao lado da rampa do lote vizinho, a segunda menor rampa encontrada (com 3,30 m), resultando, na prática, a soma das duas, em uma largura

maior (figura 86). Estes dados podem ser interpretados como um indício de que 3,00 m é um valor baixo e que a opção por adotar o limite da lei municipal (50% da testada do lote, até 7,00 m) está correta.

Figura 86 – Continuidade entre rampas em calçadas vizinhas, ambas sem largura definida.

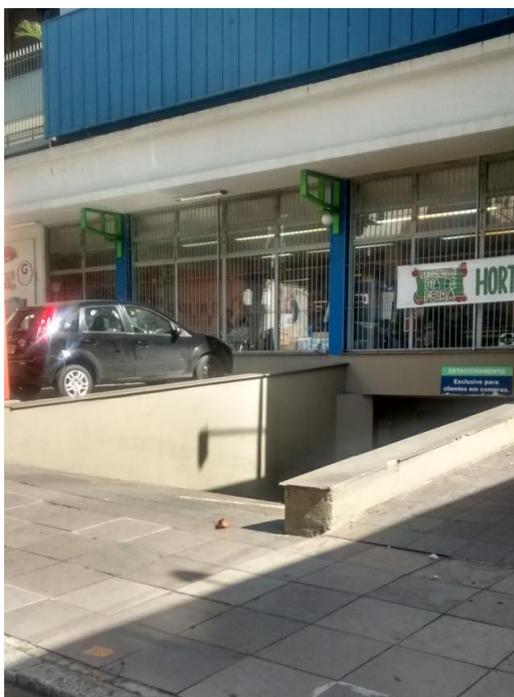


Além disso, no mesmo lote, e sem respeitar a distância exigida de 5,00 m entre duas rampas na mesma calçada, há outra de 10,00 m. Esta distância de 5,00 m é exigida para que seja possível estacionar um carro entre as duas rampas. No outro caso em que há duas rampas na mesma calçada, o intervalo de 5,00 m foi respeitado.

5.3.1.14 Alarme de entrada e saída de veículos

Foram encontradas 5 calçadas que possuem acesso de veículos sem alarme sonoro-visual instalado entre as 17 avaliadas, como a que é mostrada na figura 87a. Das 17 calçadas, 5 não possuem acesso para veículos e, portanto, o critério não se aplica a elas. As outras 7 calçadas com acesso de veículos possuem alarme do tipo sonoro-visual, como o da figura 87b.

Figura 87 – (a) Acesso ao estacionamento de um supermercado sem alarme sonoro-visual instalado e (b) Saída do estacionamento de um estabelecimento bancário com alarme sonoro-visual instalado.



(a)



(b)

O percentual de atendimento deste critério foi de 58,33%, desconsiderando-se os casos em que o critério não se aplica. Contudo, é importante relatar que o funcionamento dos equipamentos de alarme não foi verificado.

Adicionalmente, este critério foi verificado nas outras calçadas do trecho, totalizando 65 calçadas, a fim de se aprofundar o conhecimento sobre o tema, tão pouco abordado na literatura encontrada, e considerando-se a facilidade de inspeção.

Das 65 calçadas, 33 possuem acesso para veículos, sendo que somente 12 com alarme instalado. Portanto, o resultado foi pior, com 21 calçadas não conformes, ou seja, apenas 36,36% de atendimento.

5.3.1.15 Ausência de superfícies, arestas e vértices contundentes

O atendimento a este critério foi de 76,47%. Foram encontradas superfícies, arestas ou vértices contundentes em 4 das 17 calçadas avaliadas, e as não conformidades são mostradas a seguir (figuras 88 e 89).

Na figura 88a, uma tampa de caixa de inspeção feita de concreto com superfície excessivamente rugosa, ou seja, contundente em potencial, podendo causar escoriações em caso de queda de uma pessoa no local. Já a figura 88b mostra um guarda corpo danificado, com vértices que podem causar perfurações em caso de choque acidental.

Figura 88 – (a) Tampa de caixa de inspeção com excesso de rugosidade (b) Tela de fechamento de guarda corpo danificada.



(a)



(b)

Na figura 89, dois casos em que a falta de cuidado com o acabamento pode gerar lesões (contusões e hematomas) em caso de choque, com placas de basalto apresentando cantos e arestas vivas. Nesses casos, o acabamento deveria ser boleado, com os cantos todos arredondados.

Figura 89 – (a) Escada revestida por placas de basalto com arestas e cantos vivos. (b) Muro na beira da calçada com pingadeira em basalto, igualmente com arestas e cantos vivos.



(a)



(b)

5.3.1.16 Ausência de vegetação com espinhos

O atendimento a este critério foi de 82,35%, com 3 casos de vegetação com espinhos nas calçadas do estudo de caso. Os casos encontrados são mostrados nas figuras 90 e 91.

Figura 90 – Vegetações com espinhos plantadas em canteiros.



(a)

(b)

Figura 91 – Espécie conhecida como coroa-de-cristo.



Cabe a observação de que a amostra do estudo de caso provavelmente não seja representativa das calçadas da cidade, pois há poucos canteiros na avenida.

5.3.1.17 Largura da faixa livre

O fluxo de pedestres por minuto foi verificado em 3 pontos da avenida (localizados no trecho do estudo de caso) em dois horários de maior movimento em um dia útil, durante

5 minutos, e, como pode ser visto na tabela 3, o resultado ficou abaixo de 25 pessoas por minuto. Isto significa que o fluxo nas calçadas avaliadas é baixo e, portanto, a largura mínima recomendada é 1,20 m.

Tabela 3 – Medição do fluxo de pedestres no trecho estudado.

Número de pessoas em 5 minutos		
Local de medição	Horário da medição	
	13h30-14h00	18h00-18h30
ponto 1	31	21
ponto 2	15	32
ponto 3	21	41
maior média por minuto = 8,2 pessoas		

O percentual de atendimento a este critério foi de 94,11%, pois a largura mínima de 1,20 m não foi atendida em apenas uma das calçadas avaliadas, que pode ser vista na figura 92.

Figura 92 – Calçada com largura da faixa livre reduzida para 1,02 m devido à presença de frades e rampa de veículos avançando sobre a calçada.



5.3.1.18 Altura da faixa livre

Este critério foi atendido em 70,58% das calçadas do estudo de caso. Das 17 calçadas vistoriadas, 5 possuem algum obstáculo suspenso a menos de 2,40 m do chão na faixa livre ou 2,10 m na faixa de serviço (junto ao meio-fio) ou na faixa de acesso (junto ao

alinhamento). Na figura 93, um caso em que os galhos de uma árvore são o problema, estando, na parte mais baixa, a 1,91 m do piso.

Figura 93 – Árvore com galhos a 1,91 m do piso, constituindo-se em um obstáculo a livre circulação de pessoas.



5.3.1.19 Rampa adequada nos pontos de travessia

O atendimento a este critério foi de 0%. Das 17 calçadas do estudo de caso, 3 devem ter rampa para travessia, duas por se situarem em esquinas e a terceira por ser um ponto de travessia com semáforo para pedestres. As duas da esquina possuem rampa, a de meio de quadra não.

Nas duas rampas existentes, tanto a largura, quanto a inclinação estão inadequadas. A rampa da figura 94 tem 1,30 m e 16,47% de inclinação. A da figura 95 tem 1,20 m de largura e 14,06% de inclinação. O recomendado é no mínimo 1,50 m de largura e no máximo 8,33% de inclinação.

Figura 94 – Rampa para travessia localizada em esquina, com inclinação e largura inadequadas.



Figura 95 – Outra rampa para travessia, igualmente localizada em esquina, com inclinação e largura inadequadas.



5.3.1.20 Sinalização tátil no piso

O atendimento a este critério foi de 0%, ou seja, nenhuma das calçadas avaliadas apresentou sinalização tátil no piso adequada. Nenhuma das 17 calçadas possui piso tátil

de direção e apenas uma possui piso tátil de alerta instalado (figura 96), o que representa apenas 7,14%.

Figura 96 – Sinalização tátil de alerta no piso de uma calçada. (a) Canteiro com árvore sinalizado. (b) Rampa para acesso de veículos sinalizada.



(a)

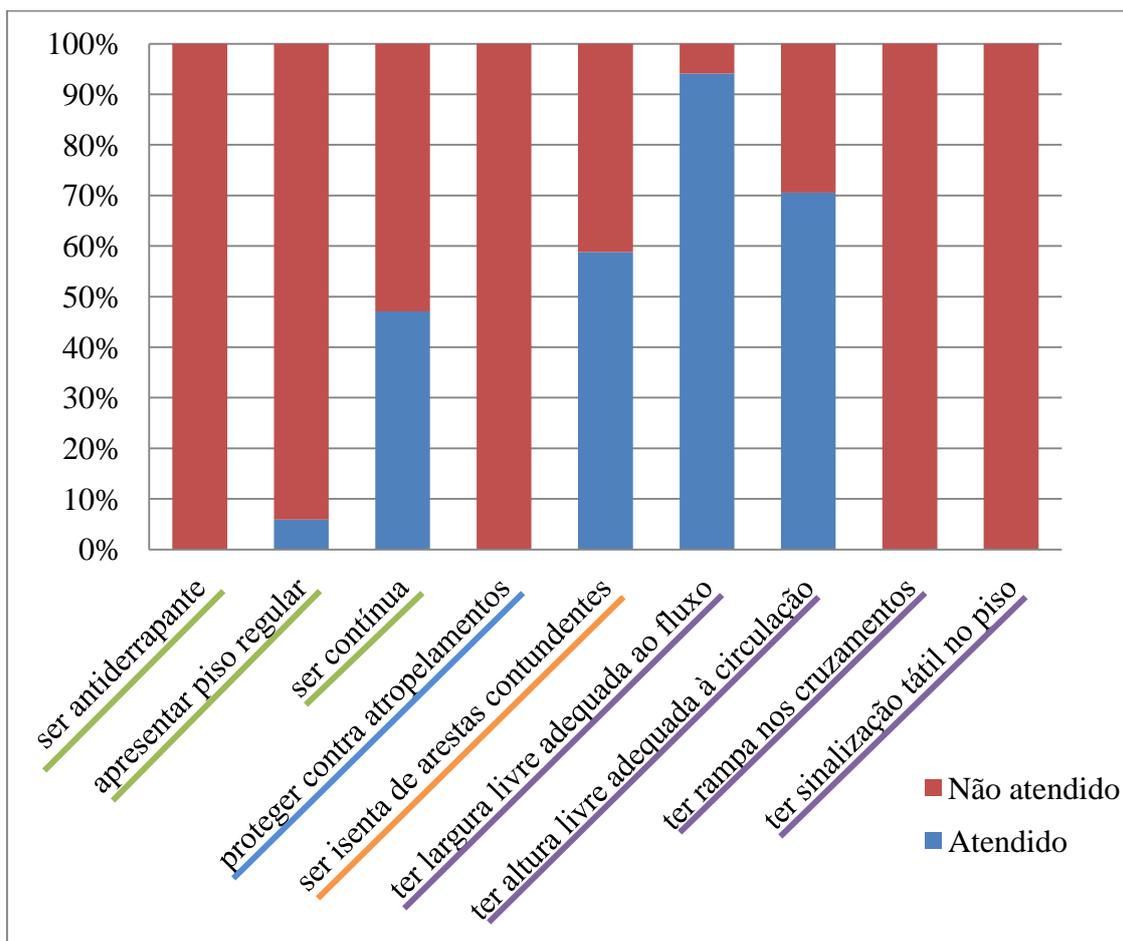
(b)

É importante esclarecer que a sinalização tátil de alerta não é sempre necessária. Das 17 calçadas do estudo de caso, 3 não continham obstáculos ou rebaixos de meio-fio e, portanto, não necessitavam de sinalização tátil de alerta, somente de direção.

5.3.2 Atendimento aos requisitos

Para avaliação do atendimento aos requisitos de segurança nas calçadas do estudo de caso, foram analisados os critérios correspondentes em conjunto, em cada uma das 17 calçadas. Quando pelo um ou mais critérios de um mesmo requisito não foi atendido, a calçada foi considerada não conforme em relação a esse requisito. Os resultados são apresentados no gráfico a seguir (figura 97).

Figura 97 – Percentual de calçadas do estudo de caso que atenderam aos critérios de cada requisito.



5.3.2.1 Atendimento ao requisito “Ser antiderrapante”

Nenhuma das calçadas do estudo de caso atendeu aos 5 critérios que compõem este requisito. O critério mais atendido (100%) foi a resistência ao escorregamento. O menos atendido foi o de inclinação transversal máxima (até 3% de inclinação), com 29,41% das calçadas em conformidade.

Utilizando-se o número de critérios atendidos como parâmetro, as calçadas que foram melhor avaliadas em relação a ser antiderrapante, atenderam a 4 dos 5 critérios, foram 7 calçadas. As não conformidades encontradas nestas calçadas dizem respeito à inclinação.

Já quanto ao pior desempenho em relação a ser antiderrapante, sob o mesmo parâmetro de número de critérios atendidos, a calçada com pior desempenho atendeu apenas ao critério da resistência ao escorregamento.

5.3.2.2 Atendimento ao requisito “Apresentar piso regular”

Apenas uma das 17 calçadas atendeu aos quatro critérios (ausência de desníveis, ausência de saliências e reentrâncias, frestas até 15 mm e firmeza), ou seja, pode-se dizer que apenas 5,88% das calçadas avaliadas apresentam piso regular. Como piores resultados, 7 das 17 calçadas apresentaram desempenho semelhante, não atendendo a 3 dos 4 critérios, pois possuem saliências e reentrâncias, frestas acima do máximo e peças soltas.

O critério mais atendido foi o de ausência de desníveis (94,11%) e o menos atendido o de ausência de peças soltas (29,41%).

5.3.2.3 Atendimento ao requisito “Ser contínua”

Este requisito tem um único critério, a ausência de obstáculos, e seu atendimento foi de 47,05%.

5.3.2.4 Atendimento ao requisito “Proteger contra atropelamentos”

Como nenhuma calçada atendeu ao critério de altura do meio-fio, tendo todas apresentado meio-fio menor do que 12 cm, o requisito também não foi atendido. Em 5 calçadas este foi o único critério não atendido.

A pior calçada em relação à proteção contra atropelamentos não atendeu a nenhum dos quatro critérios (segregação, desnível em relação à via, rebaixo para acesso de veículos adequada e alarme sonoro-visual).

5.3.2.5 Atendimento ao requisito “Ser isenta de superfícies, arestas e vértices contundentes”

Com dois critérios (ausência de superfícies, arestas e vértices contundentes e ausência de vegetação com espinhos), este requisito teve atendimento de 58,8% entre as calçadas do estudo de caso.

5.3.2.6 Atendimento ao requisito “Ter largura livre adequada ao fluxo”

Este requisito tem um único critério, a largura da faixa livre de circulação. O atendimento a este requisito foi bastante elevado, de 94,11%.

5.3.2.7 Atendimento ao requisito “Ter altura livre adequada à circulação”

Este requisito tem um único critério, a altura da faixa livre, cujo atendimento foi de 70,58%. É a segunda taxa de atendimento mais elevada entre os requisitos verificados na avaliação.

5.3.2.8 Atendimento ao requisito “Ter rampa nos cruzamentos”

Nenhuma calçada vistoriada no estudo de caso atendeu a este requisito. Entretanto, é importante salientar que o reduzido tamanho da amostra (apenas 3 calçadas em que o critério único se aplica) não permite que se tire conclusões a respeito.

5.3.2.9 Atendimento ao requisito “Ter sinalização tátil no piso”

Assim como o requisito anterior, igualmente referente à acessibilidade, este requisito não foi atendido por nenhuma das 17 calçadas do estudo de caso.

5.3.3 Avaliação das calçadas do estudo de caso

Avaliando-se a segurança de cada calçada individualmente, o que é o objetivo principal do instrumento, constatou-se que nenhuma calçada foi aprovada quanto à segurança em uso. Os critérios adotados são todos de caráter eliminatório, ou seja, não há tolerância. Para ser considerada segura e aprovada, a calçada deve obrigatoriamente atender a todos os critérios, já que os mesmos apresentam níveis mínimos admissíveis, além de premissas a serem cumpridas.

Na tabela 4, são apresentados os resultados de cada calçada em relação ao número de critérios atendidos. Entre os piores desempenhos, destaca-se a calçada da Ficha de Vistoria nº 01 (apêndice C), com apenas 38,88% de critérios atendidos. Já o melhor resultado foi da Ficha de Vistoria nº 05, com uma taxa de atendimento aos critérios de 68,42%, ainda assim, longe do ideal de 100%.

Tabela 4 – Número de critérios atendidos e taxa de atendimento em cada calçada do estudo de caso.

DESEMPENHO DAS CALÇADAS - Critérios			
Nº endereço	Nº Ficha	Critérios atendidos/ aplicáveis	Taxa de atendimento (%)
736	01	7/18	38,88
739	02	11/18	61,11
749	03	11/17	64,70
755	04	11/17	64,70
766	05	13/19	68,42
769	06	10/19	52,63
776	07	10/19	52,63
779	08	09/19	47,36
796	09	09/17	52,94
798	10	11/19	57,89
820	11	08/20	40,00
832	12	10/19	52,63
850	13	09/19	47,36
860	14	10/19	52,63
876	15	08/19	42,10
890	16	10/19	52,63
900	17	10/19	52,63
Taxa média de atendimento			53,01

De modo consequente, os requisitos de segurança também não foram cumpridos integralmente em nenhuma calçada avaliada. A calçada com pior resultado foi a da ficha de vistoria nº 01, com apenas 1 requisito cumprido (largura mínima da faixa livre de circulação), o que representa 11,11%. A taxa mais alta foi de 50%, alcançada por 5 das calçadas, como consta na tabela 5.

Tabela 5 – Número de requisitos de desempenho atendidos e taxa de atendimento em cada calçada do estudo de caso.

DESEMPENHO DAS CALÇADAS - Requisitos			
Nº endereço	Nº Ficha	Requisitos cumpridos/ aplicáveis	Taxa de atendimento (%)
736	01	1/9	11,11
739	02	2/9	22,22
749	03	3/8	37,50
755	04	4/8	50,00
766	05	4/8	50,00
769	06	4/8	50,00
776	07	2/8	25,00
779	08	1/8	12,50
796	09	4/8	50,00
798	10	3/8	37,50
820	11	2/9	22,22
832	12	4/8	50,00
850	13	3/8	37,50
860	14	3/8	37,50
876	15	2/8	25,00
890	16	2/8	25,00
900	17	3/8	37,50
Taxa média de atendimento			34,15

Logo, nenhuma calçada atendeu às quatro exigências dos usuários (segurança ao risco de quedas, segurança ao risco de atropelamentos, segurança ao risco de lesões por choque e acessibilidade) ao mesmo tempo. A única exigência dos usuários atendida foi a de segurança ao risco de lesões por choque, em 10 calçadas do estudo de caso.

5.4 DISCUSSÃO

Durante a análise dos dados, foi possível perceber que as calçadas do estudo de caso, de um modo geral, são impróprias para o uso, pois não apresentam a segurança necessária, oferecendo riscos aos seus usuários.

Sobre o instrumento, é importante dizer que a sua avaliação é de caráter eliminatório e absoluto, e não classificatório. O número de critérios e requisitos atendidos ou não, análise que foi feita no item 5.3.3, pode trazer indícios sobre a qualidade da calçada, mas não é uma reprodução fiel. Não é possível, por exemplo, afirmar que uma calçada

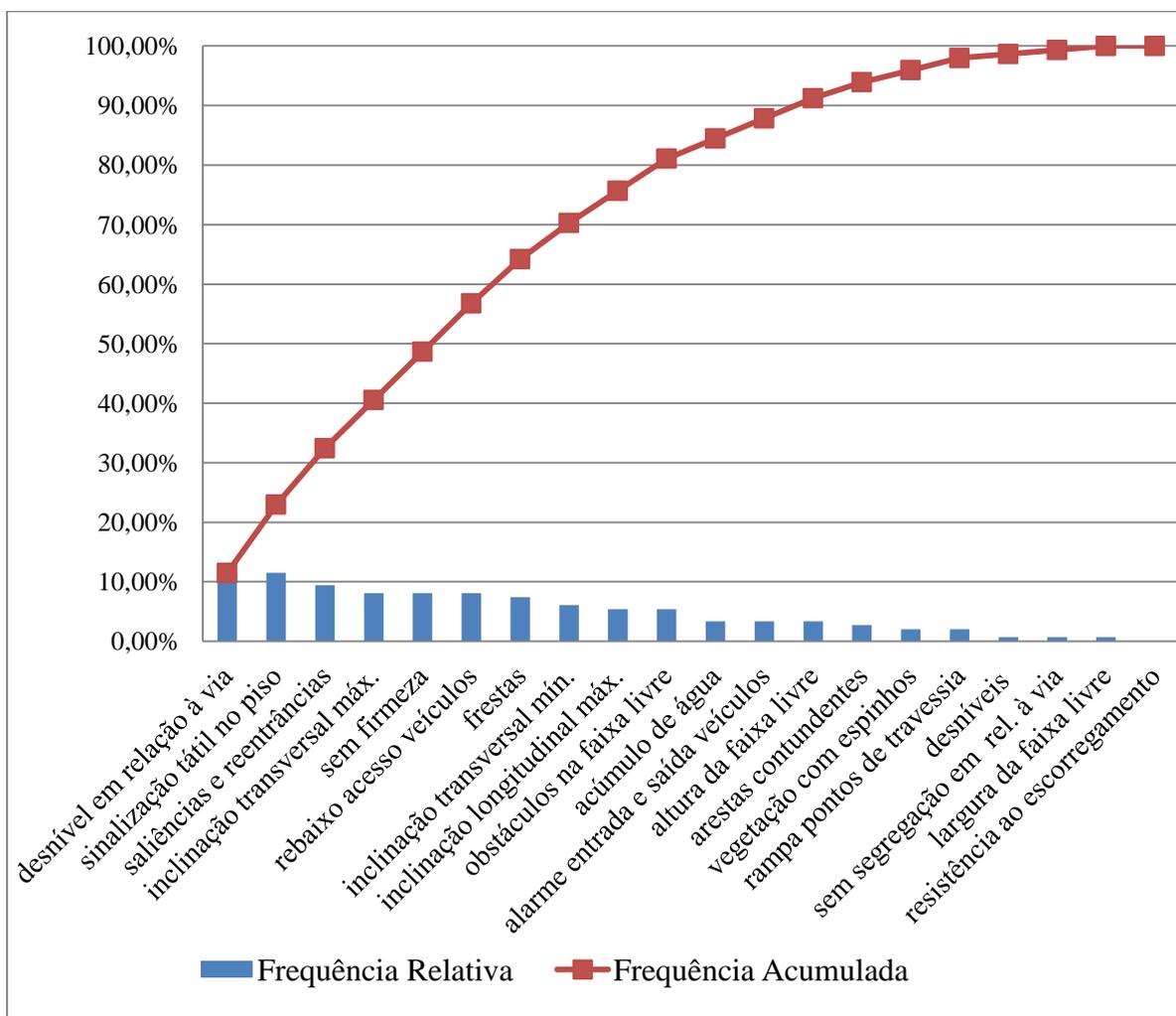
que atendeu a menos critérios é mais perigosa do que a que atendeu a um número maior. Isto porque não foram atribuídos valores a cada critério. Poderia ser atribuído um peso a cada critério e às condições agravantes de risco, de acordo com a seriedade da possível lesão, por exemplo. Ou faixas para classificação da não conformidade como grave ou gravíssima, conforme o quanto o valor encontrado se distancia do mínimo admissível. O instrumento elaborado, portanto, indica se a calçada é segura ou não e em caso negativo, o que deve ser corrigido para que se torne.

Outra análise feita a partir dos resultados da aplicação experimental é a de frequência das não conformidades, de acordo com os critérios. Foi elaborado um Diagrama de Pareto, que ordena as não conformidades segundo a sua frequência de ocorrência. Para que seja possível visualizar de forma clara, as frequências relativas e acumuladas também são apresentadas na tabela 6, que deu origem ao Diagrama (figura 98).

Tabela 6 – Frequência das NÃO conformidades encontradas nas calçadas do estudo de caso.

Não conformidades	Frequência Relativa (%)	Frequência Acumulada (%)
desnível em relação à via	11,49%	11,49%
sinalização tátil no piso	11,49%	22,97%
saliências e reentrâncias	9,46%	32,43%
inclinação transversal máxima	8,11%	40,54%
sem firmeza	8,11%	48,65%
rebaixo acesso veículos	8,11%	56,76%
frestas	7,43%	64,19%
inclinação transversal mínima	6,08%	70,27%
inclinação longitudinal máxima	5,41%	75,68%
obstáculos na faixa livre	5,41%	81,08%
acúmulo de água	3,38%	84,46%
alarme entrada e saída veículos	3,38%	87,84%
altura da faixa livre	3,38%	91,22%
arestas contundentes	2,70%	93,92%
vegetação com espinhos	2,03%	95,95%
rampa pontos de travessia	2,03%	97,97%
desníveis	0,68%	98,65%
sem segregação em relação à via	0,68%	99,32%
largura da faixa livre	0,68%	100,00%
resistência ao escorregamento	0,00%	100,00%
TOTAL	100%	

Figura 98 – Diagrama de Pareto das NÃO conformidades encontradas nas calçadas do estudo de caso.



Como pode-se ver na tabela 6 e na figura 98 de forma gráfica, 10 critérios, ou seja metade, são responsáveis por mais de 80% das não conformidades (81,08%), enquanto a outra metade é responsável por menos de 20% das ocorrências. Além disso, tem-se que apenas 6 dos 20 critérios são responsáveis por mais de 50% das não conformidades (56,76%).

Ao analisar os dados do Diagrama de Pareto elaborado, é possível afirmar que se fossem corrigidos os problemas relativos ao desnível em relação à via (altura do meio-fio), sinalização tátil, saliências e reentrâncias, inclinação transversal, firmeza (peças soltas) e as rampas com rebaixo para acesso de veículos, haveria uma redução de mais de 50% das não conformidades existentes nas calçadas do estudo de caso. Portanto,

esses seis critérios com maior frequência de não atendimento são os que devem ser priorizados em caso de busca de melhoria da situação das calçadas.

O ideal é que todas as não conformidades sejam corrigidas e, conseqüentemente, todos os critérios, requisitos e exigências sejam atendidos, entretanto, o diagrama fornece dados para que quando não for possível resolver a totalidade dos problemas existentes, seja possível concentrar esforços de forma mais eficiente.

Analisando-se os dados do estudo de caso, não é possível estabelecer um requisito que tenha se destacado em relação aos demais em termos de frequência de descumprimento dos seus critérios. Dos seis primeiros, responsáveis por 50% das falhas, dois critérios (desnível em relação à via e firmeza) se referem ao requisito “Proteger contra atropelamentos”, um é o critério do requisito “Ter sinalização tátil no piso”, dois são do requisito “Apresentar piso regular” (saliências e reentrâncias e firmeza) e um critério faz parte do requisito “Ser antiderrapante” (inclinação transversal máxima). Alguns dos critérios foram percebidos como mais complexos e os seus aspectos serão comentados a seguir.

A questão da inclinação longitudinal máxima das calçadas não foi exaurida com o estudo de caso, pois permanece o conflito entre o limite acessível e seguro e o que existe nas ruas de Porto Alegre. Contudo, pode-se afirmar que as calçadas com inclinação longitudinal superior a 5%, mas contíguas à via, não são seguras nem acessíveis, mas sim seguras dentro do possível. Talvez seja necessário a quebra de paradigmas do planejamento urbano e traçado viário, com emprego de soluções diferentes das que estamos habituados a ver nas cidades brasileiras.

Outro critério do qual o não atendimento é causado não apenas pela má-execução ou conservação da calçada é a altura do meio-fio. O principal problema encontrado foi com o limite inferior, de 12 cm. A alta frequência desta não conformidade pode ser atribuída às sucessivas recapagens do revestimento de asfalto da pista de rolagem, que reduzem o desnível entre a calçada e a via. Quando confirmada a causa do problema como sendo esta, a solução deve ser dada pela Administração Municipal e não pelo proprietário do lote.

Foi observada a prevalência de desrespeito ao limite de inclinação transversal máxima nos trechos de sobreposição entre faixa livre e acesso de veículos, bem como rampas

para acesso de veículos inadequadas, sem alarme de sinalização, e isso demonstra falta de cuidado com o pedestre. É importante que fique claro visualmente que a calçada é um espaço do pedestre e que a preferência sempre é dele, ficando os veículos em segundo plano. A segregação pode ser utilizada com este objetivo, com instalação de guarda-corpos, por exemplo.

Sobre a avaliação da resistência ao escorregamento, é importante esclarecer que a influência da inclinação longitudinal não foi investigada nesta pesquisa. Mesmo que tenham sido escolhidas calçadas com pequena inclinação para a realização dos ensaios e o equipamento tenha sido nivelado conforme instruções da norma, não é possível afirmar que não exista influência significativa nos resultados. Ainda, é preciso encontrar um método de avaliação para as calçadas que tenham inclinações superiores.

Sobre a existência de frestas maiores que o recomendado, visto que elas foram encontradas em juntas não preenchidas do revestimento e em volta das tampas de caixa de inspeção, um caminho para a prevenção seria a especificação de juntas de no máximo 15 mm, pois assim, mesmo que o rejunte se degrade, formando frestas, estas serão menores do que o máximo. Deste modo, seria necessário já prever isto no projeto da calçada, pois as juntas devem ser dimensionadas de acordo com os materiais empregados, dimensões das placas de revestimento, entre outros. Para facilitar o controle de dimensão das frestas na execução, é indicada a utilização de basalto regular em detrimento do irregular. Além disso, devem ser especificadas tampas com quadro metálico, que apresentam melhor acabamento e encaixe.

Grande parte dos obstáculos encontrados foi instalada na calçada pelo Poder Público e neste caso não são de responsabilidade do proprietário. Como exemplo, podem ser citados postes, placas, semáforos e abrigos de parada de ônibus.

A questão da acessibilidade nas calçadas ainda tem muito a avançar, apesar de já ser exigida há alguns anos. No estudo de caso foi muito baixo o atendimento a esta exigência, principalmente aos requisitos de sinalização tátil no piso e rampas nos pontos de travessia, o que é preocupante. Uma sugestão que pode ser estudada para que a gradual implantação de piso tátil e rampas nas calçadas seja satisfatória, é o fornecimento de um documento da Prefeitura para o proprietário do imóvel com as diretrizes para construção ou adaptação da calçada de acordo com acessibilidade. Neste

documento, seriam informadas as diretrizes como largura e posição da faixa livre de circulação, da faixa de sinalização tátil de direção e das rampas de rebaixo nos pontos de travessia. Isso proporcionaria continuidade entre as calçadas e alinhamento entre as rampas.

Com a quantidade de não conformidades encontradas e a baixa taxa de atendimento aos requisitos ficou clara a complexidade do tema. Ao contrário do que se pode pensar, a execução de uma calçada não é uma tarefa simples. Ela exige planejamento, projeto, materiais adequados e boa mão de obra. Portanto, é essencial a participação de um técnico (técnico em edificações, engenheiro civil ou arquiteto).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme estabelecido inicialmente nesta pesquisa, foi elaborado um instrumento de avaliação de segurança em uso para calçadas, tendo sido utilizada a abordagem de desempenho.

Durante a realização da pesquisa bibliográfica, não foi encontrado documento com os requisitos para calçadas de forma unificada, tendo sido necessário consultar diversas fontes.

Dentre as exigências dos usuários, foram identificadas aquelas que dizem respeito especificamente à segurança em uso e após foram definidos os requisitos e os critérios. Dando continuidade à abordagem de desempenho, foram propostos níveis e métodos para avaliação desses critérios. Além disso, foram identificadas duas condições agravantes de risco: a formação de biofilme e a presença de detritos na calçada, referentes aos critérios da resistência ao escorregamento e das inclinações longitudinal e transversal máximas.

Com exceção da iluminação artificial, todos os critérios identificados foram incluídos no instrumento de avaliação. Da mesma forma, todos os critérios foram avaliados nas calçadas do estudo de caso (exceto a iluminação).

A pesquisa exploratória sobre o método de avaliação da resistência ao escorregamento, com o ensaio do Pêndulo Britânico foi realizada e o método se mostrou eficiente, porém com a limitação da declividade das calçadas, que já era conhecida.

A partir do método proposto, foi avaliado o desempenho das calçadas do estudo de caso. As possibilidades de leitura e análise dos dados coletados são inúmeras e no capítulo 5 foram feitas algumas delas, confirmando-se o problema da má conservação das calçadas existentes.

Uma cópia do instrumento de avaliação será entregue à AMABI (Associação dos moradores e Amigos do Bairro Independência), juntamente a um relatório das falhas das calçadas do trecho estudado.

Procurou-se, com o trabalho desenvolvido, contribuir para o projeto e construção de calçadas seguras. Ao mesmo tempo, buscou-se reforçar o conceito de que investir em infraestrutura e bem-estar da população é a melhor maneira de economizar gastos com saúde e transporte e tornar a cidade mais atrativa e conveniente aos seus cidadãos.

As calçadas podem ser verdadeiras armadilhas para os seus usuários. Muito esforço dos órgãos competentes, sociedade em geral e técnicos deve ser feito no sentido de torná-las adequadas. Sabendo-se que há uma grande distância entre conceber calçadas em que as pessoas possam caminhar e conceber calçadas em que as pessoas queiram caminhar, com esta pesquisa buscou-se colaborar com o primeiro passo.

A seguir, são apresentadas as conclusões obtidas ao final desta pesquisa, bem como sugestões para trabalhos futuros sobre o tema.

6.1 CONCLUSÕES

O método de pesquisa proposto mostrou-se adequado à elaboração de um instrumento de avaliação.

O instrumento elaborado mostrou-se eficiente na aquisição, processamento e registro de dados. Os níveis mínimos propostos se mostraram adequados, porém faltam parâmetros para avaliar a inclinação máxima quando decorrente da topografia do sítio e também para a iluminação artificial adequada, questões que precisam ser aprofundadas. Igualmente, os métodos de avaliação propostos se mostraram adequados, com a ressalva para a avaliação da resistência ao escorregamento através do ensaio do Pêndulo Britânico, que se mostrou eficiente apenas para calçadas relativamente planas.

Os resultados obtidos na aplicação experimental dizem respeito, única e exclusivamente, à amostra em questão. Sendo assim, a partir do levantamento realizado *in loco*, pode-se afirmar que existem grandes deficiências referentes à segurança das calçadas do trecho da Av. Independência estudado para os seus usuários.

Esta constatação se mostrou independente do material de revestimento, posição (esquina ou meio de quadra) ou extensão da calçada, visto que nenhuma das calçadas avaliadas foi aprovada.

A calçada com pior desempenho atendeu a apenas 38,88% dos critérios. Já o melhor resultado foi de uma calçada com taxa de atendimento aos critérios de 68,42%, ainda assim, longe do ideal de 100%. Entretanto, o instrumento elaborado não possibilita afirmar que a primeira calçada é menos segura do que a segunda, já que não foram atribuídos pesos aos critérios.

Dentre os critérios mais descumpridos, apontam-se: “Desnível em relação à via”, “Rebaixo para acesso de veículos adequado”, “Rampa adequada nos pontos de travessia” e “Ter sinalização tátil no piso”, que não foram atendidos em nenhuma das calçadas do estudo de caso.

Da mesma maneira, alguns requisitos não foram atendidos em nenhuma das 17 calçadas avaliadas, sendo eles “Ser antiderrapante”, “Proteger contra atropelamentos”, “Ter rampa nos cruzamentos” e “Ter sinalização tátil no piso”.

Por outro lado, os critérios “Resistência ao escorregamento”, “Sem desníveis”, “Segregação em relação à via” e “Largura da faixa livre” obtiveram uma taxa de atendimento superior a 90%. Entre os requisitos, os mais atendidos foram “Ter largura livre adequada ao fluxo” e “Ter altura livre adequada à circulação”, ambos referente à acessibilidade.

A condição agravante de risco “Formação de biofilme” não foi encontrada nas calçadas do estudo de caso, o que não significa que não seja comum em calçadas de um modo geral. Já a “Presença de detritos”, foi identificada em 11 das 17 calçadas, o que aponta a necessidade de conscientização da população sobre o respeito à limpeza da cidade.

Em relação às causas dos problemas identificados, estas não foram o foco deste trabalho. Entretanto, diante da quantidade de não conformidades encontradas e a baixa taxa de atendimento aos requisitos, o que denota complexidade, ficou clara a importância da participação de um técnico no projeto e execução de calçadas e é possível apontar a ausência do técnico como uma das prováveis causas.

Ainda, é preciso que o técnico tenha conhecimento dos requisitos a qual uma calçada deve atender, e para isso, primeiramente, é fundamental a elaboração de um documento, preferencialmente uma Norma Técnica, que reúna todas as informações necessárias para o projeto de calçadas.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, com o avançar dos estudos sobre o tema, novas questões foram surgindo, porém, devido às limitações de uma dissertação, não foram desenvolvidas, ficando estas como sugestões para trabalhos futuros:

- a) desenvolver estudo que englobe outros aspectos relativos à qualidade de calçadas, como estética, custo, durabilidade e percepção do usuário;
- b) investigar a influência da inclinação do piso na resistência ao escorregamento, comparando os resultados do ensaio do Pêndulo Britânico realizado em diferentes inclinações de piso;
- c) estudar o requisito relativo à iluminação artificial, incluindo a sua verificação no instrumento. Como sugestão, o critério poderia ser avaliado somente em caso de dúvida ou denúncia, já que demanda um equipamento específico e deve ser feito em horário noturno;
- d) validar o instrumento elaborado, com ampliação dos testes;
- e) aprimorar o instrumento proposto, estabelecendo-se pesos para cada critério, para que seja possível mensurar a qualidade das calçadas;
- f) propor modelo de documento informativo sobre as diretrizes a serem seguidas na construção de cada calçada em uma via para promoção da acessibilidade, através da continuidade entre calçadas vizinhas e alinhamento de rampas em pontos de travessia;
- g) estabelecer as causas, prevenção e correção de cada não conformidade;
- h) além dos níveis mínimo e máximo admitidos, definir o desejável para cada critério. Por exemplo: “A faixa livre deve ter no mínimo 1,20 m de largura, mas o desejável é acima de 1,50 m.”. Um instrumento deste tipo poderia, inclusive, ser utilizado pela Prefeitura Municipal para incentivar a população a fazer mais do que o mínimo exigido, oferecendo desconto em impostos como contrapartida.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, I. F. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural: Uma análise da relação causa e efeito.** Dissertação de Mestrado em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008. 169 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **ASTM E303 - 93(2013): Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester.** USA, 1993. 5 p.

ASADI-SHEKARI, Z.; MOEINADDINI, M.; SHAH, M. Z. **Pedestrian safety index for evaluating street facilities in urban areas.** *Safety Science*. v. 74. 2015. 14 p.
Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753514003026>> Acesso em: julho 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia prático para a construção de calçadas.** São Paulo, 2015. 14 p. Disponível em:
<<http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/download.php>> Acesso em: maio 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050:** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015. 148 p.

_____. **NBR 12255:** Execução e utilização de passeios públicos. Rio de Janeiro, 1990. 6 p.

_____. **NBR 13749:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013. 8 p.

_____. **NBR 13818:** Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1997. 78 p.

_____. **NBR 15575-1:** Edificações Habitacionais – Desempenho, Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013. 71 p.

_____. **NBR 15575-3:** Edificações Habitacionais – Desempenho, Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013. 42 p.

_____. **NBR 16537: Acessibilidade - Sinalização tátil no piso - Diretrizes para elaboração de projetos e instalação (versão corrigida:2016).** Rio de Janeiro, 2016. 44 p.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. **UNE-ENV 12633: Método de la determinación del valor de la resistencia al deslizamiento de los pavimentos pulidos y sin pulir.** Espanha, 2003. 26 p.

AYRES, T. J.; KELKAR, R. **Sidewalk potential trip points: A method for characterizing walkways.** *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 36, p. 1031-1035. 2006. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016981410600182X>> Acesso em: junho 2015.

BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro.** Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997.

_____. **Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.** Brasília.

_____. **Estatuto da Pessoa com Deficiência.** Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Brasília.

_____. **Lei de Acessibilidade.** Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Brasília.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de Edificações Habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.** Editora Gadioli Cipolla Comunicação. Brasília, 2013. 300 p.

CAMBORIÚ. Prefeitura Municipal. **Lei Complementar Nº 14/08.** Camboriú, 2008.

CAMPANTE, E.F.; SABBATINI, F. H. **O conceito de antiderrapante e o desempenho de pisos cerâmicos.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/170). São Paulo, 1996. 19 p.

CATTANI, A.; TREVISAN, A.; PESAVENTO, S. J. **Olhe por onde você anda: Calçadas de Porto Alegre.** Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007. 120 p.

CERATTI, J. A. P.; NÚÑEZ, W. P. **Estudo de Desempenho de Pavimento Experimental com objetivo de validar método racional de dimensionamento de Pavimentos flexíveis.** Relatório Final. Projeto de Pesquisa CONCEPA – LAPAV. Porto Alegre, 2011. 194 p.

COMISSÃO PERMANENTE DE ACESSIBILIDADE. Secretaria de Habitação e Desenvolvimento Urbano da Prefeitura do Município de São Paulo. **Guia para mobilidade acessível em vias públicas**. São Paulo, 2003. 83 p.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Resolução N° 38/98**. Brasília, 1998.

COSTA, Elmar BONES da (Ed.). **História Ilustrada de Porto Alegre**. Porto Alegre: Já Editores, 1997. 192 p.

DEL MAR, C. P. **Falhas, responsabilidades e garantias na construção civil: identificação e consequências jurídicas**. Editora PINI e Editora Método. São Paulo, 2007. 366 p.

ESPANHA, Ministério de Fomento. Código Técnico de la Edificación. **DA DB-SUA/3 -Documento de Apoyo al Documento Básico – DB-SUA Seguridad de Utilización y Accesibilidad**. Espanha, 2014. 3 p.

ESPANHA, Ministério de Fomento. Código Técnico de la Edificación. **Parte 2: Documentos Básicos (DB) – DB-SUA: Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad**. Espanha, 2010. 63 p.

FERRER, S.; RUIZ, T.; MARS, L. **A qualitative study on the role of the built environment for short walking trips**. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, v. 33, p. 141-160. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847815001187>> Acesso em: agosto 2015.

FONSECA, A. J. M. D. **Avaliação da eficácia de tratamentos convencionais e aplicações alternativas para prevenir a biodeterioração em património cultural**. Dissertação de Mestrado em Conservação e Restauro. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Monte da Caparica, 2009. 61 p.

GARD, G.; LUNDBORG, G. **Pedestrians on slippery surfaces during winter— methods to describe the problems and practical tests of anti-skid devices**. *Accident Analysis and Prevention*, v. 32, p. 455–460. 2000. 6 p. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457599000706>> Acesso em: agosto 2015.

GIBSON, E. J. **Working with the performance approach in building**. *CIB Report*, Publication 64. Working Commission W60. Rotterdam, 1982. 30 p.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e

Saneamento Ambiental. **Manual de Drenagem Urbana – Região Metropolitana de Curitiba PR.** *Plano Diretor de drenagem para a bacia do Rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba.* Curitiba, 2002. 150 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010.** Disponível em <http://mapasinterativos.ibge.gov.br/atlas_ge/brasil1por1.html>. Acesso em 10 jan. 2017.

MANCHESTER, City of. **Code of Ordinances.** Chapter 150: Housing Code. Manchester, 2014. 22 p.

MASCARÓ, J. L. **Loteamentos Urbanos.** Porto Alegre, 2003. 210 p.

MINNEAPOLIS. **Design Guidelines for Streets & Sidewalks.** Chapter 10: Pedestrian Facility Design. Minneapolis, 2009. 61 p.

NATIONAL SAFETY COUNCIL. **Slip, trip and fall prevention will keep older adults safe and independent.** Estados Unidos da América, 2016. Disponível em <<http://www.nsc.org/learn/safety-knowledge/Pages/safety-at-home-falls.aspx>>. Acesso em 17 jan. 2017.

NEW YORK CITY. Department of Transportation. **Street Design Manual.** Updated Second Edition. New York City, 2015. 264 p.

OLIVEIRA, F. H. L.; LOIOLA, P. R. R.; ARAÚJO, S. H. **Análise comparativa entre macrotexturas de pavimentos rodoviários e aeroportuários no estado do Ceará.** 40ª Reunião Anual de Pavimentação. Rio de Janeiro, 2010. 10 p.

PARRA, B. S.; GENNARI, R. C.; MELCHIADES, F. G.; BOSCHI, A. O. **Rugosidade superficial de revestimentos cerâmicos.** Cerâmica Industrial. São Carlos, 2006. 18 p.

PORTLAND. **Code of the City of Portland, Oregon.** Chapter 17.28: Sidewalks, Curbs and Driveways. Portland, 1970.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Cartilha Porto Alegre Acessível para todos.** Porto Alegre, 2007. 10 p.

_____. **Decreto N° 17.302, de 15 de setembro de 2011.** Porto Alegre. 9 p.

_____. Departamento de Esgotos Pluviais; Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Manual de Drenagem Urbana**. *Plano Diretor de Drenagem Urbana*, v. VI. Porto Alegre, 2005. 159 p.

_____. Equipe do Patrimônio Histórico e Cultural de Porto Alegre. **Casa Godoy**. Porto Alegre, [20--]. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smc/usu_doc/historico_casa_godoy1.pdf>. Acesso em: 24 out. 2016. 1 p.

_____. **Guia para uma calçada legal e acessível**. Porto Alegre, 2011. 48 p.

_____. **História dos bairros de Porto Alegre**. Porto Alegre, 2014. 114 p.

_____. **Lei Complementar N° 12**. Porto Alegre, 1975. 29 p.

_____. **Lei Complementar N° 678, de 22 de agosto de 2011**. Porto Alegre, 2011. 29 p.

_____. **Minha calçada: eu curto. Eu cuido**. Porto Alegre, 2013. 10 p.

_____. **Minha calçada: Smov emite notificações a proprietários**. Notícia. Disponível em <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smov/default.php?p_secao=152> Acesso em: agosto 2015.

_____. **Plano Diretor de desenvolvimento urbano ambiental**. Lei Complementar n° 434/99, atualizada e compilada até a L.C. 667/11, incluindo a L.C. 646/10. Porto Alegre, 2010. 154 p.

RICOTTI, R.; DELUCCHI, M.; CERISOLA, G. **A comparison of results from portable and laboratory floor slipperiness testers**. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 39, p. 353-357. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814108001145>> Acesso em: agosto 2015.

SAAD, D. S. **Métodos bioquímicos e moleculares para avaliação da biodeterioração em tintas residenciais**. Tese de Doutorado em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002. 170 p.

SHIRAKAWA, M. A. **Estudo da biodeterioração do concreto por *Thiobacillus***. Dissertação de Mestrado em Ciências na Área de Reatores Nucleares de Potência e Tecnologia do Combustível Nuclear. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994. 121 p.

SILVA, N. R. R. **Avaliação do nível de serviço de calçadas em cidades de porte médio, considerando a percepção de usuários e técnicos.** Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano e Regional. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008. 137 p.

SIMÕES, O. S. **Estudo do desempenho de pisos em edificações habitacionais – Segurança no uso.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2014.

UNITED STATES ACCESS BOARD. **Proposed Accessibility Guidelines for Pedestrian Facilities in the Public Right-of-Way.** Washington, D.C., 2011. 112 p.

SITES CONSULTADOS

<http://aulademedicinallegal.blogspot.com.br/2012/06/traumatologia.html> (acesso em janeiro de 2017).

www.google.com.br/maps

www.igrejaconceicao.org.br

www.noticias.band.uol.com.br

www2.portoalegre.rs.gov.br

www.portoalegremanalise.procempa.com.br/?regioes=27_10_0

APÊNDICE A – PRIMEIRA VERSÃO DO INSTRUMENTO, COM A
FICHA DE VISTORIA PREENCHIDA EM VISTORIA PILOTO

FICHA DE VISTORIA

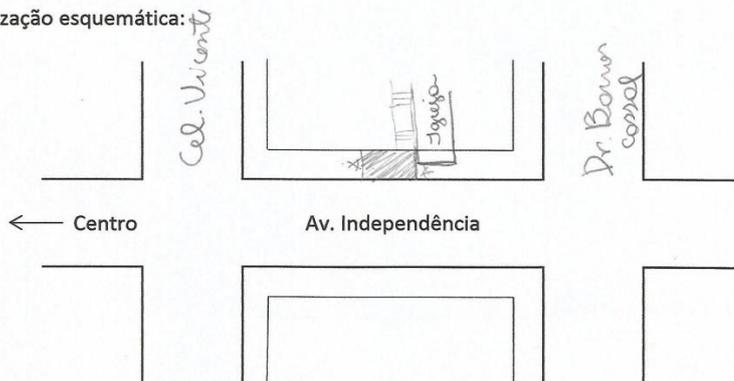
início: 8h16

fim: 9h37

DATA: 26/08/2015

Vistoriador(a): CamilaEndereço da calçada Av. Independência, 206

Localização esquemática:



1- Tirar foto geral e marcar posição acima.

2- Material: ladrilho hidráulico3- Extensão da calçada: 20,234- Largura mínima da faixa livre de circulação: 1,22¹5- Altura mínima da faixa livre de circulação: não há^{1,2}6- Dimensão máxima de juntas: 11,53 mm¹7- Dimensão máxima de saliências: 17,39 mm¹8- Dimensão máxima de reentrâncias: 17,59 mm¹9- Ausência de arestas contundentes: sim¹10- Desníveis acima de 15 mm: sim¹11- Desnível máximo em relação à via: 21,28 mm12- Desnível mínimo em relação à via: 47,13 mm13- Não permitir acúmulo de água;*²14- Há obstáculos (mobiliário, vegetação, instalações de infraestrutura)?^{1 2} sim15- Inclinação transversal máxima: 33,37¹ 44,9 32,33 (3X mesmo ponto) e 16,42 em16- Inclinação longitudinal máxima: 15,99¹

outro ponto.

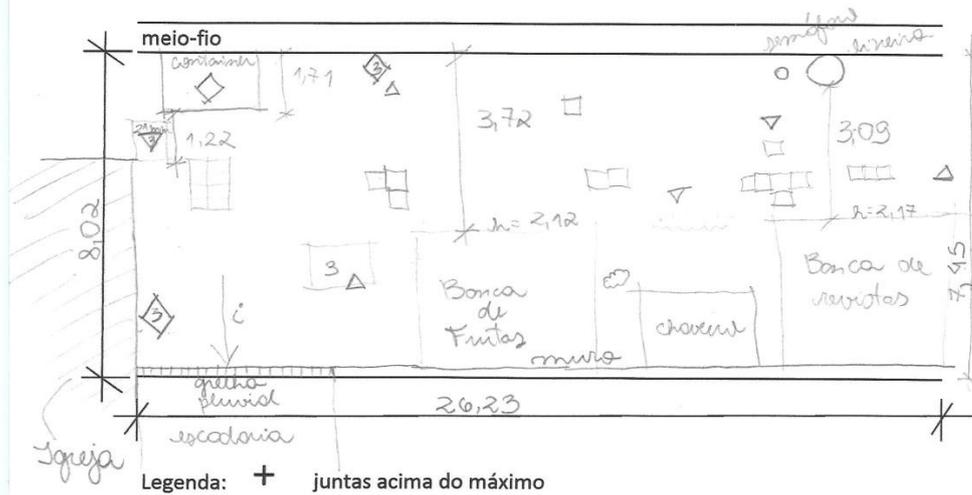
17- O piso é antiderrapante?*

18- Há formação de biofilme? - umidade;^{1 2} sim- sombreamento;^{1 2}19- A calçada está bem conservada (limpeza)? sim20- Há peças soltas (ensaio de percussão) ou faltantes?^{1 2*} sim e não¹ Marcar no croqui da calçada na página 2.² Fotografar ocorrências.

FICHA DE VISTORIA

CROQUI DA CALÇADA

Av. Independência



△ saliências

▽ reentrâncias

◇ obstáculos (mobiliário = 1, vegetação = 2, instalações = 3)

☁ biofilme

□ peças soltas/ faltantes

ANEXO - FICHA DE AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO ESCORREGAMENTO

ENSAIO DO PÊNDULO BRITÂNICO - ASTM E303-93

DATA: ___/___/___

Vistoriador(a): _____

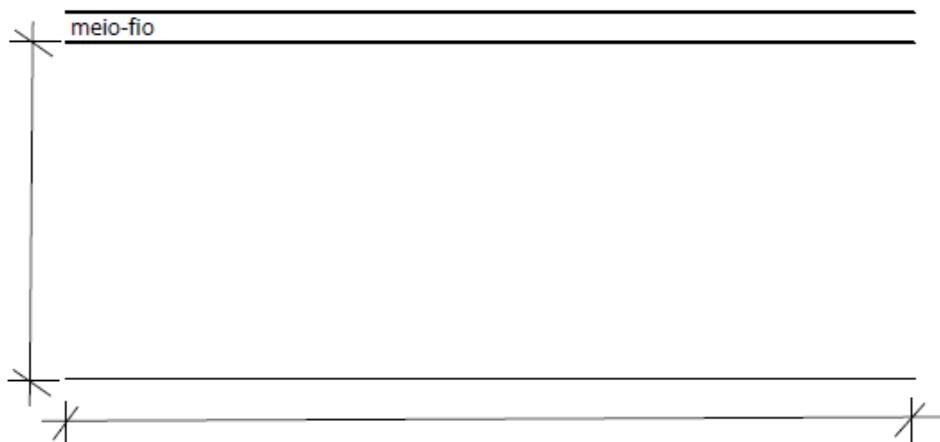
Endereço da calçada: _____

Material: _____

- 1- Marcar posição do(s) ponto(s) de realização do ensaio (com cotas);
- 2- Fotografar pontos ensaiados;

CROQUI DA CALÇADA

Av. Independência



Legenda:



posição do ponto
de realização do ensaio

	PISO SECO	PISO MOLHADO
1.	_____	1. _____
2.	_____	2. _____
3.	_____	3. _____
4.	_____	4. _____
5.	_____	5. _____

APÊNDICE B – VERSÃO FINAL DO INSTRUMENTO DE
AVALIAÇÃO

Manual de instruções da Ficha de vistoria de avaliação de segurança em calçadas

Apresentação

O presente *Manual de instruções* e a *Ficha de vistoria* com seu *Anexo*, compõem o *Instrumento de avaliação de segurança em calçadas*, elaborado pela arquiteta e urbanista Camila Mokwa Zanini, em sua dissertação de Mestrado em Engenharia Civil (NORIE/PPGEC/UFRGS, 2017), com orientação da prof. Angela Borges Masuero e colaboração do prof. Luis Carlos Bonin.

Objetivo

O instrumento foi elaborado para avaliação das condições de segurança das calçadas para os seus usuários e aplica-se a calçadas pavimentadas, em vias públicas, compartilhadas com automóveis e em zona urbana.

Outros aspectos, como estética, custo, durabilidade e percepção do usuário, não foram considerados neste instrumento de avaliação.

Quanto à resistência ao escorregamento (um dos critérios de avaliação), o método utilizado (ensaio do Pêndulo Britânico) aplica-se somente a calçadas relativamente planas.

Orientações pré-vistoria

Antes da primeira vistoria, o vistoriador deve ler este manual por completo e, se possível, realizar um treino, em alguma outra calçada, para diminuir as dúvidas.

O tempo estimado de vistoria é de aproximadamente 1h00min, podendo variar de acordo com a experiência dos avaliadores, condições da calçada, entre outros.

É necessária a presença de um auxiliar acompanhando o vistoriador na realização das vistorias.

São utilizados na vistoria:

a) via da ficha de vistoria impressa, lápis e prancheta;

- b) trena de 35 m;
- c) paquímetro digital;
- d) martelo de borracha;
- e) nível;
- f) cantoneira de alumínio;
- g) câmera fotográfica digital.

Instruções de vistoria e preenchimento

A ficha de vistoria inicia com a identificação do trecho a ser vistoriado. Devem ser informados dados sobre a vistoria (vistoriadores e data) e sobre a calçada (endereço, material de revestimento e extensão da calçada). Além disso, é solicitado que se marque a posição da calçada em uma localização esquemática. Deve-se tirar uma foto geral da calçada e marcar a posição na localização esquemática e também anotar o código dado na máquina fotográfica para esta foto, a fim de que, caso sejam feitas várias vistorias em sequência, não se misturem as fotos de calçadas diferentes.

Após, há uma lista com os requisitos que, um a um, devem ser verificados. Eles estão separados de acordo com a exigência do usuário a que se referem. O primeiro grupo contém os critérios referentes à segurança ao risco de quedas.

O Anexo - Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento deve ser utilizado em caso de suspeita de que a resistência seja abaixo do recomendado.

A medição das inclinações deve ser feita utilizando-se a cantoneira de alumínio como gabarito e o nível para deixá-la na posição horizontal, conforme a figura 1. Mede-se a diferença de altura entre a extremidade da régua e o piso inclinado, com o auxílio do paquímetro digital, para depois calcular-se a inclinação em porcentagem.

Figura 1 – Medição da inclinação do piso.



A verificação de acúmulo de água pode ser feita em dias de chuva, ou, por praticidade, através da constatação de manchas escuras de umidade e/ou pontos de inclinação convergente do piso.

O ensaio de percussão deve ser realizado somente em caso de dúvida, quando não for possível verificar se as placas do revestimento do piso estão aderidas apenas através de observação. O procedimento consiste em inspecionar a superfície por meio de sucessivos impactos leves, não contundentes, com martelo de borracha ou outro similar. As partes que apresentarem som cavo são consideradas regiões comprometidas.

Continuando, ainda na primeira página, há os outros três grupos de critérios, referentes às demais exigências.

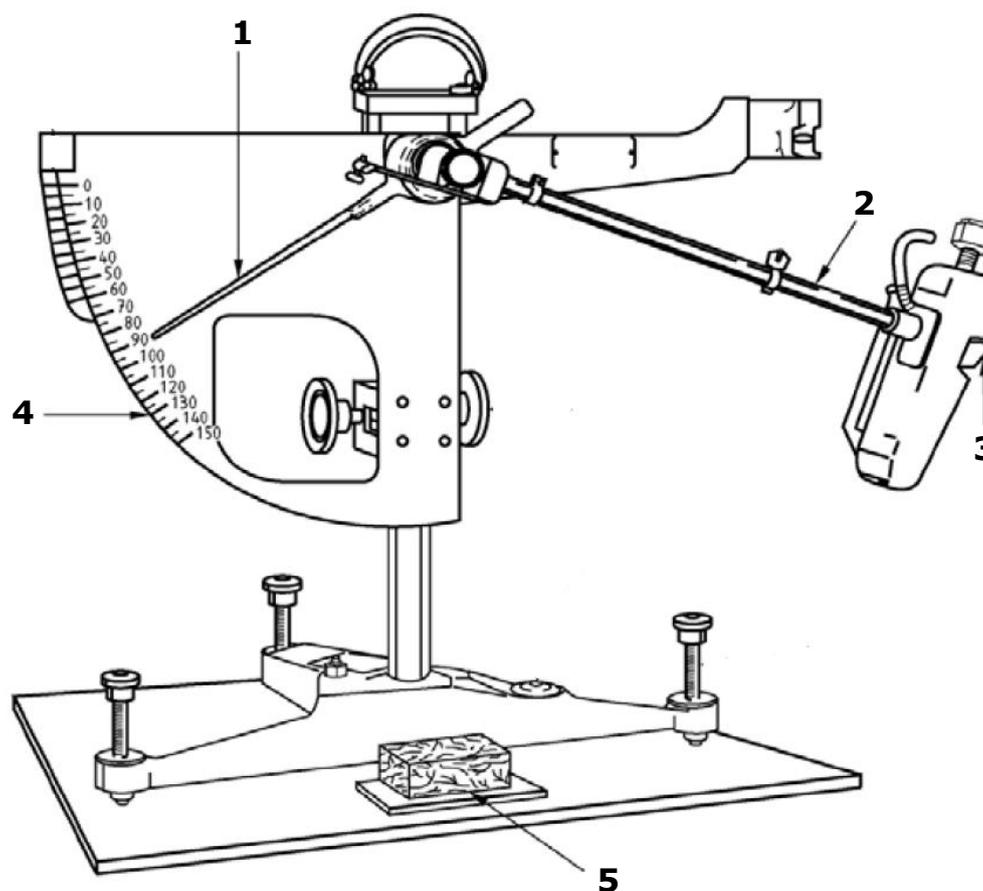
Na segunda página, há um croqui, em que as não conformidades devem ser registradas, através de símbolos definidos em legenda criada. Além disso, há espaço para o detalhamento de cada falha.

Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento

A Ficha de avaliação da resistência ao escorregamento é um anexo do instrumento e deve ser utilizado em caso de suspeita de que o piso da calçada seja escorregadio. Durante a avaliação com a Ficha de vistoria geral, em caso de dúvida sobre a resistência ao escorregamento do piso, deve-se registrar a situação na ficha e, após, realizar-se o ensaio para verificação.

De acordo com a ASTM E303-93 (1993), a medida do valor de atrito representativo do local ensaiado é obtido realizando-se cinco lançamentos da sapata contra o pavimento molhado, sendo a primeira medição descartada e com as demais se calcula o valor médio do BPN (*British Pendulum Number*), que deve ser superior a 45. A figura 2 mostra o equipamento Pêndulo Britânico.

Figura 2 – Pêndulo Britânico: 1, o ponteiro; 2, o braço; 3, a sapata de borracha; 4, escala C de medição; e 5, corpo de prova (opcional, pois pode ser realizado *in loco*).



(adaptado de: ESPANHA, 2014, p. 2)

Na realização do ensaio, após os ajustes necessários do equipamento já posicionado no local, o piso deve ser limpo com o auxílio de um pincel (para a retirada de possíveis detritos) e molhado. Então ergue-se o braço à posição inicial e depois, acionando-se um botão, solta-se o pêndulo, que desliza sobre o piso. O valor registrado pelo ponteiro, na escala C, deve ser anotado. Retorna-se o braço à posição inicial e solta-se o pêndulo mais 4 vezes, pois são necessárias 5 leituras, sendo a primeira descartada.

Orientações pós-vistoria

Todos os dados coletados durante a vistoria e registrados na ficha e através das fotos devem ser passados à limpo, na versão digital da ficha.

As fotos devem ser salvas digitalmente, organizadas de modo que não sejam confundidas entre si, por exemplo em uma pasta separada por calçada e nomeada com o endereço e data ou com o número da Ficha de vistoria.

Banco de dados

Recomenda-se a utilização do Banco de dados, para registrar os resultados de uma série de vistorias realizadas em uma determinada via, ou para controle de qualidade de calçadas construídas por uma empreiteira, por exemplo.

O Banco de dados pode ser em formato de planilha e cada critério identificado com o número correspondente da ficha de vistoria, a exemplo do fornecido. Outros formatos podem ser desenvolvidos de acordo com as necessidades do caso específico.

Análise dos resultados

O atendimento aos critérios deve ser absoluto, ou seja, uma calçada só pode ser considerada segura se atender a todos os critérios de avaliação. Isto significaria não encontrar nenhuma falha durante a vistoria.

O Diagrama de Pareto pode ser usado na análise dos dados coletados, para auxiliar na priorização e tomada de decisão.

Existem infinitas formas de análise dos dados, entre elas a análise a partir do número de critérios atendidos, por exemplo.

Relatório

Para possibilitar a melhoria das condições de segurança das calçadas avaliadas, um relatório contendo as informações obtidas, como as falhas encontradas, os critérios menos e mais atendidos, pode ser elaborado e entregue ao responsável (proprietário do lote, Administração Municipal, entre outros).

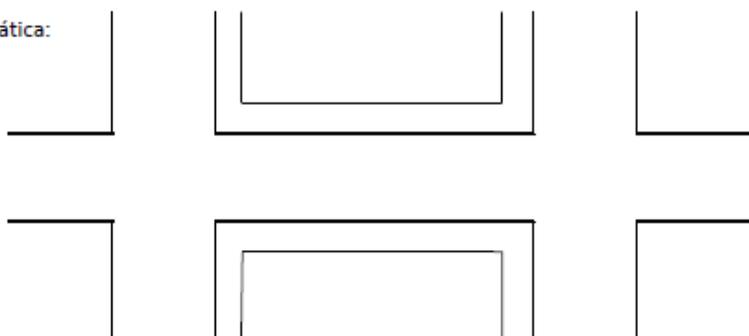
FICHA DE VISTORIA nº:

Vistoriadores: _____

Data: _____

Endereço da calçada: _____

Localização esquemática:



I-Tirar foto geral e marcar posição acima.

II-Código de identificação da 1ª foto: _____

III- Material: _____

IV- Extensão: _____

SEGURANÇA CONTRA QUEDAS

- 1- O piso é antiderrapante?* () SIM () NÃO () Ensaio realizado (anexo A)
- 2- Inclinação longitudinal máxima: _____¹
- 3- Inclinação transversal máxima: _____¹
- Condições agravantes de 1, 2 e 3: a) formação de biofilme: () SIM () NÃO () SIM, nas juntas
b) detritos: () SIM _____ () NÃO
- 4- Inclinação transversal mínima (em direção ao meio-fio): _____¹
- 5- Há acúmulo de água?² () SIM () NÃO
- 6- Há desníveis? () SIM altura: _____¹ () NÃO
- 7- Dimensão máxima de: a) saliências: _____¹ b) reentrâncias: _____¹
- 8- Dimensão máxima de frestas: _____¹
- 9- Há peças soltas?^{1 2*} (ensaio de percussão) () SIM () NÃO
- 10- Há obstáculos?^{1 2} () SIM () NÃO

SEGURANÇA CONTRA ATROPELAMENTOS

- 11- A calçada está segregada da via? () SIM () NÃO
- 12- Desnível em relação à via (altura do meio-fio): a) máx: _____ b) mín: _____
- 13- Rebaixo para acesso de veículos: a) L: _____ b) C: _____ () NA
- 14- Possui alarme sonoro-visual de saída de veículos? () SIM () NÃO () NA

SEGURANÇA CONTRA LESÕES POR CHOQUE

- 15- Há superfícies, arestas ou vértices contundentes?¹ () SIM () NÃO _____
- 16- Há vegetação com espinhos?¹ () SIM () NÃO _____

ACESSIBILIDADE

- 17- Largura mínima da faixa livre de circulação: _____¹ fluxo pessoas/min.:* _____
- 18- Altura mínima da faixa livre de circulação: _____^{1, 2}
- 19- Há rampa nos cruzamentos?¹ a) () SIM () NÃO () NA b) L: _____ c) i: _____
- 20- Há sinalização tátil no piso? a) de alerta:² () SIM () NÃO () NA
b) de direção:² () SIM () NÃO

¹ Marcar no croqui na pág. 2.

^{*} Para avaliação precisa, realizar ensaio/medição.

NA: não se aplica

² Fotografar ocorrências.

L: largura (no sentido transversal da calçada)

C: comprimento

FICHA DE VISTORIA nº:

FOTOS DAS NÃO CONFORMIDADES:

ANEXO - FICHA DE VISTORIA nº: _____
 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO ESCORREGAMENTO

ENSAIO DO PÊNDULO BRITÂNICO - ASTM E303-93

DATA: _____

Vistoriadores: _____

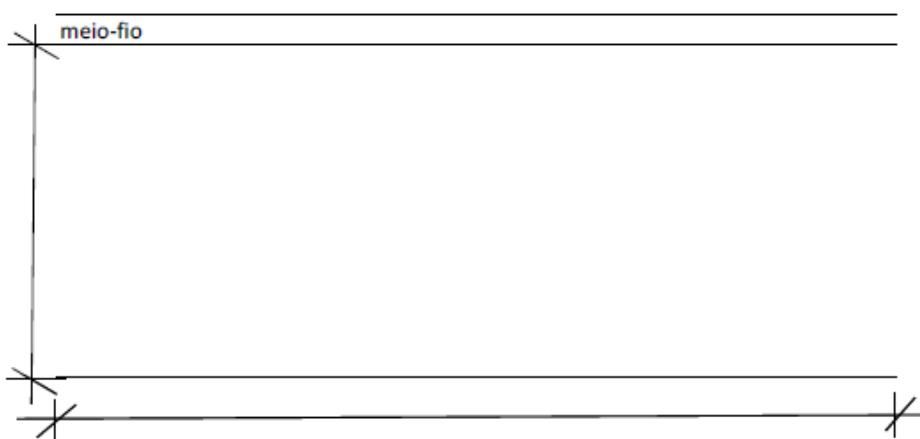
Endereço da calçada: _____

Material: _____

1- Marcar posição do(s) ponto(s) de realização do ensaio (com cotas);

2- Fotografar pontos ensaiados;

CROQUI DA CALÇADA



Legenda:



posição do ponto de
realização do ensaio

VALORES DAS MEDIÇÕES

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

MÉDIA: _____

FOTO:

APÊNDICE C – INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO PREENCHIDO

Elaboração de um instrumento de avaliação de segurança em calçadas.

FICHA DE VISTORIA nº: 01

FOTOS DAS NÃO CONFORMIDADES:



Foto geral



Biofilme e placas soltas



Detritos



2a1: Placa em poste.



2b2: Tampa com
reentrância e frestas
2b6: Tampa com
superfície rugosa



3a3, 3b4 e 3ab5: Placas e
semáforos

ANEXO - FICHA DE VISTORIA nº: 01
 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO ESCORREGAMENTO

ENSAIO DO PÊNDULO BRITÂNICO - ASTM E303-93

DATA: 07/10/2016

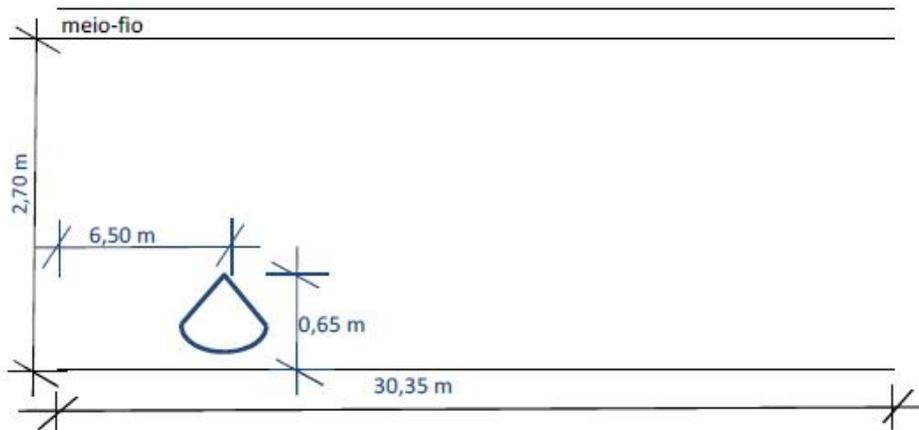
Vistoriadores: Camila, Airton e Marcelo

Endereço da calçada: Av. Independência, 736.

Material: Placas de concreto pré-moldado.

- 1- Marcar posição do(s) ponto(s) de realização do ensaio (com cotas);
- 2- Fotografar pontos ensaiados;

CROQUI DA CALÇADA



Legenda:



posição do ponto de
realização do ensaio

FOTO:



VALORES DAS MEDIÇÕES

1.	<u>67</u>
2.	<u>65</u>
3.	<u>65</u>
4.	<u>65</u>
5.	<u>65</u>
MÉDIA:	<u>65</u>

APÊNDICE D – BANCO DE DADOS PREENCHIDO

Elaboração de um instrumento de avaliação de segurança em calçadas.

CRITÉRIOS		IDENTIFICAÇÃO CALÇADAS/ Nº DA FICHA DE VISTORIA																
		736	739	749	755	766	769	776	779	796	798	820	832	850	860	876	890	900
	1	sim	sim	sim**	sim	sim**	sim	sim**	sim**	sim**	sim	sim	sim	sim	sim**	sim**	sim**	sim**
antiderrapante*																		
longitudinal máx.*	2	13,11%	11,11%	8,60%	1,61%	1,75%	3,80%	4,89%	4,84%	5,97%	4,99%	15,74%	5,73%	4,95%	4,52%	4,31%	sim**	10,41%
transversal máx.*	3	10,27%	2,52%	2,37%	-4,58%	4,92%	14,68%	5,41%	19,12%	5,45%	4,71%	4,76%	3,54%	2,82%	5,77%	0,80%	sim**	1,28%
*cond. agrav. biofilme	a	juntas	juntas	não	juntas	juntas	juntas	juntas	não	juntas	não	não	juntas	juntas	juntas	juntas	juntas	juntas
*cond. agrav. detritos	b	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	não	não	não	não	sim	sim	sim
transversal mín.	4	6,62%	1,59%	1,59%	-4,58%	4,92%	1,06%	4,53%	1,79%	-4,49%	1,60%	0,00%	0,88%	-4,37%	-3,54%	0,00%	0,21%	
água	5	não	não	não	sim	não	sim	não	não	não	não	não	sim	sim	não	não	sim	sim
desníveis	6	não	não	90 mm	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
saliências	7a	não	não	32,35	13,98	não	27,26	10,36	5,76	49,65	22	102,47	78,26	19,82	46,25	59,13	não	
reentrâncias	7b	19,74	não	não	não	não	não	29,66	15,96	30,42	29,41	48,53	84,15	20,8	não	não	não	
frestas	8	16,38	não	não	não	17,47	não	42,17	21,77	27,08	53,46	23,58	não	não	52,86	29,51	15,43	
peças soltas	9	sim	não	não	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim
obstáculos	10	sim	sim	não	não	não	não	sim	sim	não	sim	não	não	sim	sim	sim	sim	não
segregação	11	sim	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
meio-fio máx.	12a	14,43	8,52	9,73	13,45	13,49	0	15,02	15,50	14,19	9,37	15,02	18,03	12,10	12,18	12,07	11,59	
meio-fio mín.	12b	9,47	0	6,73	11,29	11,02	0	11,66	11,65	8,43	6,75	7,98	5,11	8,08	11,34	7,15	10,88	
largura rampa	13a	NA	NA	NA	NA	0,94	0,6+N/D	0,93	0,45	NA	0,80	N/D	N/D	N/D	N/D	1,1/1,2	1,05	
comprim. rampa	13b	NA	NA	NA	NA	9,23	22,80	3,59	5,00	NA	4,30	3,30	tudo	6,30	5,70	3,8/3,6	4,60	
alarme veículos	14	NA	NA	NA	NA	sim	não	sim	sim	NA	sim	não	sim	sim	não	sim	sim	
contundentes	15	sim	não	sim	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	sim	não	sim	
veg. espinhos	16	não	sim	não	não	não	não	não	não	não	não	não	sim	não	não	não	não	
largura faixa	17	1,34	1,95	1,41	1,72	1,63	1,70	1,23	1,02	1,43	1,70	1,80	1,80	3,10	1,59	1,38	1,43	
altura faixa	18	2,26	1,92	≥2,40	≥2,40	≥2,40	≥2,40	2,16	1,92	≥2,40	≥2,40	≥2,40	≥2,40	≥2,40	≥2,40	1,91	≥2,40	
rampa rebaixo	19a	sim	sim	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
largura rampa	19b	1,30	1,20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
inclinação rampa	19c	16,47%	14,06%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
tátil alerta	20a	não	não	NA	NA	não	não	não	não	NA	não	não	não	não	não	não	sim	
tátil direção	20b	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	

*Condições agravantes de risco para os critérios 1, 2 e 3: formação de biofilme e presença de detritos na calçada.

**sim Não foi realizado o ensaio do pêndulo britânico, porém, por ausência de indícios de que seja escorregadia, o piso foi considerado antiderrapante.

NA O critério não se aplica.

N/D Não definida.

**APÊNDICE E – DADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA AO
ESCORREGAMENTO**

	placa de concreto	basalto regular	basalto irregular	basalto irregular	basalto irregular	basalto irregular	basalto regular	basalto regular	basalto regular	concreto in loco	ladrilho hidráulico	ladrilho hidráulico 973 novo	ladrilho hidráulico 973 gasto	pedra portugues	basalto preto irr.	placa de concreto
	736 1	739	755	776 1	776 2	798	820 1	820 2	832	850	925	952	973	1054	1170	1206
	95	109	114	81	85	100	90	112	99	95	100	124	101	90	109	120
seco	90	109	109	76	83	95	89	103	103	90	99	124	86	95	112	125
	93	102	114	80	75	93	93	99	104	91	106	122	92	109	116	122
	93	103	117	80	72	99	92	110	105	100	108	120	86	100	117	121
	96	115	116	79	86	95	96	105	104	96	110	124	84	102	121	134
média	93	107,25	114	78,75	79	95,5	92,5	104,3	104	94,25	105,75	122,5	87	101,5	116,5	125,5
	67	90	66	54	65	70	65	64	80	74	75	87	49	55	60	105
molhado	65	89	76	55	62	70	65	63	85	65	80	76	60	50	55	105
	65	79	76	52	35	66	67	67	84	70	82	90	54	55	56	100
	65	70	70	53	65	69	69	73	84	70	83	84	54	57	56	103
	65	85	67	50	55	70	70	78	85	70	85	80	49	59	56	102
média	65	80,75	72,25	52,5	54,25	68,75	67,75	70,25	84,5	68,75	82,5	82,5	54,25	55,25	55,75	102,5
	foram avaliadas com a ficha de vistoria										não foram avaliadas com a ficha de vistoria					

Obs.: O primeiro valor é descartado e com os outros se calcula a média.