

ANÁLISE DO NÍVEL DE SERVIÇO DE CALÇADAS CONFORME DEFINIÇÃO DO HCM, INCREMENTANDO AS VELOCIDADES APRESENTADAS PELAS DIFERENTES CATEGORIAS DE PEDESTRES COMO FATOR PREPONDERANTE

Douglas Carlos Soares de Matos
Wigne Cândido Matias Júnior
Poliana de Sousa Leite
Eder Angelo Milani

Universidade Federal de Goiás
Faculdade de Ciências e Tecnologia

RESUMO

Para cálculo do nível de serviço de calçadas, tendo como referência a metodologia definida pelo HCM (Highway Capacity Manual), é utilizado um valor constante de 1,2 m/s para a velocidade do pedestre. Contudo, torna-se necessário entender como as diferentes velocidades compreendidas pelas distintas categorias de pedestres, promovem influência no cálculo do nível de serviço de calçadas. Essa análise foi feita através de uma contagem volumétrica, levando-se em consideração as diferentes velocidades de cada categoria de pedestres durante seu deslocamento em um segmento de calçada. Para o tratamento de dados, utilizou-se de propriedades de Estatística, dos softwares Excel e R. No entanto, ao analisar o resultado para a velocidade média da amostra coletada que foi de 1,16 m/s com o valor do Manual HCM que é de 1,2 m/s, nota-se que o nível de serviço apresentado é o mesmo, e, portanto, nível D.

ABSTRACT

To calculate the service level of sidewalks, using a methodology defined by the HCM (Highway Capacity Manual), a constant value of 1.2 m / s is used for pedestrian speed. However, it is necessary to understand how the different speeds included by the different categories of pedestrians, promote influence in the calculation of the level of service of sidewalks. This analysis was done through a volumetric count, taking into account the different speeds of each category of pedestrians possessed during their displacement in a segment of sidewalk. For the data treatment, Statistical properties of the Excel and R software were used. However, when analyzing the result for the average velocity of the collected sample that was 1.16 m / s with the value of the Manual HCM that is 1.2 m / s, it is noted that the level of service presented is the same, and therefore, level D.

1. INTRODUÇÃO

A frota de motocicletas e motonetas cresceu 520,0% entre 2000 e 2016. Mediante essa situação, consequência dessa explosão no crescimento de veículos individuais, observou-se a deterioração das condições de mobilidade nas cidades, principalmente devido aos congestionamentos, agregado ao crescente número de acidentes como também a insuficiência de estacionamentos e dos elevados níveis de poluição gerados pelos veículos.

O Brasil é um país essencialmente motorizado. Segundo dados apresentados pela CNT (2017), 77,2% dos deslocamentos são realizados por modos motorizados de transporte. Um possível prognóstico para a manutenção da baixa representatividade dos deslocamentos não motorizados (a pé e de bicicleta) está relacionado com a falta de diversificação de uso e ocupação do solo, fator este que contribuiria para a redução das distâncias e dos tempos de deslocamento, e o pouco investimento em infraestrutura, com ênfase nas calçadas e ciclovias. No entanto, comparado aos dados de 2006, apura-se uma ampliação desses modos na ordem de 7,8% no percentual total dos deslocamentos, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1: Percentual de utilização de veículos motorizados (2006 e 2017)

Resposta	2006	2017
Motorizado	85,0%	77,2%
Não motorizado	15,0%	22,8%

Fonte: Confederação Nacional de Transporte (2017)

Um aumento no percentual de deslocamentos não motorizados para o desenvolvimento de atividades principais, principalmente nas grandes cidades, tem demandado atenção de entidades públicas locais no desenvolvimento de estratégias e projeção de metas e ações que promovam um deslocamento confortável e seguro para quem faz uso desses modos de transporte. Em favor disso, a Lei da Mobilidade, número 12.587/12, em suas diretrizes principais, prevê a prioridade do transporte não motorizado em detrimento do transporte motorizado.

Dentre as diversas razões que explicam essa estimativa nos deslocamentos não motorizados conforme apresentou a Tabela 1, destacam-se: (I) a falta de recursos financeiros por parte da população para utilização de um meio de transporte motorizado, seja ele coletivo ou individual; (II) a distância física entre o local de moradia e da atividade principal, que se for curta, não justifica a utilização de um meio de transporte motorizado; (III) a escassez de oferta de transporte público numa área ou no seu entorno (Gondim, 2003). No entanto, há deficiências na infraestrutura de calçadas que desencorajam os pedestres. Portanto, torna-se necessário compreender o nível de serviço que o passeio (calçada) oferece com o objetivo de analisar se o fluxo de pedestres pode ser absorvido.

Esse nível de serviço torna-se imprescindível para avaliar como estão as condições de mobilidade dos pedestres, levando-se em consideração que a mobilidade está associada com a velocidade desenvolvida em um determinado trajeto. Dessa forma, o nível de serviço permite avaliar com base na velocidade desenvolvida pelo pedestre a mobilidade que a faixa livre da calçada oferece durante os deslocamentos.

Sendo assim, a velocidade é uma variável preponderante para explicar e justificar como se encontra o nível de serviço. Como o HCM (Highway Capacity Manual) define uma velocidade de 1,2 m/s, é fundamental entender como as diferentes categorias de pedestres se comportam em relação a esse valor já determinado. Portanto, necessita-se saber se velocidades diferentes empregadas pelos pedestres podem influenciar ou não no cálculo desse nível de serviço, ressaltando-se a importância deste para responder sobre problemas relacionados com a mobilidade, podendo dessa forma associar que a faixa livre da calçada muitas vezes se torna insuficiente para absorver o fluxo de pedestres, sugerindo a necessidade de correções no local.

O nível de serviço de pedestres para calçadas é definido conforme as normas estabelecidas pelo Highway Capacity Manual (HCM). O método aplicado pelo HCM utiliza uma velocidade preestabelecida no próprio manual que é de 1,2 m/s para um índice com 20% ou menos de idosos e de 1,0 m/s para um percentual superior a 20% de idosos.

No entanto, existem diversas categorias de pedestres que desenvolvem diferentes velocidades devido às suas particularidades, como dificuldades de locomoção, o que pode afetar o nível de serviço de um determinado segmento de calçada. Portanto, é necessário verificar como essa velocidade praticada por cada pedestre pode influenciar no resultado referente ao nível de serviço do segmento de calçada. Para isso, será calculado o nível de serviço de uma avenida de Goiânia, capital de Goiás, aplicando um método definido pelo HCM, baseando-se na contagem volumétrica por unidade de área, incrementando como fator preponderante para o resultado do nível de serviço as velocidades apresentadas pelas diferentes categorias de pedestres.

2. CALÇADAS E OS PEDESTRES

A calçada consiste na parte da via não destinada à circulação de veículos, reservada ao trânsito de pedestres e, quando possível, à implantação de mobiliário, sinalização, vegetação e outros fins. Ao pedestre, o passeio é primordial, pois consiste na parte da calçada de uso exclusivo do pedestre e excepcionalmente de ciclista, livre de interferências. (Código de Trânsito Brasileiro, 1999).

Existem ainda as faixas, que se subdividem em três categorias (ABNT NBR 9050:2015):

- Faixa livre – Área do passeio ou calçada destinada exclusivamente à circulação de pedestres. Deve ter inclinação transversal até 3 %, ser contínua entre lotes e ter no mínimo 1,20 m de largura e 2,10 m de altura livre.
- Faixa de serviço – Destinada à colocação de árvores, rampas de acesso para veículos ou portadores de deficiências, poste de iluminação, sinalização de trânsito e mobiliário urbano como bancos, floreiras, telefones, caixa de correio e lixeiras. Recomenda-se reservar uma faixa de serviço com largura mínima de 0,70 m.
- Faixa de acesso – Área em frente a imóvel ou terreno, onde podem estar vegetação, rampas, toldos, propaganda e mobiliário móvel como mesas de bar e floreiras, desde que não impeçam o acesso aos imóveis. É, portanto, uma faixa de apoio à sua propriedade. Possível apenas em calçadas com largura superior a 2,00.

De acordo com o Decreto 3057/2015 que diz respeito a largura das faixas das calçadas, a cidade de Goiânia segue as diretrizes da tabela 2 mostrada a seguir, admitindo-se que ela absorva com conforto um fluxo de 25 pedestres por minuto, em ambos os sentidos a cada metro de largura.

Tabela 2: Decreto 3057/2015 – Largura das Faixas das Calçadas

L = Largura de calçada (m)	Faixa de Serviço Largura em metros (m)	Faixa Livre Largura em metros (m)	Faixa de Acesso Largura em metros (m)
$L < 1,50$	-----	Largura da calçada (*)	-----
$1,50 \leq L < 2,10$	Restante de calçada	Mínima de 1,50 (*)	-----
$2,10 \leq L < 3,00$	De 0,60 a 1,00	Mínima de 1,50 (*)	Restante da calçada
$3,00 \leq L < 4,00$	De 0,70 a 1,00	Mínima de 1,50 (*)	Restante da calçada
$L \geq 4,00$	De 0,70 a 1,50	Mínima de 2,00 (*)	Restante da calçada

(*) permitida a largura mínima de 90 cm (noventa centímetros) para a faixa livre nos pontos de conflito (equipamento urbano, hidrante, arborização, ponto de ônibus ou rebaixo de calçada regular).

Fonte: Prefeitura de Goiânia (2015)

Em contrapartida, a NBR 9050 (2004) da ABNT define que nos locais onde o fluxo de pedestre exceder a 25 pedestres por minuto em ambos os sentidos, por cada metro de largura o dimensionamento das faixas livres (local de trânsito do pedestre) será calculado pela seguinte equação:

$$L = \frac{F}{K} + i \geq 120 \quad (1)$$

em que L : largura da faixa livre [m];

F : largura necessária para absorver o fluxo de pedestres estimado ou medido nos horários de pico, considerando o nível de conforto de 25 pedestres por minuto a cada metro de largura;

K : 25 pedestres por minuto;

$\sum i$: somatório dos valores adicionais relativos aos fatores de impedância;

Os valores adicionais relativos aos fatores de impedância i são:

I : 0,45 m junto às vitrines ou comércio no alinhamento;

II: 0,25 m junto ao mobiliário urbano;

III: 0,25 m junto à entrada de edificações no alinhamento;

Sabe-se que a faixa livre é a área destinada à circulação de pedestres exclusivamente e a partir da equação descrita acima é possível determinar se a largura da faixa é adequada para absorver o fluxo de pedestres que circula pelo local. Isso se torna eficiente ao passo que a largura adequada facilita a mobilidade e a acessibilidade dos pedestres.

A caminhada e a corrida são a locomoção básica na vida cotidiana. O padrão de marcha é modificado com o envelhecimento, em mulheres grávidas, crianças e pessoas com deficiências locomotoras (Perry, 2005). Entre as variáveis que podem influenciar a velocidade de caminhada, estão o tamanho do membro inferior, a temperatura ambiente e a pressão de tempo, bem como a socialização. (Perry, 2005)

Estudo realizado na cidade de São Paulo a partir de dados do Estudo SABE (Saúde, Bem-estar e Envelhecimento), sob coordenação da Organização Pan-Americana da Saúde no ano de 2000, mostram a relação entre o tempo de travessia e as velocidades desenvolvidas por pessoas idosas. Os resultados são alarmantes ao levar em consideração que o pedestre caminhe a uma velocidade de 1.2 m/s, conforme é dito pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 1987) para travessia de pedestre. Com o apoio da FAPESP, o estudo foi reeditado em 2006, 2010 e em 2016, quando se chegou a conclusão que a velocidade de marcha exigida para o pedestre não condizia com a população idosa. O que se constata nesse estudo, é que de fato a cidade não é regulada para o idoso. Além disso, Duim (2016) explica que estudos realizados na Inglaterra apresentam resultados parecidos, o que acarretou em mudanças nas regulamentações, como o aumento de tempo nos semáforos.

No entanto, os resultados apresentados para a cidade de São Paulo provam que a velocidade média de um idoso é 0,75 m/s. Quando considerada a velocidade de 1,2 m/s preestabelecida, 97,8% dos idosos não atingem essa velocidade. O cenário não é diferente quando se considera uma velocidade de 1,10 m/s, pois apenas 4,3 % dos idosos atingem essa velocidade. (DUIM, 2016; LEBRÃO, 2016; ANTUNES *et al.*, 2016)

3. HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM)

O HCM é um manual que apresenta métodos para analisar a capacidade e o nível de serviço de uma ampla gama de instalações de transportes. Ele fornece procedimentos para a análise de ruas e rodovias, trânsito, rodoviário de ônibus, pedestres e ciclovias (HCM, 2000).

A aplicabilidade do HCM mostra-se relevante, uma vez que a análise de capacidade possa ser adotada e expandida em uma considerável proporção. Portanto, para esse estudo, o HCM foi escolhido por ser considerado como referência para sociedade acadêmica mundial, realizando uma análise de complementação para uma nova vertente.

Dentre os diversos tipos de definições, ainda é incluso a condição padrão de um sistema para que seja fornecida uma capacidade. O manual também define NS para a avaliação de um serviço/sistema, assim são considerados 6 níveis indo de A, sendo o melhor nível de serviço, até F sendo o pior nível. Abaixo na tabela 3, podem-se verificar os critérios para definição dos níveis de serviço de uma calçada.

Tabela 3: Critérios para determinação dos Níveis de Serviços para calçadas.

Nível de Serviço	Espaço m ² /pedestres	Taxa de fluxo Pedestres/min/m	Velocidade m/s	Proporção vol/capacidade
A	5,6 ou mais	16 ou menos	1,3 ou mais	0,21 ou menos
B	3,7 a 5,6	16 a 23	1,27 a 1,30	0,21 a 0,31
C	2,2 a 3,7	23 a 33	1,22 a 1,27	0,31 a 0,44
D	1,4 a 2,2	33 a 49	1,14 a 1,22	0,44 a 0,65
E	0,75 a 1,4	49 a 75	0,75 a 1,14	0,65 a 1,00
F	0,75 ou menos	Variável	0,75 ou menor	Variável

Fonte: HCM Highway Capacity Manual (2000)

Assim, com base na Tabela 3, percebe-se que diversos fatores como Espaço, Taxa de fluxo, velocidade, proporção foram considerados para a indicação do NS. Para o estudo em questão será utilizada a taxa de fluxos como foco de aplicação, porém com a complementação das diferentes velocidades dos pedestres que pode interferir na definição do NS respectivo, visto que a velocidade que foi considerada pelo HCM possui valor único/média, sendo que a marcha dos pedestres é tomada como valores variáveis de velocidades.

4. METODOLOGIAS RELACIONADAS

Em busca de estudos ao tema abordado, foram pesquisadas algumas metodologias a fim de realizar uma comparação entre os resultados encontrados do trecho específico deste estudo com outros contextos e aplicações diferentes.

Existe uma metodologia que executa uma avaliação dos espaços para pedestres, propondo que o nível de serviço seja determinado através de um índice de qualidade das calçadas (IQC). A avaliação final do ambiente para os pedestres é obtida através do índice de qualidade das calçadas (IQC), calculado pela equação (2). (FERREIRA, M. 2001; SANCHES, S. 2001)

$$IQC = pe.E + pm.M + ps.S + pp.P + pa.A + pes.Es \quad (2)$$

em que IQC: Índice de qualidade das calçadas;

E, M, S, P, A, Es: pontuação obtida pela avaliação técnica dos aspectos de Estado de conservação das calçadas, Material utilizado, Sinalização e rampas, Percepção de aproximação de veículos na travessia, Arborização e Estética do ambiente;

pe, pm, ps, pp, pa, pes: Ponderação dos indicadores de Estado de conservação das calçadas, Material utilizado, Sinalização e rampas, Percepção de aproximação de veículos na travessia, Arborização e Estética do ambiente;

Contudo, tal metodologia se estende em um foco distinto, pois busca através de um índice, avaliar a qualidade das calçadas considerando aspectos ambientais percebidos e diferenciados pelos pedestres, sem levar em consideração as diferentes velocidades realizadas pelos mesmos, um fator preponderante e que influencia ao resultado final de um nível de serviço para calçadas.

Além disso, foram pesquisadas outras aplicações na área, porém nada similar ao deste presente estudo, que busca analisar as distintas velocidades dos pedestres no cálculo do nível de serviço. Assim sendo, torna-se relevante o benefício deste estudo para a sociedade, tendo em vista que possa ser utilizado como referência para futuros trabalhos e revoluciona aos métodos já existentes.

5. MÉTODO

O presente estudo tem como objetivo aplicar um método de acordo com as determinações feitas pelo HCM, incrementando as velocidades apresentadas pelas diferentes categorias de pedestres, a fim de verificar se houve alguma alteração no resultado do nível de serviço para a calçada.

O método consiste em efetuar uma contagem volumétrica de pedestres por segmento de calçada em determinado local na cidade de Goiânia-GO. Para isso, foi realizada uma filmagem do segmento de calçada, a fim de encontrar os valores de velocidade de cada pedestre. Com os dados obtidos pela contagem volumétrica, pôde-se calcular a velocidade média para as diferentes categorias de pedestres durante 15 min e assim encontrar o resultado para o quociente de fluxo que é utilizado para a determinação do nível de serviço da calçada. Por fim, com o desígnio de verificar se a velocidade preestabelecida de 1,2 m/s é adequada ao segmento de calçada estudado em questão, realizou-se uma comparação entre a média da velocidade da amostra de pedestres com o valor de referência por meio de um teste de hipótese para a distribuição de probabilidade normal, utilizando o software R.

Para a coleta de dados, foi escolhida a Avenida 24 de Outubro na cidade de Goiânia- GO, por se tratar de um pólo gerador de viagens, conseqüência do uso diversificado do solo que está associado ao padrão de uso do solo. Segundo Portugal e Goldner (2003), pólos geradores de viagens, são “empreendimentos de distintas naturezas que têm em comum o desenvolvimento de atividades em um porte e escala capazes de gerar um contingente significativo de viagens”. O local possui outro ponto favorável que é a extensão e a capacidade do sistema de transportes, levando-se em consideração que a avenida é um importante corredor de transportes e está a 850m de distância do principal eixo de transporte, que é o BRT na Avenida Anhanguera. Além disso, é uma avenida de fluxo intenso de pedestres devido ao comércio presente ali.

Com isso, após o ponto a ser estudado ser escolhido, realizou-se o processo de contagem volumétrica, feita em horários de pico durante uma hora com divisão de intervalos de 15 minutos, pois de acordo com o HCM o procedimento para análise de uma calçada a partir do fluxo de pedestre, deve ser feito com base na seguinte equação:

$$v_{ped} = V_{15} (15 * W_e) \quad (3)$$

em que v_{ped} : quociente de fluxo(p/min/m);
 V_{15} : velocidade de fluxo durante 15 minutos (p/15-min);
 W_e : largura efetiva do segmento de calçada;

Após a coleta, iniciou-se o tratamento dos dados a fim de calcular os valores para v_{ped} , utilizando a equação (3) explicada acima com a utilização das variáveis V_{15} e W_e . Sabe-se que W_e (Figura 1) permanece constante durante toda a avaliação e que V_{15} deve ser encontrado a partir da média das velocidades (durante 15 minutos) das diversas categorias de pedestres, pois assim será atendido o objetivo do presente estudo que visa considerar as diferentes velocidades das categorias de pedestres para determinar o respectivo nível de serviço da calçada. Sabendo que,

$$W_e = W_T - W_o \quad (4)$$

em que W_e : largura efetiva da calçada(m);
 W_T : largura total da calçada (m);
 W_o : largura de obstrução do passeio (m);

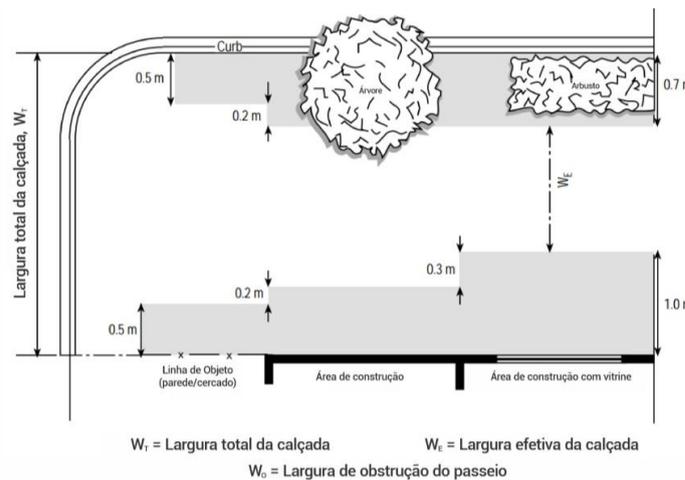


Figura 1: Ajuste de largura para obstáculos fixos.

Fonte: HCM Highway Capacity Manual (2000)

Todavia, a metodologia definida pelo HCM emprega uma única velocidade preestabelecida no próprio manual que é de 1,2 m/s para um índice com 20 % ou menos de idosos e de 1,0 m/s para um percentual superior a 20 % de idosos. Em síntese, ao final deste estudo pode-se concluir se o ajuste da velocidade na metodologia da análise de um nível de calçada influencia em seu resultado.

4.1 Teste de Hipótese

Nesse sentido, testes de hipótese ou de significância ou regra de decisão são processos que nos habilitam a aceitar ou rejeitar hipóteses, ou a determinar se a amostra observada difere de modo significativo dos resultados esperados. Hipótese estatística: é aquilo que queremos validar através de testes estatísticos. (Souza, 2008)

Assim sendo, após serem encontrados os resultados, compara-se o valor médio para velocidade do pedestre da amostra coletada com o valor preestabelecido pelo HCM (1,20 m/s), com o objetivo de saber se o valor padrão definido pelo manual é apropriado para o segmento de calçada estudado. Com isso, utilizou-se de um teste de hipótese para média com variância desconhecida, sendo que para a análise teve-se que considerar uma hipótese nula ($H_0 = 1,20$ m/s) e uma hipótese alternativa ($H_1 = 1,20$ m/s), caso o valor para média amostral se aproximasse de algumas das hipóteses, pode-se tomar uma decisão relativa ao valor para a verdadeira média de velocidade de pedestres. Dessa forma, queremos testar:

$$H_0: \mu = \mu_0 \quad \text{vs} \quad H_1: \mu \neq \mu_0 \quad (5)$$

em que

- H_0 : hipótese nula;
- H_1 : hipótese alternativa;
- μ : valor da média populacional;
- μ_0 : valor da média populacional sob a hipótese nula

Portanto, como esse é um teste para média com variância desconhecida, caracteriza-se como teste bilateral e possui uma distribuição t de Student, sendo uma das distribuições mais utilizadas na estatística, assumindo t com $n - 1$ graus de liberdade. Nível de significância é a máxima probabilidade de rejeitar H_0 sendo verdadeira. Esta probabilidade α (alfa) é especificada antes da extração da amostra de modo que os resultados não influenciam na

escolha. Na prática usamos $\alpha = 1\%$ ou 5% . (Souza, 2008)

Assim, realizando o teste de hipótese segundo a distribuição diagnosticada, foi adotado as seguintes hipóteses: $H_0 = 1,20 \text{ m/s}$ e $H_1 \neq 1,20 \text{ m/s}$. O nível descritivo do teste, também conhecido como P-valor, nos indica se vamos aceitar ou rejeitar a hipótese nula, caso seja maior ou menor que o nível de abrangência ou significância, os resultados para p-valor serão mostrados posteriormente.

4.2 Contagem Volumétrica

A contagem volumétrica foi realizada na Avenida 24 de Outubro na cidade de Goiânia-GO, como já mencionado anteriormente, analisando os tempos de cada pedestre para posteriormente encontrar a velocidade por meio de um filmagem do segmento de calçada em questão. Assim como o local, o dia a ser realizado também foi escolhido através de uma análise. Por se tratar de um pólo gerador de viagens, a Avenida 24 de Outubro tem seus horários de pico em detrimento da atividade comercial ao longo do seu trajeto. Com isso, consumidores tendem a realizar suas compras no início do mês, pois sabe-se que grande parte da população recebem seu pagamento até o quinto dia útil do mês subsequente ao vencido, de acordo com a Lei nº 7.855, de 24/10/1989.

Por fim, a partir dessas informações foi determinado o dia 08/06/2019 para a realização da contagem volumétrica, pois se aproxima ao dia útil de recebimento dos consumidores, apresentando fluxo de pico no momento da contagem. Assim, o procedimento foi dividido em 4 intervalos de acordo com a Tabela 5, com seus respectivos horários.

Tabela 4: Definição de períodos de contagem do fluxo de pedestres.

P1 (horas)	P2 (horas)	P3 (horas)	P4 (horas)
08:45 às 9:00	9:00 às 9:15	9:15 às 9:30	9:30 às 9:45

4.3 Resultados

Com base nos procedimentos supracitados no método, a partir da base de dados da contagem volumétrica, foi realizada a aplicação da equação (2) com o intuito de obter o valor para v_{ped} (quociente de fluxo) para se obter o nível de serviço do segmento de calçada na Av. 24 de Outubro. Contudo, antes de calcular o quociente de fluxo é necessário determinar a largura efetiva da calçada em questão. Foi efetuada a medição em campo com uma trena e se obteve os seguintes valores: $W_T = 3,62 \text{ m}$, $W_O = 1,78 \text{ m}$. Logo, pôde-se calcular o valor da largura efetiva por meio da equação (4), tendo que: $W_E = 3,62 - 1,78 = 1,84 \text{ m}$ (largura efetiva).

A partir do comprimento do segmento de calçada aferida pela trena igual a $8,8 \text{ m}$ e por meio da contagem do tempo (ΔT) de cada pedestre no deslocamento do segmento de calçada, apurou-se o valor para a velocidades utilizando: $V = 8,8/\Delta T$. Ressaltando que, foi realizada uma filmagem e os resultados obtidos foram encontrados por meio dos dados da gravação. Assim, com o valor para velocidade de cada pedestre, foi calculada a média dos valores a fim de se obter a velocidade de fluxo durante 15 minutos (V_{15}).

Assim sendo, por última etapa a fim de analisar o nível de serviço do segmento de calçada, calculou-se o valor do quociente de fluxo pela equação (3). A Tabela 5, a seguir, mostra os dados de contagem volumétrica com as velocidades (média e de fluxo durante 15 min) e o quociente de fluxo.

Tabela 5: Dados de contagem volumétrica e resultados de velocidades para o período P1

Classificação de pedestres	Quantidade	Velocidade média (m/s)	Velocidade de fluxo durante 15 minutos (V_{15})	Quociente de Fluxo (v_{ped})
Adulto	106	1,25	75,19	40,86
Idoso	32	0,99	59,34	32,25
Jovem	12	1,25	75,01	40,77
Criança	4	0,91	54,53	29,64
Adulto acompanhado de Criança	4	0,84	50,40	27,39
Ciclista empurrando Bicicleta	1	0,98	58,67	31,88
TOTAL	159	1,18	70,74	38,45

Portanto, o procedimento demonstra o seguinte intervalo para o quociente de fluxo no período P1: $33 < v_{ped} < 49$. Analisando-se a Tabela 3, verifica-se que durante P1 o nível de serviço para o segmento de calçada é D, pois $v_{ped} = 38,45$. A Tabela 6 mostra os dados de contagem volumétrica com as velocidades (média e de fluxo durante 15 min) e o quociente de fluxo durante o P2.

Tabela 6: Dados de contagem volumétrica e resultados de velocidades para o período P2

Classificação de pedestres	Quantidade	Velocidade média (m/s)	Velocidade de fluxo durante 15 minutos (V_{15})	Quociente de Fluxo (v_{ped})
Adulto	75	1,24	74,29	40,37
Idoso	19	1,01	60,45	32,86
Adulto acompanhado de Criança	4	1,25	66,37	36,07
TOTAL	98	1,19	71,28	38,74

Assim, da mesma forma e utilizando o mesmo procedimento de dados aplicado no método, será aplicado nos períodos P2, P3 e P4. Tem-se o seguinte intervalo para o quociente de fluxo no período P2: $33 < v_{ped} < 49$. Logo, analisando a Tabela 3, verifica-se que durante P2 o nível de serviço para o segmento de calçada é D, pois $v_{ped} = 38,74$. A Tabela 7, a seguir, mostra os dados de contagem volumétrica com as velocidades (média e fluxo durante 15 min) e o quociente de fluxo durante o P2.

Tabela 7: Dados de contagem volumétrica e resultados de velocidades para o período P3

Classificação de pedestres	Quantidade	Velocidade média (m/s)	Velocidade de fluxo durante 15 minutos (V_{15})	Quociente de Fluxo (v_{ped})
Adulto	103	1,19	71,59	38,91
Idoso	34	0,99	59,53	32,35
Jovem	10	1,24	74,49	40,48
Criança	8	1,10	66,26	36,01
Adulto acompanhado de Criança	3	0,92	55,11	29,95
Gestante	1	1,10	66,00	35,87
Idoso usando bengala	1	0,73	44,00	23,91
Deficiente físico	1	1,06	75,43	40,99
TOTAL	161	1,14	68,47	37,21

Tem-se o seguinte intervalo para o quociente de fluxo no período P3: $33 < v_{ped} < 49$. Por meio da Tabela 3, verifica-se que durante P3 o nível de serviço para o segmento de calçada é D, pois $v_{ped} = 37,21$. A seguir, a Tabela 8 mostra os dados de contagem volumétrica com as velocidades (média e de fluxo durante 15 min) e o quociente de fluxo durante o P2.

Tabela 8: Dados de contagem volumétrica e resultados de velocidades para o período P4

Classificação de pedestres	Quantidade	Velocidade média (m/s)	Velocidade de fluxo durante 15 minutos (V_{15})	Quociente de Fluxo (v_{ped})
Adulto	80	1,18	70,64	38,39
Idoso	15	0,97	58,25	31,66
Jovem	23	1,19	71,28	38,74
Criança	12	1,16	69,49	37,77
Adulto acompanhado de Criança	6	0,99	59,16	32,15
Adulto usando muleta	1	0,73	44,00	23,91
TOTAL	113	1,14	68,59	37,28

Tem-se o seguinte intervalo para o quociente de fluxo no período P4: $33 < v_{ped} < 49$, logo por meio da Tabela 3 verifica-se que durante P3 o nível de serviço para o segmento de calçada adequado é D, pois $v_{ped} = 37,28$. Por fim, a Tabela 9 a seguir mostra os dados de contagem volumétrica com as velocidades (média e de fluxo durante 15 min) e o quociente de fluxo durante o período total, considerando todas os pedestres durante 60 minutos. Através desses dados, pôde-se concluir um valor médio para as velocidades dos pedestres em que divergiu com o valor padronizado pelo HCM.

Tabela 9: Dados de contagem volumétrica e resultados de velocidades para o período total

Classificação de pedestres	Quantidade	Velocidade média (m/s)	Velocidade de fluxo durante 15 minutos (V_{15})	Quociente de Fluxo (v_{ped})
Adulto	364	1,21	70,64	38,39
Idoso	103	0,99	58,25	31,66
Jovem	45	1,22	71,28	38,74
Criança	24	1,10	69,49	37,77
Adulto acompanhado de Criança	14	0,98	59,16	32,15
Ciclista empurrando bicicleta	1	0,98	60,16	33,15
Adulto usando muleta	1	0,73	61,16	34,15
Gestante	1	1,10	62,16	35,15
Idoso usando bengala	1	0,73	63,16	36,15
Deficiente físico	1	1,06	64,16	37,15
TOTAL	555	1,16	68,59	37,28

Tem-se o seguinte intervalo para o quociente de fluxo no período total: $33 < v_{ped} < 49$. Logo, por meio da Tabela 3, verifica-se que durante o tempo total o nível de serviço para o segmento de calçada é D, pois $v_{ped} = 37,28$. Além disso, têm-se que o valor da velocidade média de todos os pedestres durante 60 minutos é igual a 1,16m/s.

Nesse sentido, considerando os dados referentes às velocidades dos pedestres no segmento de calçada, assume-se nesse estudo a distribuição normal como resultado para a frequência das velocidades obtida, como mostra a Figura 2 a seguir.

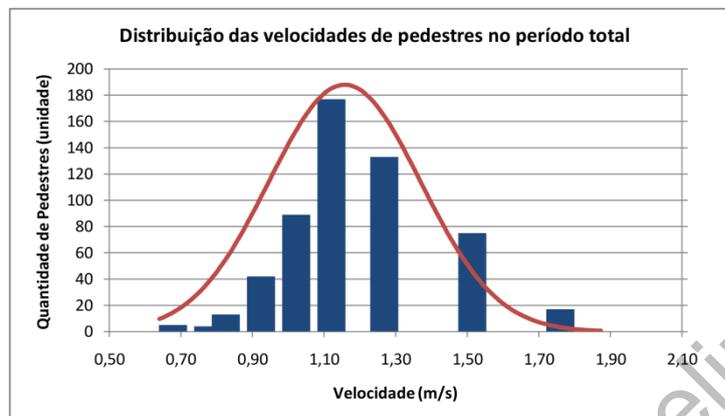


Figura 2: Histograma com a distribuição das velocidades de acordo com a quantidade de pedestres no decorrer do período total

Assim, realiza-se a última etapa do método, com o intuito de comparar a média da velocidade da amostra de pedestres (1,16 m/s) com o valor de referência (1,2 m/s). Com isso, após a execução do teste utilizando o software R, considerando um nível de significância de 5%, foi observado que o nível descritivo do teste (P-valor) é igual a 3,792e-05.

Portanto, observa-se que esse valor é consideravelmente muito pequeno e como $P\text{-valor} < \alpha$ (nível de significância), tem-se evidências para rejeitar a hipótese nula, ou seja, existem fundamentos para afirmar que a média para a velocidade dos pedestres no segmento da Av. 24 de Outubro na cidade de Goiânia-GO é diferente de 1,20 (m/s), por isso não pode-se considerar o valor preestabelecido pelo HCM e para a realização do estudo de nível de serviço em questão adota-se a velocidade média obtida na amostra de 1,16 (m/s).

6. CONCLUSÕES

Como pode ser verificado neste trabalho, não existe a necessidade de reajustar a velocidade preestabelecida pelo Manual do HCM (1,2m/s) para determinar o nível de serviço de pedestres no segmento de calçada, pois mesmo constatando a diferença entre a velocidade sugerida e a calculada após a coleta de dados, o nível de serviço se manteve. Segundo o HCM, no nível de serviço D, a liberdade de escolha da velocidade de caminhada e de ultrapassagem de outros pedestres é limitada. Travessias e movimentos em sentido oposto apresentam alta probabilidade de conflitos, requerendo frequentes mudanças de velocidade e posição. O fluxo é fluido, mas o atrito e a interação entre os pedestres é provável.

Embora alguns processos possam assumir uma variedade de resultados, muitas variáveis observadas podem obter uma distribuição de probabilidade normal, conforme é mostrado na Figura 2. Dessa forma, a realização do método discutido neste trabalho aplicado em outros segmentos de calçadas e em dias diversificados, pode ser utilizado para uma comparação, cujo objetivo é encontrar uma amostra com maior variabilidade.

Por fim, através dos resultados obtidos abre-se um questionamento a respeito da velocidade que represente a população da cidade de Goiânia ou o tipo de segmento de calçada

analisado, visto que o HCM estabelece uma velocidade de 1.2 m/s e a velocidade encontrada no estudo de caso foi de 1.16 m/s. Com base no teste de hipótese realizado, sabe-se que existem evidências para recusar $H_0 = 1,2$ m/s, em outras palavras, que a velocidade de 1.2 m/s não seja apropriada. Mediante isso, sugere-se realizar uma contagem volumétrica com o objetivo de obter mais dados e em dias diferentes e também em locais diferentes para possibilitar uma comparação entre as amostras e dessa forma concluir qual seria a velocidade "padrão" para a cidade de Goiânia-GO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, (2016). Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/em-sao-paulo-978-dos-idosos-nao-conseguem-atravesar-a-rua-no-tempo-dos-semaforos/25221/>>. Acesso em 20 de junho, 2019.
- Anuário CNT do Transporte: estatística consolidada. Brasília: CNT, 2017. Disponível em: <<http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2017/Rodoviario/1-4-2-1-1-/Frota>>. Acesso em 15 de março, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 2015.
- Bruton, M. J. (1979) Introdução ao Planejamento dos Transportes. Rio de Janeiro: Interciência; São Paulo, Editora Universidade de São Paulo.
- Código de Trânsito Brasileiro, 1999 Departamento Nacional de Trânsito. Manual de segurança de pedestres. 2 ed. Brasília, 1987 (Coleção Serviços de Engenharia, V. 3).
- Diário Oficial Município de Goiânia. Lei N° 8644, de 23 de julho de 2008. Disponível em: <http://www.goiania.go.gov.br/download/legislacao/diariooficial/2008/do_20080725_000004414.pdf>. Acesso em 20 de junho, 2019.
- DUIM, Etienne Larissa; LEBRÃO, Maria Lúcia; ANTUNES, José Leopoldo Ferreira. Regulação do tempo de travessia para pedestres: considera-se a pessoa idosa? Disponível em: <https://mobilidadeape.files.wordpress.com/2016/02/report_tempo-de-travessia-para-pedestre-e-a-velocidade-de-marcha-de-pessoas-idosas.pdf>. Acesso em 23 de março, 2019.
- FERREIRA, M; e SANCHES, S. (2001). Índice de Qualidade das Calçadas – IQC. Revista dos Transportes Públicos, 11, São Paulo, v.01, n. 91, p. 47-60.
- Guia para a construção de calçadas. Disponível em: <http://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/08/Guia_construcao_calçadas.pdf>. Acesso em 20 de março, 2019.
- Índice de Caminhabilidade (2016). Disponível em: <<http://2rps5v3y8o843iokettbxny.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/09/2016-09-ITDP-caminhabilidade-ferramenta.pdf>> Acesso em 11 de março, 2019.
- O transporte urbano do século 21. ANTP (2002). Disponível em: <http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/01/10/336EF961-880A-4CA0-A99C-BAF082D6B187.pdf> Acesso em 10 de março, 2019.
- Pesquisa da Mobilidade da População Urbana (2017). Disponível em: <<https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub636397002002520031.pdf>>. Acesso em 28 de maio, 2019.
- Portugal, L. da S. e Goldner, L. G. (2003) Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e seus Impactos nos Sistemas Viário e de Transportes, 1ª. Edição, São Paulo: Editora Edgard Blücher
- SOUSA, Mendonça Adriano. Departamento de Estatística - PPGEMQ / PPGE - UFSC. Testes de Hipóteses. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/adriano/aulas/th/tthip.pdf>>. Acesso em 12 de junho, 2019.

Douglas Carlos Soares de Matos (dcsmatoss@gmail.com)

Wigne Cândido Matias Júnior (wignejr@gmail.com)

Poliana de Sousa Leite (polianaleite@ufg.br)

Eder Angelo Milani

Engenharia de Transportes, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Goiás

Rua Mucuri, s/n – Setor Conde dos Arcos, Aparecida de Goiânia – GO, 74968-755.