

ESTUDO DOS FATORES QUE AFETAM A VELOCIDADE DE CAMINHADA EM FAIXAS DE PEDESTRES LOCALIZADAS EM RODOVIAS.

Liliane Brito de Melo

Governo do Estado de Roraima

Ana Cláudia S. Torres

Maria Alice Prudêncio Jacques

Mestrado em Transportes

Universidade de Brasília

RESUMO

O aumento populacional urbano gerou uma expansão territorial das cidades levando, quase sempre, à ocupação do solo ao longo das rodovias de acesso às áreas urbanas. Uma das consequências importantes dessa ocupação é o aumento da travessia de pedestres nessas vias, um problema complexo, visto que interromper o fluxo de veículos numa rodovia não é decisão fácil de ser tomada e implementada. Na literatura técnica nacional, onde a velocidade de caminhada é utilizada, não existe indicação de que os valores recomendados refletem o comportamento do pedestre brasileiro. Assim, torna-se necessária a avaliação da aplicabilidade desses valores, que são oriundos de estudos internacionais. Dentro deste contexto, o objetivo do presente trabalho foi o de identificar os fatores que afetam a velocidade de caminhada em faixas de pedestres localizadas em rodovias, e definir um modelo que permita a estimativa dessa velocidade. O estudo de caso realizado em Brasília revelou que a velocidade dos pedestres em travessias é afetada tanto pelas características pessoais dos pedestres, como idade e sexo, quanto pela extensão da travessia, motivo principal do deslocamento e a forma pela qual ele se realiza (isolado ou em grupo de pedestres).

ABSTRACT

Urban population growth brings about the expansion of urban areas, which, in many cases, leads to occupation of areas at the vicinity of rural highways that give access to cities. One of the most important consequences of this type of occupation is the increase in pedestrian activities at these sites. This situation leads to a complex traffic safety problem because it produces many highway pedestrian crossings. The safety of these crossings is hard to guarantee, as the interruption of vehicular traffic flow on rural highways is a difficult task. Brazilian technical literature, which considers pedestrian walking mean speed for traffic related studies, does not indicate whether or not the recommended walking speed values represent Brazilian pedestrian behavior. Therefore, it is necessary to investigate if these walking speed values are effectively applicable to Brazilian conditions, as these values have been determined according to international studies. Within this context, the aim of this work is to study walking speed at pedestrian crosswalks located on rural highways and to develop a model for estimating this speed. The case study conducted in Brasília showed that the walking speed at the crosswalks considered is significantly affected by crosswalk length as well as by pedestrians' personal characteristics such as gender and age, the reason for crossing and the way in which this occurs- individually or in group.

1. INTRODUÇÃO

O comportamento dos pedestres no trânsito em rodovias ainda é um tema pouco explorado dentro do universo da engenharia de tráfego. No entanto, o crescente aumento populacional urbano gerou uma expansão territorial das cidades, provocando em diversas situações a ocupação das áreas ao longo das rodovias próximas aos centros urbanos. Uma das consequências dessa ocupação é o aumento da travessia de pedestres nessas vias.

Considerando que cada pedestre comporta-se diante de uma travessia de acordo com suas características pessoais, a segurança dos pedestres em rodovias tornou-se um problema, visto que interromper o fluxo rodoviário de veículos não é uma decisão fácil de ser tomada, pois depende de inúmeras variáveis, como o volume de tráfego, os tipos de veículos que transitam, as atividades geradoras da necessidade da travessia pelos pedestres etc.

A literatura técnica nacional não faz referência a estudos realizados no Brasil, seja quanto ao comportamento geral dos pedestres às margens de rodovias, ou quanto à velocidade média de caminhada no cruzamento dessas vias. O conhecimento da velocidade de travessia dos pedestres em rodovias tem grande importância em razão das altas velocidades desenvolvidas pelo tráfego rodoviário e, no caso das travessias controladas por semáforo, seu conhecimento é indispensável para a determinação do tempo de semáforo da faixa de pedestres. Contudo, o que se tem conhecimento é que os estudos realizados no Brasil relativos às travessias de pedestres levam em conta critérios baseados em dados que refletem, usualmente, a realidade de países da América do Norte e Europa.

O objetivo geral desse trabalho foi o de aprofundar o estudo realizado por Melo (2003), no que diz respeito à velocidade adotada pelo pedestre para cruzar rodovias em locais sinalizados por faixas de pedestres e não controlados por semáforos. Esta investigação visa contribuir com futuros trabalhos voltados à definição de locais para travessia de pedestres ao longo de rodovias. Isto é, a utilização do modelo desenvolvido para a estimativa da velocidade de travessia, em conjunto com estudos do volume de tráfego, pode permitir uma avaliação prévia das oportunidades de travessia dos pedestres em determinada seção da rodovia onde a implantação de uma faixa de pedestres está sendo considerada.

2. PRESENÇA DE PEDESTRES NAS ÁREAS LINDEIRAS DE RODOVIAS

A ocupação das áreas lindeiras das rodovias, em geral, se dá de forma desordenada e as atividades que mais são atraídas para esses locais são as atividades de caráter comercial, que são beneficiadas pela exposição direta aos usuários da rodovia. Essa concentração de atividades ao longo da rodovia, no decorrer do tempo, estimula outros tipos de ocupação e contribui para a expansão das cidades no entorno dessas vias. Em outras situações, rodovias são implantadas de tal forma que cortam áreas já urbanizadas, exigindo das populações o cruzamento freqüente da via.

As rodovias inseridas em áreas urbanizadas possuem múltiplas funções. Ao mesmo tempo em que servem ao tráfego de passagem (tráfego rodoviário), se constituem em vias naturais e, muitas vezes, preferenciais para a circulação dos veículos nas viagens intra-urbanas (tráfego urbano). Devido ao seu papel como vias urbanas contam, também, com a presença de pedestres circulando nas suas margens e realizando operações de travessia. Assim, os trechos das rodovias que operam nessas condições podem se tornar funcionalmente inadequados, o que representa uma perda para a sociedade. Nesses locais, portanto, devem ser adotadas políticas voltadas ao controle apropriado do uso do solo e estratégias de gerenciamento do tráfego que busquem conciliar os interesses da comunidade afetada e do transporte rodoviário. Isto é, que garantam a segurança dos usuários (motorizados e não motorizados) e a fluidez do tráfego.

3. TRAVESSIAS DE PEDESTRES

A questão da travessia de pedestres, em rodovias ou em vias urbanas, precisa ser tratada de modo a levar em conta as características desses usuários e as condições de operação do tráfego veicular. A análise conjunta desses elementos é que deve subsidiar a decisão da implantação dos dispositivos facilitadores e disciplinadores das travessias de pedestres, assim considerados a sinalização viária para a travessia em nível (faixas de pedestres) e os dispositivos para a realização da travessia em desnível (passarelas e túneis). O foco desse

trabalho é nas travessias em nível, não controladas por semáforo, implantadas em rodovias inseridas em áreas urbanas.

3.1. Características dos pedestres

O Austroad (1994) e o ITE (*apud* Lalani 2001), consideram o pedestre como a pessoa que viaja a pé, incluindo-se, ainda, pessoas que usam cadeiras de rodas. A classificação do Austroad (1994) é mais abrangente e inclui nesse grupo toda pessoa que se desloca por modo de transporte não motorizado. A literatura técnica brasileira identifica o pedestre como a pessoa que se desloca ou se acha a pé em via pública, sendo essa conceituação semelhante a da literatura internacional (DNER, 1997). Os pedestres formam um grupo heterogêneo de usuários do sistema viário, que engloba pessoas de diferentes faixas etárias, sexos, nacionalidades e níveis socioeconômicos. Este grupo se divide ainda em diferentes níveis de condições físicas de utilização do sistema viário, como por exemplo, pessoas idosas e portadores de necessidades especiais (PNE's).

A complexidade do problema da segurança de pedestres se deve à grande variabilidade das características físicas e comportamentais de cada pedestre. Os estudos relacionados a pedestres têm grande importância, já que este elemento do sistema não é tão somente vítima do problema de trânsito, mas também uma de suas causas (Valdez, 1988). Segundo CEFTRU (2002), de um total de 108.415 acidentes de trânsito ocorridos no ano de 2000 nas rodovias federais brasileiras, onde morreram 6.282 pessoas, cerca de uma em cada cinco pessoas era pedestre, o que corresponde a 17,18% do total de vítimas fatais. Segundo o Austroad (1994), a metade do número de mortes dentro da categoria pedestres é de crianças e idosos.

3.2. Travessias de pedestres

Uma travessia de pedestres é a porção da rodovia onde é permitido aos pedestres atravessar a via, podendo ser sinalizada ou não, e estar localizada ao nível da via ou em desnível, acima ou abaixo da via de tráfego veicular (Lalani, 2001; DENATRAN, 1987). Os locais de travessias em nível devidamente sinalizados por marcas viárias (faixas zebreadas) são denominados de faixas de pedestres. A faixa de pedestres, quando instalada corretamente na via, constitui uma importante medida de segurança de trânsito, podendo ser utilizada tanto nos locais de travessia controlada por semáforos como nos locais não controlados (Mota, 1984).

Diretrizes para auxiliar na decisão da implantação de uma faixa de pedestres não controlada por semáforos e/ou com uso de canalizações foram estabelecidas nos estudos de Smith e Knoblauch (*apud* ITE-committee 5A-5, 1998) (Figura 1). Nessas diretrizes são recomendadas condições básicas, tais como, velocidade limite na via (aprox. 75 km/h); distância mínima de 180 m da esquina mais próxima para travessias em meio de quadras etc.

Estudos para auxiliar na decisão da remoção de faixas de pedestres já foram realizados. Zegeer (*apud* Lalani, 2001), fez uma pesquisa sobre travessias com e sem faixa de pedestres onde foram apresentados dados estatísticos sobre colisões envolvendo pedestres nos dois tipos de travessia citados. Por causa dessa pesquisa algumas cidades dos Estados Unidos da América, passaram a remover as faixas de pedestres como forma de tratamento de interseções não controladas localizadas em vias com características de fluxo rodoviário de alta velocidade. A Tabela 1 apresenta um resumo de técnicas de engenharia de tráfego que podem ser usadas na assistência a pedestres nas travessias, bem como no controle das interações entre veículos e pedestres.

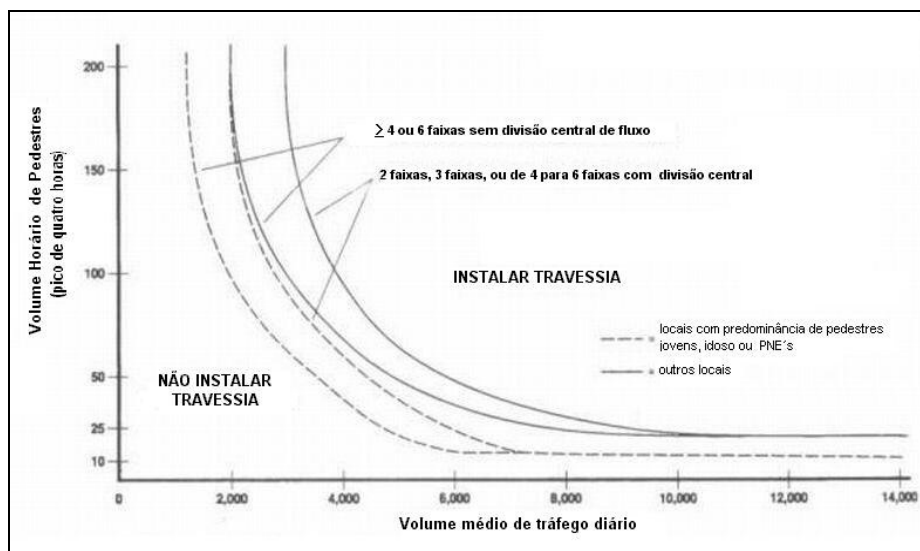


Figura 1: Diretrizes para instalação de faixas de pedestres não semaforizadas.
(Fonte: Lalani, 2001)

Tabela 1 – Classificação das facilidades para travessias de pedestres.

CLASSIFICAÇÃO	OBJETIVOS	FORMAS DE TRATAMENTO
Meios físicos de auxílio ao pedestre (na própria via)	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a segurança dos pedestres • Reduzir o grau de periculosidade da travessia • Diminuir os conflitos veículo/ pedestre • Simplificar a tomada de decisão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ilhas de refúgio de pedestres; • Canteiros centrais; • Dispositivos de controle de velocidade; • Grades de proteção etc.
Instalações Controladoras de Tráfego	<p>Separação de curto espaço de tempo para o uso de uma parte da via pelos pedestres alternadamente com o uso feito pelos veículos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Faixas de pedestres (zebradas) • Sinalização semafórica atuada; • Travessias Pelicano (Pelican); • Fase especial para pedestres.
Instalação de separação espacial em nível	<p>Aumentar a segurança com os pedestres através da eliminação dos conflitos com os veículos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Passagens subterrâneas • Passarelas suspensas
Instalações Integradas	<p>Prover um meio de coexistência no ambiente rodoviário entre pedestres e veículos de forma não supervisionada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sinalização preventiva; • Iluminação das travessias; • Delimitação de zonas escolares.

Fonte: Austroads, 1994.

3.3. Velocidade de caminhada

Os estudos envolvendo os deslocamentos de pedestres são feitos através de analogia com o escoamento de fluido composto de partículas, e cujos parâmetros são velocidade, densidade, volume e nível de serviço (HCM, 2001). Contudo, a característica comportamental dos pedestres de nem sempre viajarem em trajetórias definidas, apesar de o fazerem sob condições de fluxo intenso, é identificado sob o ponto de vista microscópico e acentua as diferenças entre o tráfego veicular e o tráfego de pedestres (McShane e Roess, 1990; Hoogendoorn e Bovy, 2002). Nesse contexto, a velocidade de caminhada dos pedestres é função do tipo de deslocamento que o indivíduo realiza e das condições locais de escoamento. A conceituação

básica é de que a velocidade de caminhada de pedestre é a taxa de movimentação do tráfego de pedestres numa direção específica, expressa em unidades de distância por unidades de tempo.

A velocidade de caminhada tem uma faixa de variação muito grande, devendo ser ajustada em função da densidade e das características dos pedestres e de obstáculos existentes no seu deslocamento. Fruin (1971), em um dos primeiros estudos sobre a velocidade de caminhada de pedestres, determinou que estas variam entre 1,30 m/s (257 ft/min) e 1,38 m/s (272 ft/min), para uma amostra de mil pedestres. Análises feitas por McShane e Roess (1990) permitiram concluir que a mediana das velocidades de caminhada corresponde a 1,52 m/s e o 85º percentil corresponde a 1,83m/s, o que corresponde a dizer que 85 % dos pedestres caminham com velocidade de travessia inferior a 1,83 m/s. O cálculo da duração do tempo da fase verde do sinal de tráfego é geralmente baseado numa velocidade de caminhada de 1,20 m/s, que é utilizada na literatura técnica nacional e internacional (DENATRAN, 1984; HCM, 2001).

Segundo Bovy (*apud* CET, 1988), a velocidade do pedestre diminui à medida que aumenta a inclinação da via; para aclives superiores a 10% a velocidade média cai para menos de 1,0 m/s. Para uma movimentação normal dos pedestres a literatura técnica geralmente considera que elevações no greide de até 5% não afetam a velocidade de caminhada (HCM, 2001). Os estudos de Valdez (1988) apresentam dados sobre a velocidade de caminhada estratificada por sexo e idade, onde se observa que, entre os pedestres adultos, os homens são 22% mais rápidos que as mulheres cuja velocidade de caminhada é igual a 1,40 m/s.

Rouphail *et al.* (1999), através de simulação, encontrou que, quando a proporção de idosos corresponde a 20% do grupo, a velocidade média deste grupo cai em torno de 15%. Por essa razão é recomendado o valor de 1,00 m/s para a velocidade de caminhada em travessias nessas situações, ou seja, quando o número de pedestres idosos exceda a 20% do valor total de pedestres na travessia. O estudo de Coffin e Morrall (1995) sobre idosos demonstrou a interferência da idade do pedestre na velocidade de caminhada, embora deixe claro que esta não seria uma variável primária. McGee (*apud* Knoblauch *et al.*, 1996) numa revisão da literatura existente observou que muitos dos pedestres, talvez 30 % da população de pedestres, onde muitos são idosos, não conseguem caminhar normalmente na velocidade de 1,22 m/s, velocidade essa indicada pelo MUTCD (1998) para o cálculo do tempo de atendimento ao pedestre em travessias semaforizadas.

4. VELOCIDADE DE CAMINHADA EM FAIXAS DE PEDESTRES LOCALIZADAS EM RODOVIAS

Melo (2003) desenvolveu um estudo sobre velocidades médias de caminhada em travessias situadas em rodovias do Distrito Federal-DF e entorno, principalmente as do tipo arterial secundário, nos trechos onde se observa ocupação urbana das áreas lindeiras ou com atratividade comercial que gera circulação de pedestres e com tráfego constituído de veículos pesados, utilitários e coletivos interestaduais e intermunicipais. A realização do estudo se deu a partir da coleta e análise das velocidades de caminhada nos seguintes tipos de travessias em nível:

- sinalizadas com faixa de pedestres, controladas por semáforo atuado por pedestre (CS);
- sinalizadas com faixa de pedestre, sem sinalização semafórica (FP);
- com ausência de sinalização (faixa ou semáforo de pedestre) (SS).

Para a escolha das travessias, além dos critérios de avaliação do tipo de sinalização existente e do tipo de controle, foi verificado, também, o uso do solo nas proximidades da travessia, considerando o tipo e a atividade geradora da movimentação dos pedestres como, por exemplo, trabalho, escola, lazer etc. No final da análise, foram escolhidas cinco travessias controladas por semáforo, cinco travessias sinalizadas com faixa de pedestres e cinco travessias sem sinalização. Os dados coletados, relativos às travessias sinalizadas com faixa de pedestre sem sinalização semafórica (FP), serão utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho. Na Tabela 2 são apresentadas as principais características dessas travessias.

Tabela 2: Caracterização das travessias de pedestres selecionadas

Nº	Travessias	Local	Rodovia	Sinalização Existente	Atratividade	Amostra (pedestres)
1	FP-I	Universidade I (Taguatinga)	DF-001/EPCT	Faixa de Pedestre	Escolar e Residencial	112
2	FP-II	Universidade II (Taguatinga)	DF-001/EPCT	Faixa de Pedestre	Escolar e Residencial	73
3	FP-III	Setor Comercial I (Taguatinga)	DF-001/EPCT	Faixa de Pedestre	Centro Comercial	58
4	FP-IV	Setor Comercial II (Taguatinga)	DF-001/EPCT	Faixa de Pedestre	Centro Comercial	41
5	FP-V	Shopping Center (Taguatinga)	DF-001/EPCT	Faixa de Pedestre	Comercial e Lazer	94

Para a obtenção dos dados de velocidade, foi adotado o método de observação direta com o auxílio de equipamento de gravação de imagens portátil, posicionado longe da linha de visão dos pedestres, para evitar possíveis alterações de comportamento durante a travessia. Este mesmo método foi utilizado em outras pesquisas com pedestres (Knoblauch *et al.*, 1996; Guerrier e Jolibois, 1998; Zeedyk e Kelly, 2002), tendo produzido resultados confiáveis. O período de filmagem foi de uma hora, em dia típicos, de terça-feira a quinta-feira, excluindo feriados e vésperas de feriados, sendo considerados todos os pedestres que passaram na travessia nesse período. Associada à filmagem foi feita breve entrevista com o objetivo de identificar a idade do pedestre. O sexo do indivíduo entrevistado também foi registrado. A referência para o tamanho da amostra de entrevistados foi de 60% do total de pedestres observados. Contudo, em alguns casos esse percentual teve que ser reduzido para 40%. O principal fator influenciador para essa redução foi a recusa à entrevista.

Com o auxílio do equipamento de reprodução de imagens gravadas e de um cronômetro, foram tomados os tempos de travessia dos pedestres, classificando-se as travessias em dois tipos: em grupo e isoladas. Foram excluídos da amostra os pedestres que: atravessaram correndo, ou em diagonal; se colocaram dentro da travessia antes de efetivamente realizá-la; tiveram a travessia interrompida por qualquer motivo; atravessaram de mãos dadas, ou prestando auxílio a outro pedestre; estavam com crianças de colo, ou carregando pacotes volumosos ou bagagem. Além destes, também foram excluídas na amostra as crianças com idade de até 13 anos e, no caso das faixas de pedestres, que atravessaram fora da faixa.

Os dados sobre a velocidade de caminhada e características das travessias foram empregados para a geração de duas bases de dados. A Base de Dados 1 (BD-1) contém os dados sobre a velocidade de caminhada, sexo do pedestre, condição da travessia (isolada ou em grupo), forma de controle (CS, FP e SS), e a característica predominante do uso do solo no local. A outra base de dados, Base de Dados 2 (BD-2), contém os mesmos dados da BD-1 e inclui,

também, a idade do pedestre cuja velocidade foi medida. Portanto, a BD-1 contém o registro de todas as velocidades medidas e a BD-2 só os registros das velocidades correspondentes aos pedestres que informaram a idade.

O autor tratou os dados de forma a obter dados referencias sobre velocidades médias de caminhada em travessias sob formas de controle diferentes. Através de uma análise estatística geral, identificou para cada forma de controle os principais fatores que afetaram as velocidades médias observadas, dentre os quais destaca-se o comprimento das travessias e o fato dos pedestres se deslocarem ou não em grupos. O estudo não abordou a modelagem da velocidade de caminhada em travessias.

4. ESTUDO DA VELOCIDADE DE CAMINHADA EM TRAVESSIAS NÃO SEMAFORIZADAS

A travessia em faixas de pedestres não semaforizadas, ou seja, somente sinalizadas por placas de advertência e pintadas no pavimento, é privilegiada no Distrito Federal. O rigor na fiscalização da legislação de trânsito leva os motoristas a darem prioridade à passagem dos pedestres nesses locais. No caso das faixas implantadas em rodovias inseridas em áreas urbanas, embora o comportamento do motorista tenda a ser o mesmo, muitas vezes as velocidades praticadas e os altos volumes de tráfego dificultam a ação dos motoristas e pedestres nestas vias. O conhecimento da velocidade de travessia do pedestre nesta situação revela-se, portanto, como um importante instrumento para subsidiar a tomada de decisão do órgão gestor no que diz respeito à conveniência ou não de implantação dessas faixas, sob a ótica da segurança do pedestre.

4.1. Metodologia do estudo

Para a realização do estudo sobre a velocidade de caminhada em travessias de pedestres localizadas em rodovias inseridas em áreas urbanas, foi utilizada parte da base BD-2, montada por Melo (2003). Assim, o procedimento empregado para a coleta e organização dos dados é o descrito na Seção 3 deste artigo.

A partir da base BD-2 foram extraídos todos os casos associados às travessias sinalizadas e não controladas por semáforo. As características gerais dessas travessias são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Dados das travessias estudadas

Código	Comprimento da Faixa (m)	Uso do Solo (ocupação)	Propósito da Circulação	Tamanho da Amostra	
				BD-2	BD-1
FP-I	8,5	alta	escola	72	112
FP-II	6,8	alta	escola	54	73
FP-III	6,8	alta	Trabalho/compras	43	58
FP-IV	6,8	alta	compras	25	41
FP-V	6,8	alta	compras	65	94

Os dados disponíveis foram então utilizados para a investigação dos fatores que efetivamente afetam a velocidade de caminhada dos pedestres na realização do tipo de travessia considerada. Para tanto foi utilizado o modelo de regressão linear mostrado na Equação 1.

$$VC_{FP} = A_0 + A_1 \cdot G + A_2 \cdot CT + A_3 \cdot T + A_4 \cdot C + A_5 \cdot E + A_6 \cdot S + A_7 \cdot I \quad (1)$$

onde:

- VC_{FP} = velocidade de caminhada em travessias sinalizadas com faixa de pedestres;
 G = variável *dummy* associada a cada pedestre; se o pedestre está se deslocando em grupo, $G = 1$ e caso contrário $G = 0$;
 CT = comprimento da travessia, em metros.
 T = variável *dummy* que assume valor 1 para o propósito de circulação trabalho/compras e trabalho/casa;
 C = variável *dummy* que assume valor 1 para o propósito de circulação de compras;
 E = variável *dummy* que assume valor 1 para o propósito de circulação escola.
 S = variável *dummy* associada ao sexo do pedestre. Se o pedestre é do sexo masculino, $S = 1$; caso contrário, $S = 0$;
 I = idade do pedestre, em anos.

A partir da análise dos coeficientes associados às variáveis introduzidas no modelo, para um nível de significância de 5%, foi possível verificar quais as que efetivamente influenciaram a velocidade de caminhada. Levando em conta somente as variáveis estatisticamente significativas foi possível, então, produzir um modelo para estimativa da velocidade de caminhada em travessias sinalizadas e não semaforizadas, localizadas em trechos de rodovias inseridos em áreas urbanas.

4.2. Resultados obtidos

A calibração da Equação 1 (Modelo 1) produziu os resultados mostrados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados obtidos na calibração do Modelo 1

Variável	Coefficiente	t	p (*)	Observação(**)	R ²
Constante	0,040	0,167	0,868	NS	0,395
CT – Comprimento Travessia	0,162	5,656	0	S	
G – Deslocamento em Grupo	-0,119	-5,601	0	S	
T – Motivo Trabalho	0,009	0,170	0,865	NS	
C – Motivo Compras	0,248	4,167	0	S	
E – Motivo Escola	-0,015	-0,397	0,692	NS	
S – Sexo do Pedestre	0,078	3,574	0	S	
I – Idade do Pedestre	-0,002	-2,260	0,025	S	

(*) Teste bi-caudal.

(**) NS – Não Significativa / S - Significativa

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, pode-se observar que a constante do modelo e as variáveis T e E não apresentaram resultados significativos para o nível de significância de 5%. Os resultados mostram, portanto, que a velocidade de caminhada nas travessias estudadas é afetada pelos seguintes fatores: extensão da travessia, propósito compras, travessia em grupo, idade e sexo do pedestre.

A partir dessa análise, construiu-se o Modelo 2, mostrado na Equação 2, no qual só estão presentes as variáveis significativas. A Tabela 5 apresenta os resultados da calibração desse modelo, e a Figura 2 o resultado da análise dos resíduos associados. A análise desses resíduos revela que os mesmos estão adequadamente distribuídos, de forma aleatória, indicando que o Modelo 2 representa de forma satisfatória a velocidade do pedestre. As variáveis são definidas de acordo com o indicado no Modelo 1.

$$VC_{FP} = A_1 \cdot G + A_2 \cdot CT + A_4 \cdot C + A_6 \cdot S + A_7 \cdot I \quad (2)$$

Tabela 5: Resultados obtidos na calibração do Modelo 2

Variável	Coefficiente	t	p(*)	Observação	R ²
CT – Comprimento Travessia	0,165	47,071	0	Todas Significativas	0,983
G – Deslocamento em Grupo	-0,120	-5,768	0		
C – Motivo Compras	0,256	12,058	0		
S – Sexo do Pedestre	0,081	3,801	0		
I – Idade do Pedestre	-0,002	-2,186	0,030		

(*) Teste bi-caudal.

Analisando o sinal dos coeficientes do modelo verifica-se que:

- a velocidade do pedestre diminui quando ele está realizando a travessia em grupo;
- a velocidade de caminhada do homem é superior a da mulher;
- travessias em centros comerciais induzem a maior velocidade
- o aumento da idade implica na redução da velocidade de caminhada.

A partir dos resultados gerais da calibração, portanto, é possível verificar que o Modelo 2 é estatisticamente adequado para estimar a velocidade de caminhada do pedestre em travessia sinalizada e não semaforizada, localizada em rodovias inseridas em áreas urbanas do Distrito Federal. Isto é, embora a identificação dos fatores intervenientes e o impacto deles sobre a velocidade de caminhada possam ser considerados genéricos, até porque confirma outros estudos realizados, o Modelo para estimativa não pode ser utilizado em outras cidades (ou áreas) sem a devida calibração. Para essa calibração, devem ser coletados dados relativos às diversas variáveis incluídas no Modelo, em locais que sejam representativos das condições gerais da cidade (ou área) onde o mesmo pretende ser empregado.

Resíduos

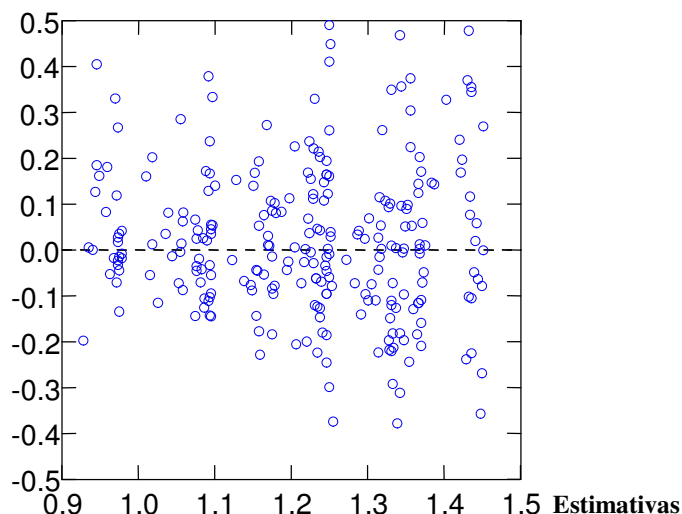


Figura 2: Gráficos dos resíduos gerados com o Modelo 2

5. CONCLUSÕES

Embora os pedestres sejam os usuários mais frágeis do sistema viário, muito das características do seu desempenho no trânsito não são conhecidas com a profundidade necessária. As ocorrências de acidentes com esses usuários, sobretudo os relacionados a atropelamentos em operações de travessia, estão cada vez mais presentes nas estatísticas de acidentes de trânsito. No caso de acidentes em rodovias, os atropelamentos são, em geral, fatais, devido, sobretudo, a maior velocidade praticada pelos veículos.

Assim, a seleção do local e a forma de controle da travessia a ser implementada em rodovias inseridas em áreas urbanas deve levar em conta, dentre outros fatores, o volume esperado de pedestres na travessia e as oportunidades de travessia que o fluxo veicular oferece. No caso da definição pela implantação de travessias em nível (somente sinalizadas ou sinalizadas e semaforizadas), o conhecimento da velocidade de travessia do pedestre é fundamental para a realização de análises do potencial de risco oferecido pelo dispositivo para os pedestres e a impedância que o mesmo terá sobre a fluidez do tráfego veicular.

Nesse trabalho foi realizado um estudo voltado à identificação dos fatores que afetam a velocidade de caminhada dos pedestres em travessias sinalizadas e não semaforizadas. Foi identificado que essa velocidade é sensível a alguns fatores, que são: sexo e idade dos pedestres, extensão da travessia, modo de travessia em grupo e propósito da travessia. Foi desenvolvido, também, um modelo que pode ser aplicado para estimar a velocidade de caminhada em travessias localizadas em rodovias do Distrito Federal.

Através do modelo desenvolvido foi possível identificar o impacto geral de cada variável em termos de aumento e redução da velocidade de caminhada. Isto é, o modelo confirma impactos esperados como o de que o homem tem velocidade de caminhada superior a da mulher ou o de que pessoas mais velhas têm velocidade inferior à das mais jovens. Ele mostra, também, que o deslocamento das pessoas em grupo se dá em velocidades inferiores às praticadas no deslocamento individual; que o pedestre aumenta sua velocidade em travessias mais longas; e que a velocidade de caminhada em áreas comerciais é mais elevada do que em locais com outro tipo de uso do solo.

Finalmente, os resultados da calibração indicam que o modelo pode ser usado na estimativa da velocidade de caminhada em travessias localizadas no Distrito Federal. O seu uso em outra realidade, entretanto, requer um novo processo de calibração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Austroroads (1994) *Guide to traffic engineering Practice*, part 13 – Pedestrians. Australia.
- CEFTRU (2002) *Acidentes de trânsito nas rodovias federais: análises e recomendações*. – Centro de formação de Recursos Humanos em Transportes. Universidade de Brasília - UnB. Brasília.
- Coffin, A. e Morrall, J. (1995) *Walking Speeds of Elderly Pedestrians at Crosswalks*. Transportation Research Record 1487. USA. Disponível em: <http://www.usroads.com/journals/rej/9704/re970404.htm> Última consulta 12/11/2002.
- DENATRAN (1984) *Manual de Semáforos*. Departamento Nacional de Trânsito, Brasília.
- _____. (1987) *Manual de segurança de pedestres*. Ministério da Justiça. Departamento Nacional de Trânsito, Brasília.
- DNER (1997) *Glossário de termos técnicos rodoviários*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro.
- Fruin, J.J. (1971) *Pedestrian – Planning and Design*. Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental, INC. New York. USA.

- Guerrier, J.H. e Jolibois Jr., S.C. (1998) *The safety of elderly pedestrian at five urban intersections in Miami*. Human Factors and Ergonomics Society 42nd Annual Meeting. USA.
- HCM (2001) *Highway Capacity Manual*.
- Hoogendoorn, S.P. e Bovy, P.H.L. (2002) *Normative pedestrian behavior theory and modeling*. International Symposium on Transportation and Traffic Theory. Netherland. Disponível em: http://vk042.citg.tudelft.nl/verkeerskunde/pedestrian/publicaties_files/isttt2002.pdf. Última consulta: 17/05/2003.
- ITE Committee 5A-5 (1998) *Design and safety of pedestrian facilities*. ITE - Institute of Transportation Engineers.USA.
- Knoblauch, R. L., Pietrucha, M. T. e Nitznurg, M. (1996) *Field Studies of Pedestrian Walking Speed and Start-Up Time*, Transportation Research Record 1538. National Research Council. Transportation Research Board. USA. Disponível em <http://www.enhancements.org/trb%5C1538-004.pdf>. Última consulta 01/04/2003.
- Lalani, N. (2001) *The ITE Pedestrian and Bicycle Task Force*. Alternative Treatments for At-Grade Pedestrian Crossings. Washington, D.C. ITE, 2001.
- McShane, W.R e Roess, R.P. (1990) *Traffic Engineering*. Prentice-Hall. USA.
- Melo, L. B. (2003) *Estudo da velocidade média de caminhada de pedestres em travessias localizadas em rodovias*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Brasília.
- Mota, M.A.V. (1984) *Segurança da criança na travessia de vias nas imediações da escola*. EBTU, Empresa Brasileira de Transporte Urbano. Brasília.
- MUTCD (1998) *Manual on Uniform Traffic Controls Devices for streets and highways*. Department of Transportation. FHWA, Federal Highway Administration.USA.
- Roughail, N.; Hummer, J.; Allen, P. e Milazzo, J. (1999) *Recommended Procedures for Chapter13, Pedestrians, of Highway Capacity Manual*. FHWA, U.S. Department of Transportation, USA.
- Valdez, A. (1988) *Ingenieria de Trafico*. 3^a ed., Libreria Editorial Bellesco. España.
- Zeedyk, M. S. e Kelly, L. (2002) *Behavioural observation of adult-child pairs at pedestrian crossing*. Department of Psychology, University of Dundee. UK. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00086-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00086-6) Última consulta em: 01/04/2003.

Endereço dos autores:

Liliane Brito de Melo: lilianebritodemelo@yahoo.com.br
Governo do Estado de Roraima

Ana Cláudia S. Torres: actorres@unb.br
Maria Alice Prudêncio Jacques: mapj@unb.br
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Mestrado em Transportes – Bloco SG-12
CEP.: 70.910-900 – Brasília-DF