Sistema Especialista para Tratamento de Travessias de Pedestres*

Eloir de Oliveira Faria**
Licínio da Silva Portugal***
Marilita Gnecco de Camargo Braga****

SUMÁRIO: 1. Introdução; 2. Caracterização do problema; 3. Metodologia proposta; 4. Estrutura geral do SETTP; 5. Aplicação do SETTP; 6. Conclusões.

PALAVRAS-CHAVE: engenharia de tráfego; segurança de trânsito; travessia de pedestres; sistema especialista; pedestre.

Este artigo apresenta o Sistema Especialista para Tratamento de Travessias de Pedestres (SETTP), segundo uma metodologia para auxiliar na decisão sobre a real necessidade e o tipo mais apropriado de tratamento a ser implantado nas travessias exclusivas de pedestres. A idéia original deste artigo adveio da constatação de deficiências da prática atual, pois a maioria dos técnicos utiliza metodologias derivadas de condições diferentes da nossa realidade e, muitas vezes, não faz os ajustes necessários às especificidades locais ou, então, usa critérios subjetivos sem fundamentos técnicos que os justifiquem plenamente, gerando, assim, travessias inadequadas e inseguras. As características do SETTP favorecem seu uso como treinamento dos técnicos de órgãos gerenciadores do tráfego das cidades brasileiras, tornando-o bastante oportuno, já que, com o Código Brasileiro de Trânsito de 1997, muitas administrações municipais estão optando pelo gerenciamento do trânsito. O SETTP está disponível como protótipo, mas já foi aplicado em diversas situações reais no município do Rio de Janeiro, estimando desempenhos bastante similares aos observados em campo, após a implantação do tratamento recomendado.

---

* Artigo recebido em jul. e aceito em nov. 1999. Os autores agradecem ao CNPq e à CET-Rio pela oportunidade de participar dos estudos que permitiram o desenvolvimento da metodologia apresentada neste artigo.
** MSc e doutorando do Programa de Engenharia de Transportes (PET/Coppe/UFRJ).
*** DSc, professor titular e coordenador do PET/Coppe/UFRJ.
**** PhD e professor adjunto do PET/Coppe/UFRJ.

Expert system for treating pedestrian crossings

This paper describes the Expert System for Treating Pedestrian Crossings (SETTP) and proposes a methodology to be used when deciding whether to implement a pedestrian crossings and which type of remedial measure should be directed to it. The current practice is inadequate: the majority of Brazilian traffic experts use methodologies derived from different prevailing conditions and often do not provide adaptation to local conditions, or use subjective criteria. SETTP's characteristics show that it can be used for training professionals working for local public agencies. Municipalities have been in charge of traffic management since 1997, when the new Highway Code was implemented. SETTP is currently available as a prototype and has been used in analyses of locations in Rio de Janeiro. In the majority of the sites, SETTP has provided estimates similar to the performance observed in the field after implementing the remedial measures proposed.

1. Introdução

A ocupação irracional do espaço urbano e as deficiências da infra-estrutura de transportes geram inúmeros conflitos entre veículos e pedestres, que são acentuados pelo despreparo destes usuários, com nítida desvantagem para os pedestres. Apenas para ilustrar a magnitude do problema, em Porto Alegre, em 1995, 56% dos mortos em acidentes de trânsito eram pedestres (Prefeitura de Porto Alegre, 1996). Condições similares ou ainda mais graves são observadas em outras grandes cidades brasileiras.

É certo que a construção das vias de transporte trouxe mais acessibilidade a diversas regiões, antes isoladas. No entanto, provocou a segregação urbana, prejudicando, principalmente, os pedestres. Além do mais, a rede para o tráfego de pedestres não tem sido planejada com as mesmas condições de continuidade e de fluidez que as do tráfego veicular. Existem mais interrupções no deslocamento dos pedestres, o que dificulta suas viagens, aumenta o atraso e diminui a segurança.

A travessia das vias tende a ser o momento em que ocorre o maior risco, fruto dos conflitos potenciais com o tráfego veicular, especialmente nos locais onde os pedestres não conseguem realizá-la de modo seguro e em um tempo razoável, aumentando sua propensão a assumir riscos (Braga, 1979).

As metodologias existentes para o tratamento de travessias de pedestres mais utilizadas no Brasil — Federal Highway Administration (FHA, 1978), Departamento Nacional de Transportes (Denatran, 1979a e 1979b), Institution of Highways and Transportation (IHT, 1987) e Transportation Research Board (TRB, 1988) —, além de terem sido derivadas de condições diferentes da nossa realidade, são limitadas, por diversos motivos. Estas metodologias não incorporam o conjunto de parâmetros que participa na definição do fenômeno (visibilidade, segurança e fluidez) e não relacionam a

multiplicidade de tipos de tratamentos, adotados pela prática atual, para solucionar o problema ou minimizá-lo.

Os profissionais que as utilizam muitas vezes não fazem os ajustes necessários às especificidades locais ou, então, usam critérios subjetivos, sem fundamentos técnicos que os justifiquem plenamente, gerando assim travessias inseguras.

Como contribuição no enfrentamento desta questão, elaborou-se uma metodologia (Faria et alii, 1993; Faria, 1994) capaz de identificar a relação existente entre as características da via e do tráfego nas travessias de pedestres, incorporando a análise de indicadores de desempenho em termos de fluidez e de segurança, de modo a mostrar aos tomadores de decisão o tratamento mais apropriado a ser implementado.

Para facilitar o uso desta metodologia, foi utilizada uma ferramenta da informática, denominada sistema especialista (Sistema Especialista para Tratamento de Travessias de Pedestres, SETTP). O *software* VP-EXPERT (Sawer, 1990) é o arcabouço do conhecimento.

Esta metodologia foi idealizada para análise, planejamento ou projeto de travessias exclusivas de pedestres em vias urbanas, situadas em interseções. Esta metodologia pode ser aplicada preferencialmente para a análise de locais que ainda não sofreram qualquer intervenção do poder público no sentido de implantar facilidades para o pedestre, mas pode ser adotada também para auxiliar na avaliação do desempenho de locais já tratados.

2. Caracterização do problema

Os pedestres devem ser objeto de grande preocupação por parte dos técnicos e engenheiros de tráfego, não apenas por fazerem parte do grupo de usuários mais vulneráveis, mas também por apresentarem padrões de deslocamento caracterizados pela irregularidade de trajeto e pelas mudanças bruscas na direção e intensidade da velocidade.

O conhecimento das características específicas dos pedestres e dos fatores que podem influir na sua segurança, tais como motivo da viagem, fluxo, padrão de chegada e tipo de pessoa atravessando a via (idade, aptidão física etc.), é muito importante quando se pretende planejar medidas associadas à sua circulação.

O comportamento básico dos motoristas, quando utilizam vias principais para chegar ao seu destino, é minimizar o tempo de viagem, deslocando-se na maior velocidade possível. Quando se deparam com vias congestionadas, tentam utilizar vias locais como alternativa. Algumas das conseqüências deste comportamento são o aumento da insegurança urbana e a deterioração da qualidade de vida.

Este comportamento, portanto, entra em conflito com o interesse dos moradores e dos pedestres, levando a negociações altamente arriscadas pelo uso do espaço urbano.

A existência ou não de conflitos entre pedestres e veículos e sua gravidade dependem, basicamente, das condições do uso do solo, do fluxo de pedestres, do tráfego de veículos e da via. A natureza, a localização e a intensidade das atividades desenvolvidas na região influenciam a necessidade e a freqüência das travessias de pedestres, cujo tratamento deve garantir um ambiente seguro.

A escolha dos locais de travessia e do tipo de solução mais adequada deveria ser feita com base em diversos critérios e nas características locais. A partir de pesquisa na literatura nacional e internacional, verificou-se que não existe metodologia que contemple as principais variáveis para uma decisão segura sobre o melhor tipo de solução para as travessias de pedestres. Desta forma, para contribuir com o aumento da segurança no trânsito urbano, propõe-se a metodologia desenvolvida a seguir.

3. Metodologia proposta

Com os objetivos de identificar a real necessidade de tratar um local com travessia de pedestre, recomendar os tipos mais adequados e proporcionar um maior respaldo técnico na decisão de sua implantação, desenvolveu-se a metodologia de tratamento de travessias exclusivas de pedestres, que tenta reproduzir o processo de tratamento de travessias de pedestres efetuado por analistas de tráfego (técnico ou engenheiro).

A partir da análise crítica das metodologias disponíveis, foram elaborados princípios que nortearam o desenvolvimento desta proposta:

- sistematizar o conhecimento sobre o tema em estudo;
- ampliar o número de tratamentos de travessias de pedestres (por exemplo, faixa de pedestre, semáforo, ondulação transversal, passarela etc.);
- caracterizar o problema através de variáveis e indicadores de desempenho, tais como, condições de visibilidade, número de atropelamentos, atraso (ou seja, tempo de espera) para pedestres e para veículos, situações potencialmente perigosas, fila veicular e observância (grau de obediência às regras de trânsito estabelecidas no local da travessia) de pedestres e de veículos;
- estabelecer procedimentos e parâmetros que relacionem o desempenho local com os tipos de tratamentos;
- dotar a metodologia de estrutura flexível para possibilitar ajustes às especificidades locais, acessos adequados às necessidades dos usuários da metodologia e aperfeiçoamentos futuros.

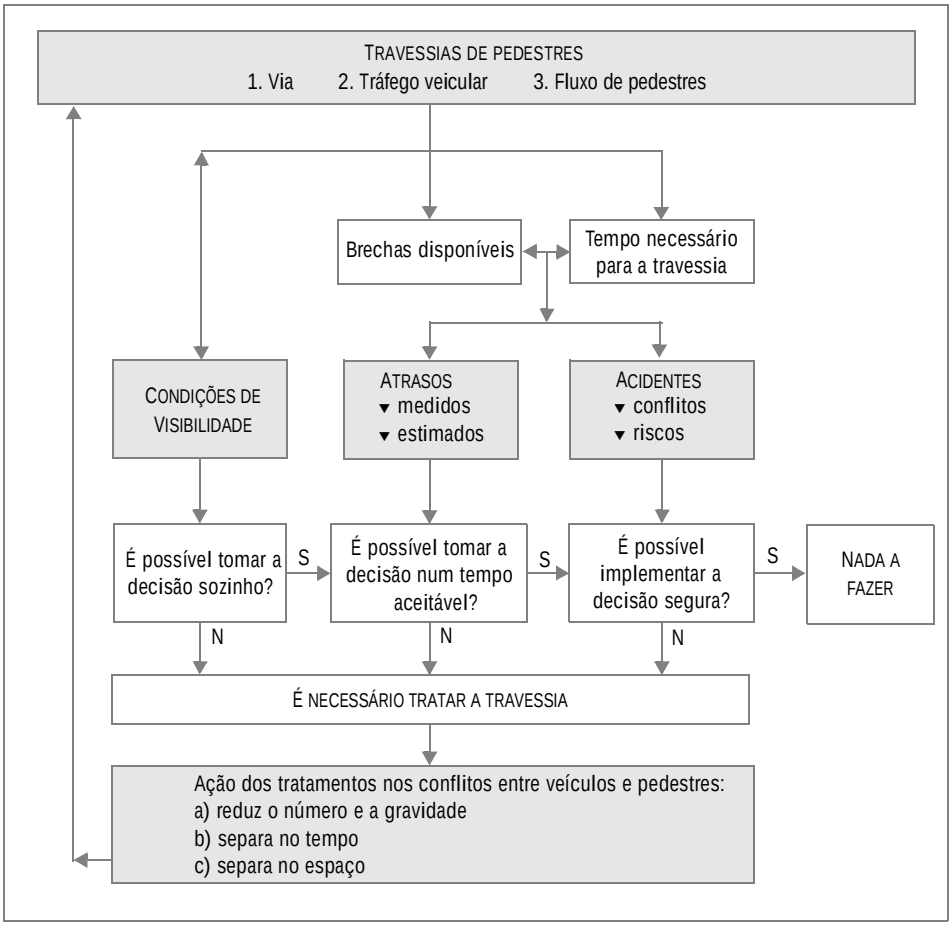
Assim, concebeu-se uma metodologia com dois objetivos básicos: verificar se um local precisa ou não ser tratado e indicar o tratamento a ser implementado no local.

Processo de tratamento de travessias de pedestres

Um analista de tráfego deve considerar três condições básicas para decidir sobre tratar ou não um local de travessia de pedestres: visibilidade, fluidez e segurança, de acordo com o esquema apresentado na figura 1.

Figura 1

Processo de tratamento de travessias de pedestres



Fonte: Faria et alii (1993).
Obs.: S = sim; N = não.

Ao analisar as condições de visibilidade do local, o analista deve verificar se é possível ou não ao pedestre e ao motorista tomarem decisões sozinhos, ou seja, sem a ajuda de equipamentos (semáforos, placas de sinalização etc.).

Quanto à fluidez, o analista deve identificar os atrasos sofridos por pedestres e veículos. Isto permite avaliar se o pedestre e o motorista podem ou não implementar a decisão num tempo aceitável.

Quanto à segurança, deve ser analisada a ocorrência de riscos, conflitos e acidentes, de modo a verificar se o pedestre e o motorista podem ou não implementar uma decisão segura.

Uma travessia não precisa ser tratada se as condições de visibilidade, os atrasos, a fila veicular e os índices de atropelamentos estiverem dentro de determinados padrões mínimos recomendados, conforme descrição na próxima seção. Se apenas uma destas condições não for satisfeita, é necessário tratar a travessia:

- inicialmente, reduzindo o número e a gravidade dos conflitos entre veículos e pedestres, de modo a criar condições para uma travessia segura;
- posteriormente, o processo é reiniciado, avaliando se todas as condições (visibilidade, atraso e segurança) foram atendidas;
- caso contrário, devem ser pesquisadas outras alternativas mais efetivas que separem os conflitos.

Este processo iterativo deve terminar quando as medidas tornarem o local compatível com as exigências para uma travessia segura. Contemplam-se também, em todas as etapas deste processo, os efeitos dos tratamentos no tráfego veicular e no ambiente viário, de modo a garantir a melhor fluidez possível com intervenção adequada no ambiente urbano.

Condições mínimas para uma travessia segura

Além da análise dos três fatores citados anteriormente — visibilidade, fluidez e segurança —, o tipo do pedestre usuário da travessia também interfere nos padrões mínimos para que uma travessia mantenha-se sem qualquer tipo de intervenção por parte do poder público. Estes padrões foram recomendados por diversas fontes de consulta na literatura disponível.

Os locais situados nas proximidades de escolas de crianças, asilos, clínicas de idosos e deficientes físicos, por exemplo, necessitam sempre de tratamento, de modo a garantir travessia segura para estes usuários, os quais têm necessidades especiais e baixa velocidade de deslocamento (1,0m/s).

Para atravessar uma via com segurança, o pedestre deve poder visualizar um veículo que se aproxime do local de travessia, a uma distância que depende da sua própria velocidade, da velocidade do veículo, da largura da via e do tempo de percepção e reação do pedestre. Apenas para ilustrar, a distância mínima

de segurança para um adulto, deslocando-se a uma velocidade de 1,3m/s, com um tempo de percepção e reação de 1,5s, atravessando uma via de 13m de largura, em que trafegam veículos a 60km/h, é da ordem de 190m.

As condições mínimas para a fluidez (atraso) e para a segurança (número de atropelamentos por ano) foram definidas a partir de pesquisa com especialistas no assunto, que estabeleceram que uma travessia não precisa ser tratada se os atrasos para pedestres forem inferiores a 10s e se o número de atropelamentos for inferior a dois por ano.

Adequação do problema das travessias de pedestres a um sistema especialista (SE)

Os tipos de equipamentos, seu dimensionamento e desempenho vão determinar a qualidade e a facilidade dos movimentos dos pedestres e dos motoristas. O local de travessia de pedestres é um ambiente complexo, que exige discernimento e experiência por parte dos técnicos para tratá-lo, de modo a atender às necessidades dos pedestres e dos motoristas, principalmente na identificação dos elementos mais importantes e das condições inseguras que mais contribuiriam para o sucesso ou para o insucesso das medidas que se pretende implantar. O técnico em tráfego, portanto, toma decisões utilizando regras regulamentadas ou resultantes de sua experiência profissional. Desta forma, o tratamento de travessias de pedestres (TTP) pode ser desenvolvido pela técnica de SE, já que estes sistemas podem "capturar" informações, experiência e discernimento destes técnicos e especialistas, facilitando e agilizando as decisões.

O TTP é, então, uma área indicada para ser representada, abordada e programada por sistema especialista, pois:

- a abrangência e a multiplicidade de aspectos intervenientes implicam a tarefa complexa de estruturar e sistematizar o conhecimento;
- a avaliação dos aspectos qualitativos do problema e o estabelecimento do grau de importância das variáveis que interferem no TTP envolvem a experiência e o discernimento de um especialista humano;
- esta experiência, muitas vezes, não foi publicada ou não se encontra facilmente disponível para consulta;
- são raros os órgãos gestores de tráfego das cidades brasileiras que dispõem de especialistas em tráfego qualificados tecnicamente para o TTP;
- o TTP é um problema dinâmico, cujas regras necessitam ser modificadas ou eliminadas, principalmente devido às especificidades locais, à evolução tecnológica ou às mudanças na legislação de trânsito.

Assim, o uso da técnica de sistemas especialistas permitiu que a metodologia proposta fosse elaborada com uma estrutura flexível, para possibilitar os

ajustes necessários e os aperfeiçoamentos futuros. O sistema especialista foi denominado Sistema Especialista para o Tratamento de Travessias de Pedestres (SETTP).

Mesmo reconhecendo uma menor ênfase dada pela literatura internacional a este tipo de ferramenta, no Brasil seu emprego ainda é oportuno, por sua capacidade de potencializar a sistematização e divulgação do conhecimento e de permitir a formação e treinamento de pessoal, bem como por sua flexibilidade, permitindo ajustes locais.

Tratamentos de travessias de pedestres

Uma contribuição significativa da metodologia do SETTP foi a ampliação do número de tratamentos de travessias de pedestres, utilizando os mesmos critérios de julgamento, ou seja, os mesmos indicadores de desempenho. Foram incorporados 29 tipos de tratamentos (quadro 1), divididos em três grupos, ordenados, em geral, numa escala crescente e diretamente proporcional à sua complexidade, efetividade, nível de intervenção no meio ambiente e custo de implantação. Este conjunto de tratamentos foi obtido de diversas fontes — Federal Highway Administration (FHA, 1978), Departamento Nacional de Transportes (Denatran, 1979a e 1979b), Institution of Highways and Transportation (IHT, 1987) e Transportation Research Board (TRB, 1988) — e da consulta aos especialistas e aos órgãos estaduais e municipais de trânsito.

Os 19 tratamentos do grupo I reduzem o número e a gravidade dos conflitos, caracterizando-se pela não-interrupção do tráfego veicular. Os sete tratamentos do grupo II separam no tempo os conflitos, já que os veículos e os pedestres só devem utilizar um determinado trecho da via, demarcado pela faixa de pedestres, em momentos distintos. Os três tratamentos do grupo III separam no espaço os conflitos, pois pedestres e veículos utilizam espaços diferentes para deslocarem-se.

Procedimentos de análise de desempenho

A metodologia utiliza indicadores de desempenho para diagnosticar o local e para avaliar o grau de desempenho do tratamento a ser implementado. Os valores dos indicadores de desempenho de uma travessia de pedestres estão associados a cinco categorias, variando do desempenho ótimo até o péssimo, de acordo com a abordagem de Walton (Walton & Rowan, 1974). Os valores desses indicadores e sua importância relativa, mostrados na tabela 1, foram obtidos de Maiolino (1992), consultando a bibliografia disponível e entrevistando especialistas. O SETTP dispõe de recursos para que o usuário atualize esses valores, em função de pesquisas mais recentes, ou adapte-os à realidade local.

Quadro 1

Tratamentos de travessias de pedestres

Grupo	Nº	Tratamento
I	1	Remoção de obstáculos fixos ou móveis
	2	Restrição ao estacionamento de veículos
	3	Realocação de ponto de táxi
	4	Realocação de ponto de carga e descarga
	5	Realocação de ponto de ônibus
	6	Melhoria ou implantação de iluminação
	7	Deslocamento do local da travessia
	8	Sinalização gráfica mínima
	9	Vermelho total em semáforos próximos
	10	Aumento da rugosidade do pavimento
	11	Permissão de estacionamento nas laterais
	12	Alargamento da calçada junto à travessia
	13	Canalização com sinalização horizontal
	14	Ilha de refúgio
	15	Estreitamento da via
	16	Canteiro central
	17	Mudança do sentido de circulação
	18	Conversão de mão dupla para mão única
	19	Redutores de velocidade (quebra-mola)
II	20	Patrulha escolar
	21	Policiamento extraordinário
	22	Policiamento ordinário
	23	Semáforo audível para deficientes visuais
	24	Semáforo sincronizado, com ou sem botoeira
	25	Semáforo com vários planos, com ou sem botoeira
	26	Semáforo com único plano, com ou sem botoeira
III	27	Passarela
	28	Túnel
	29	Rua de pedestre

Obs.: grupo I — redução do número e da gravidade dos conflitos; grupo II — separação dos conflitos no tempo; grupo III — separação dos conflitos no espaço.

Tabela 1

Escala de valores para os indicadores de desempenho

Indicador de desempenho	Valores dos indicadores de desempenho				
	Faixa de desempenho e peso associado (pa)				
	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
	PA = 5	PA = 4	PA = 3	PA = 2	PA = 1
Atraso para pedestres (s)	< = 5	> 5 e < = 16	> 16 e < = 31	> 31 e < = 45	> 45
Número de atropelamentos/ano	< = 2	> 2 e < = 5	> 5 e < = 9	> 9 e < = 12	> 12
Situações potencialmente perigosas (%)	Raramente (< = 10)		Normalmente (> 10 e < = 50)		Freqüentemente (> 50)
Observância do pedestre (%)	> = 95	< 95 e > = 85	< 85 e > = 70	< 70 e > = 51	< 51
Observância veicular (%)	> = 95	< 95 e > = 85	< 85 e > = 70	< 70 e > = 51	< 51
Atraso veicular (s)	< = 5	> 5 e < = 16	> 16 e < = 31	> 31 e < = 45	> 45
Fila veicular (unidade)	< = 1	> 1 e < = 2	> 2 e < = 4	> 4 e < = 5	> 5

Esta abordagem possibilitou sistematizar o problema da decisão sobre o tratamento de travessias de pedestres, de formas qualitativa e quantitativa. Foi um esforço inovador, procurando adotar critérios racionais para auxiliar nesta decisão, que atualmente segue os critérios pessoais e subjetivos dos técnicos brasileiros. Como pode ser visto na tabela 1, os indicadores *atraso* e *observância* apresentam o mesmo valor, tanto para o pedestre quanto para o motorista, resgatando a importância do pedestre no sistema viário. É claro que não se deseja que ocorram atropelamentos; no entanto, foi necessário estabelecer uma escala de valor para possibilitar a comparação do desempenho de diversas alternativas de tratamento. Por exemplo, uma travessia com desempenho regular apresentará indicadores com os seguintes valores: o atraso para pedestres e veículos maior que 16s e menor ou igual a 31s; a observância de pedestres e veículos é menor que 85% e maior ou igual a 70%; o número anual de atropelamentos é menor ou igual a 9 e maior que 5; a fila veicular maior que dois veículos e menor ou igual a quatro veículos; as situações potencialmente perigosas ocorrem normalmente.

A faixa de desempenho de um indicador analisado isoladamente não fornece o desempenho da travessia. É necessário estimar o grau de desempenho (GD) da travessia considerando a atuação conjunta de todos os indicadores.

O grau de desempenho (GD), tanto para o diagnóstico do local quanto para a avaliação do local com algum tratamento, é estimado a partir da equação (1), que é função do peso associado ($1 \leq PA \leq 5$) à faixa de desempenho (péssimo a ótimo) e da importância relativa (IR) de cada indicador:

$$GD = \{\Sigma(PA \,.\, IR)/\Sigma(IR)\} \qquad (1)$$

Assim, para calcular o grau de desempenho, inicialmente estimam-se ou medem-se os valores dos indicadores de desempenho. Posteriormente, verifica-se em qual faixa de desempenho situa-se o valor de cada indicador (tabela 1) e, conseqüentemente, o valor do seu peso associado (PA). Os valores da importância relativa (IR) dos indicadores de desempenho são mostrados na tabela 2.

Tabela 2

Importância relativa dos indicadores de desempenho

Indicador de desempenho	Importância relativa
Atraso para pedestres (s)	1,7
Número de atropelamentos/ano	1,7
Situações potencialmente perigosas (%)	1,0
Observância do pedestre (%)	1,7
Observância veicular (%)	1,7
Atraso veicular (s)	1,7
Fila veicular (unidade)	1,3

Foram estabelecidas as seguintes categorias de desempenho, que qualificam os locais analisados e as travessias de pedestres (de péssimo a ótimo), com base no grau de desempenho estimado:

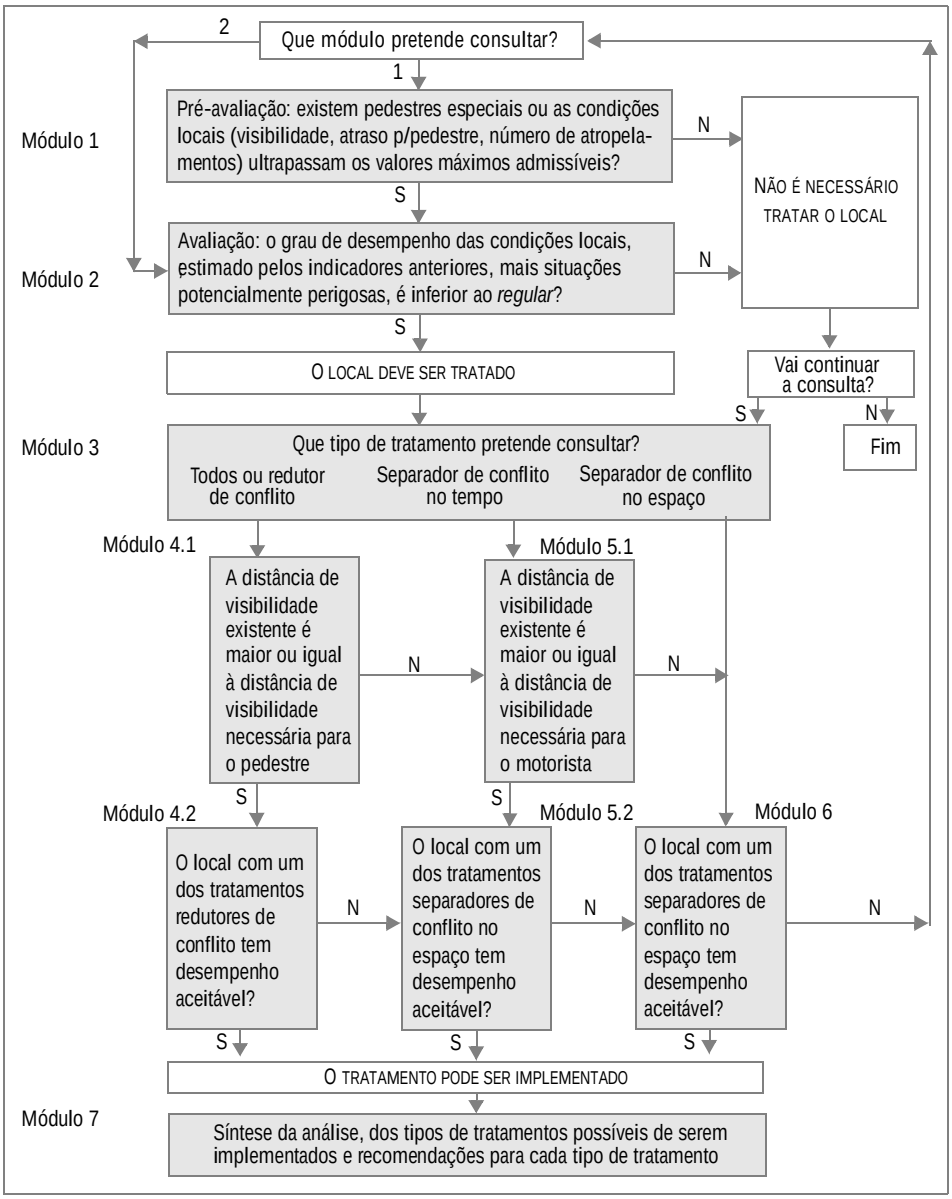
- péssimo — $GD < 2$;
- ruim — $2 \leq GD < 3$;
- regular — $3 \leq GD < 4$;
- bom — $4 \leq GD < 5$;
- ótimo — $GD = 5$.

4. Estrutura geral do SETTP

A metodologia foi estruturada em sete módulos (figura 2) e procura contemplar critérios que garantam um ambiente de tráfego com fluidez e segurança.

Figura 2

Estrutura geral da metodologia proposta



Obs.: S = sim; N = não.

Os módulos 1 e 2 permitem diagnosticar as condições atuais dos locais onde se pretende implantar travessias de pedestres, estabelecendo a necessidade de tratar ou não o local. O módulo 3 indica o grupo de tratamentos a consultar. Os módulos 4, 5 e 6 estimam o desempenho do local, considerando o local tratado por um dos 29 tipos de tratamentos. O módulo 7 auxilia na decisão sobre o tipo de tratamento a implantar.

Módulos 1 e 2 — diagnóstico das condições locais

Os módulos 1 e 2 permitem diagnosticar as condições atuais dos locais onde se pretende implantar travessias de pedestres, através da análise de indicadores de desempenho e do tipo de pedestre, estabelecendo a necessidade de tratar ou não o local.

O indicadores associados ao módulo 1 são: distância de visibilidade, atraso para pedestres e índice de atropelamentos. O módulo 2 requer, além das informações anteriores, que o usuário avalie se ocorrem no local situações potencialmente perigosas.

A proposta do módulo 1 é efetuar uma pré-avaliação da situação local, verificando se as condições estabelecidas na subseção "Condições mínimas para uma travessia segura" são atendidas. Assim, o módulo 1 poderá minimizar as dispendiosas aquisições de dados para locais onde há uma propensão a não implementar qualquer tratamento.

A proposta do módulo 2 é estimar o desempenho local, em bases mais amplas e respaldadas. As informações são tratadas neste módulo de maneira mais complexa, pois compõem uma estimativa do grau de desempenho do local (equação 1), a partir de faixas de desempenho preestabelecidas (péssimo, ruim, regular, bom e ótimo). Este módulo cobre as situações duvidosas que não puderam ser devidamente avaliadas pelo módulo 1.

No módulo 1, se não houver pedestres especiais e se todos os valores locais satisfizerem aos máximos admissíveis, o local não precisará ser tratado. Se houver pedestres especiais ou se apenas um dos valores locais não satisfizer ao máximo admissível correspondente, o local precisará ser tratado ou deverá ser mais bem avaliado no módulo 2.

Para o módulo 2, um local deve ser tratado se o grau de desempenho for irregular, ruim ou péssimo. Não se recomenda tratar um local se seu desempenho for ótimo ou bom, exceto se ocorrerem as situações mencionadas a seguir:

- se houver trânsito de pedestres especiais no local em estudo, pois as crianças, os idosos e os deficientes têm necessidades especiais, requisitando ambiente seguro para atravessarem a via;
- se a distância de visibilidade existente for menor que a necessária;

- se o atraso para pedestres ou o número de atropelamentos for maior que os admissíveis para esta etapa da metodologia proposta.

Nestes casos, o desempenho estimado para o local servirá para comparar com um novo cenário, a partir da avaliação do seu desempenho com os tratamentos sugeridos pela metodologia.

Módulo 3 — indicação do grupo de TPPs a consultar

Este módulo pretende auxiliar o usuário na escolha do melhor caminho para avaliar o desempenho do local em estudo com os tratamentos de travessias de pedestres, direcionando a consulta para os módulos correspondentes a cada um dos três grupos de tratamento, classificados de acordo com sua ação principal no conflito entre veículos e pedestres: redutores (módulo 4), separadores no tempo (módulo 5) ou separadores no espaço (módulo 6).

As informações necessárias para a consulta a este módulo são o tipo da via (local, coletora, arterial ou expressa) e o ambiente do local (características locais, condições do tráfego e tipos de controle existentes). O tipo da via e o ambiente local foram associados aos três tipos de tratamentos, conforme os quadros 2 e 3. A partir destas informações, a metodologia orienta que a consulta deve iniciar nos módulos 4, 5 ou 6, se a maioria das condições locais quanto ao tipo de via e quanto ao ambiente do local corresponder a algum dos tipos de tratamento destes módulos.

Quadro 2

Tipo de tratamento recomendado em função do tipo da via

	Tipo de tratamento			
			Separador de conflito no espaço	
Tipo da via	Redutor de conflito	Separador no tempo	Travessia em desnível	Rua de pedestre
Local	Fortemente recomendado	Não é recomendado	Não é recomendado	Fortemente recomendado
Coletora	Recomendado	Recomendado	Não é recomendado	Fracamente recomendado
Arterial	Não é recomendado	Fortemente recomendado	Fracamente recomendado	Não é recomendado
Expressa	Não é recomendado	Não é recomendado	Recomendado	Não é recomendado

Quadro 3

Ambiente local X tipos de tratamento

	Tipo de tratamento recomendado			
Ambiente	Redutor de conflito (módulo 4)	Separador de conflito no tempo (módulo 5)	Passarela e túnel (módulo 6)	Rua de pedestre (módulo 6)
Local	O risco de atropelamentos é *baixo*, o fluxo veicular é reduzido ou o local é residencial.	O risco de atropelamentos é *moderado*; a velocidade de aproximação dos veículos é elevada ou o fluxo de pedestres é moderado ou alto; há travessia de crianças, idosos ou deficientes.	O risco de atropelamentos é *alto*; o fluxo veicular é elevado e a velocidade veicular é muito alta; o fluxo de pedestres é moderado ou alto; as vias são muito largas ou há baixa visibilidade.	Está situado numa zona central da cidade ou em centro de bairro com intensa atividade comercial; ou então está situado em área cujo acervo cultural ou histórico se pretende preservar.
Tráfego	A maior parte dos veículos que utiliza o local é de moradores, ou seja, é quase nula a participação do fluxo veicular de passagem.	O fluxo veicular de passagem é elevado.	Quase todo o fluxo veicular é de passagem.	Há predomínio dos veículos que desejam estacionar; é quase nula a participação do tráfego de passagem; o fluxo de pedestres é elevado.
Controles existentes nas proximidades	Tratamentos redutores de conflito, tais como faixa de pedestre sem semáforo, sonorizadores, redutores de velocidade tipo quebra-molas etc.	Tratamentos que separam no tempo os conflitos; semáforos nas interseções ou travessias exclusivas para pedestres com semáforos ou controladas por policiais.	Passarelas ou túneis.	Ruas de pedestres.

Módulos 4, 5 e 6 — estimativa do desempenho do local tratado

Esses módulos objetivam auxiliar o usuário na seleção das opções de tratamento do local, estando interligados num processo iterativo, no qual se escolhe o tipo de tratamento e estima-se o desempenho da travessia tratada.

Antes de iniciar a consulta aos tratamentos redutores e separadores dos conflitos entre veículos e pedestres no tempo, é necessário verificar se o local oferece as condições necessárias de visibilidade para pedestres e motoristas (módulos 4.1 e 5.1). O usuário escolhe, em cada módulo, o tratamento a con-

sultar e, com base em indicadores de desempenho (visibilidade, atraso para pedestres e para veículos, número de atropelamentos, fila veicular e observância), estima o grau de desempenho do local, considerando a aplicação do tratamento consultado.

O processo de seleção das opções de tratamento inicia-se com alternativas redutoras dos conflitos (módulo 4.2). Se isto não resultar num desempenho aceitável, reinicia-se o processo verificando as alternativas que separam os conflitos no tempo (módulo 5.2). Se, com a separação dos conflitos no tempo, o desempenho ainda não for aceitável, faz-se a seleção de alternativas que os separam no espaço (módulo 6), esperando-se encontrar desempenho aceitável, podendo-se passar, então, para o módulo 7.

Módulo 7 — auxílio na escolha do tratamento a implantar

Este módulo informa ao usuário os tratamentos selecionados e a respectiva previsão de seus graus de desempenho. Apresenta também recomendações sobre a infra-estrutura mínima que deve ser oferecida aos pedestres e aos veículos pelo poder público, nas áreas de espera (calçada e canteiro central) e na pista de rolamento da via. Inclui também a sinalização específica para os pedestres especiais. Para auxiliar na escolha do TTP, comenta as vantagens e desvantagens e as condições mais benéficas e perigosas de seu uso. Assim, o usuário pode comparar estas recomendações com condições locais não contempladas e também avaliar outras que viabilizarão o TTP, tais como disponibilidade de recursos e urgência no tratamento do local.

5. Aplicação do SETTP

Esta seção apresenta aplicações do SETTP em três locais, que foram escolhidos de modo a abranger os três grupos de tratamentos. Todos os locais, descritos sucintamente a seguir, situam-se na região suburbana do município do Rio de Janeiro.

Os principais dados requeridos nos diversos módulos para cada um destes locais são sintetizados no quadro 4, e os resultados mais importantes da consulta ao SETTP, no quadro 5.

Na travessia 1, o SETTP indicou um tratamento redutor. O local de travessia situa-se em frente a uma escola da rede municipal de ensino, numa via próxima a um centro comercial de bairro, classificada como via residencial. Antes da intervenção, a via operava em mão dupla. Os alunos atravessavam a rua com insegurança, pois ocorriam atropelamentos e situações de conflitos entre pedestres e veículos com freqüência.

Quadro 4

Dados solicitados pelo SETTP

Dado	Travessia 1	Travessia 2	Travessia 3
Distância de visibilidade existente	300,0m	120,0m	98,0m
Via	Mão dupla; em nível	Mão dupla; em nível	Mão dupla; em nível
Velocidade veicular operacional	58km/h	77km/h	65km/h
Largura da via	11,0m	11,0m	14,0m
Pedestres especiais	Sim	Sim	Não
Número de atropelamentos/ano	3	0	0
Situações potencialmente perigosas	Com freqüência	Com freqüência	Com freqüência
Fluxo veicular/hora	500	2.215	2.825
Fluxo de pedestres/hora	300	177	335
Número de faixas	2	3	3
Distância da travessia à linha de desejo	5,0m	5,0m	50,0m

Quadro 5

Resumo da consulta ao SETTP

Travessia	Atraso do pedestre (s)	Desempenho do local	TTP sugerido	Atraso do pedestre (s)	Atraso veicular (s)	Desempenho do TTP
1	3,2	2,8 (ruim)	Sinalização mínima	3,2	0,0	3,0 (regular)
			Mão única	1,9	0,0	3,7 (bom)
			Quebra-mola	1,7	0,0	4,1 (bom)
			Patrulha escolar	3,0	3,0	4,6 (bom)
			Semáforo com botoeira	3,0	3,0	4,1 (bom)
2	128,0	2,5 (ruim)	Semáforo sincronizado	33,0	33,0	3,3 (regular)
			Semáforo com plano horário	33,0	33,0	3,1 (regular)
3	553,0	2,5 (ruim)	Passarela	89,0	0,0	3,6 (regular)
			Semáforo sincronizado	34,0	32,0	3,4 (regular)

Obs.: Na travessia 3, o semáforo sincronizado foi testado considerando o fechamento do retorno no canteiro central da via arterial.

Para este local, o SETTP indicou que seriam possíveis quatro tipos de tratamento: sinalização mínima, mão única (mudança de mão dupla para mão única), quebra-mola, patrulha escolar e semáforo com botoeira. Os técnicos da prefeitura optaram por mudar o sentido de circulação de mão dupla para mão única. Numa visita ao local, verificou-se que, após a implantação do TTP, não ocorreram mais situações potencialmente perigosas e que o atraso médio para os pedestres era da ordem de 2s, semelhante ao estimado pelo SETTP: 1,9s.

Na travessia 2, foram indicados tratamentos que separam os conflitos no tempo. Este local de travessia está situado em frente a um posto de saúde, utilizado principalmente por pacientes e crianças. A via onde está localizado o posto de saúde é principal, operando em mão dupla, próximo a um centro comercial de bairro. O SETTP recomendou implantar semáforo sincronizado e com botoeira, e estimou que os atrasos seriam de 33s tanto para os pedestres quanto para os veículos. Nesta mesma consulta, um semáforo sem botoeira não foi recomendado pelo SETTP, pois estimou que, para este tratamento, o local teria desempenho *ruim*, com grau 2,9.

Apesar desta recomendação, a prefeitura preferiu implantar na travessia 2 um semáforo com um único plano (com tempos diferentes do proposto e com maior tempo de verde para os veículos) e sem botoeira. Os atrasos medidos em campo foram os seguintes: 45s para pedestres e 25s para veículos. Além destes atrasos, verificou-se também que aproximadamente 30% dos motoristas não respeitavam as indicações semafóricas. Assim, com pequenas modificações nos equipamentos e instalação da botoeira, é possível melhorar o desempenho da travessia.

Na travessia 3, foi indicado um tratamento separador de conflitos no espaço. A travessia situa-se em uma via arterial com duas pistas de rolamento, a 100m de um viaduto. Os resultados da aplicação da metodologia a este local serviram como contribuição para a análise global da região, em função da implantação de um *shopping center* nas imediações.

Esta via arterial, no local da travessia, possui canteiro central de 6,0m de largura, permitindo a travessia em duas etapas. Os pedestres estão sujeitos a duas principais situações de risco:

- as altas velocidades dos veículos que descem do viaduto;
- os congestionamentos, provocados pelo excesso de veículos, pelos pontos de ônibus e pelos veículos que utilizam um retorno no canteiro central; este retorno aumenta os conflitos entre veículos, devido à pequena distância para o entrelaçamento dos veículos que pretendem acessar a abertura no canteiro central (situada a menos de 150,0m da descida do viaduto) e à inexistência de faixa exclusiva de desaceleração e de aceleração para o giro, provocando longas filas.

A consulta ao SETTP para a travessia 3 indicou que se poderia implantar uma passarela ou um semáforo sincronizado, sendo que este último só seria

viável com o fechamento do retorno da via arterial. As propostas apresentadas para esta travessia já foram projetadas pela prefeitura, mas ainda não foram implantadas.

A consulta ao SETTP para os três locais durou 30 minutos aproximadamente. Desta forma, na aplicação do SETTP a estes três casos, observou-se que a metodologia proposta apresentou alternativas de tratamento que efetivamente podem melhorar a fluidez e as condições de segurança.

6. Conclusões

Nos últimos tempos, as comunidades têm requerido do poder público a intervenção nos conflitos entre pedestres e veículos. Os órgãos públicos de gerenciamento do tráfego têm atendido aos reclames da população, utilizando generalizadamente travessias exclusivas de pedestres apenas com sinalização gráfica ou com semáforos. Muitas vezes, equívocos na determinação da necessidade de implantação destes tipos de travessia resultam em travessias inadequadas e inseguras, estimulando o desrespeito às suas indicações, contribuindo ainda mais para o crescente descrédito das normas e regras que regulamentam o trânsito. Verifica-se, também, com freqüência, que as faixas de pedestres pintadas no pavimento transformam-se em verdadeiras armadilhas para eles.

Este artigo apresentou o Sistema Especialista para o Tratamento de Travessias de Pedestres (SETTP), que propõe uma metodologia para auxiliar na decisão sobre a real necessidade e o tipo mais adequado de tratamento a ser implantado nas travessias exclusivas de pedestres. O SETTP tem as seguintes características principais: sistematização do conhecimento sobre o tema em estudo; ampliação do número de tratamentos de travessias de pedestres; uniformização dos critérios de análise; utilização de estrutura flexível para possibilitar ajustes às especificidades locais e aperfeiçoamentos futuros.

Enfatizou-se a importância do pedestre no contexto do tráfego urbano, considerando que suas necessidades de segurança são maiores do que as dos ocupantes dos veículos e que o valor do seu tempo é igual ao do ocupante do veículo.

O número e os tipos de tratamentos de travessias de pedestres foram ampliados, totalizando 29 nesta metodologia, utilizando critérios harmônicos de decisão, associados à visibilidade, à fluidez e à segurança. Incluíram-se 19 tratamentos redutores de conflitos (desde a simples poda de árvores para melhorar a visibilidade até os redutores de velocidade), não contemplados nas metodologias existentes.

Além da ampliação do número de tratamentos, foram realizadas inferências a respeito de nove indicadores de desempenho, que refletem os atributos mais importantes para análise e avaliação do tratamento de travessias de pedestres: segurança (número de atropelamentos, situações potencialmente perigosas, observância de pedestres e de motoristas), fluidez (atraso para

pedestres e para veículos) e visibilidade (visibilidade necessária para o pedestre, visibilidade necessária para os motoristas).

A metodologia pode fornecer duas respostas básicas: se um local precisa ou não ser tratado e se o tratamento pode ou não ser implementado no local, com base na análise de indicadores de desempenho. Em síntese, o processo inicia-se com a verificação da necessidade de tratamento do local em estudo. Se o desempenho for aceitável, recomenda-se que o local não seja tratado. Se o desempenho não for aceitável ou se o usuário desejar, a consulta à metodologia continua. A próxima etapa é a escolha do(s) tipo(s) de tratamento(s). Assim, estima-se o desempenho do local, considerando que este foi tratado por alguma medida. Se o desempenho for aceitável, este tratamento pode ser implementado no local. Se não for aceitável, o usuário pode estimar o desempenho do local com outro tratamento.

A utilização da técnica de sistemas especialistas nesta metodologia mostrou-se bastante adequada, pois é uma ferramenta fácil de ser manipulada, que contribui para sua divulgação e validação.

O SETTP pode também ser utilizado como treinamento dos técnicos de órgãos gerenciadores do tráfego das cidades brasileiras, o que é bastante oportuno, já que o Código Brasileiro de Trânsito de 1997 permite a municipalização do trânsito, atividade antes exclusiva dos estados.

Espera-se que o SETTP contribua para uma decisão mais apropriada do técnico de tráfego e que o auxilie no processo de decisão de tratamento de travessias exclusivas de pedestres.

Cabe ressaltar que o SETTP encontra-se disponível como protótipo, mas já foi aplicado em diversas situações reais no município do Rio de Janeiro. Na maioria dos locais estudados, o SETTP estimou desempenhos bastante semelhantes aos observados em campo, após a implantação do tratamento recomendado.

Referências bibliográficas

Braga, M. G. C. Um método para escolha do tipo de travessia para pedestres. Rio de Janeiro, Coppe/UFRJ, 1979. (Tese.)

Brasil. *Código Brasileiro de Trânsito*. Brasil, 1997.

Denatran. *Manual de semáforos*. Brasília, Contram, Ministério da Justiça, 1979a.

———. *Manual de segurança de pedestres*. Brasília, Contram, Ministério da Justiça, 1979b.

Faria, E. O.; Portugal, L. S. & Braga, M. G. C. O tratamento de travessias de pedestres por sistema especialista. In: Anpet, 7. *Anais...* São Paulo, 1993. v. 2, p. 769-82.

Faria, O. F. Sistema especialista para tratamento de travessias de pedestres. Rio de Janeiro, Coppe/UFRJ, 1994. (Tese.)

FHA (Federal Highway Administration). *Manual of traffic control devices for streets and highways*. Washington, 1978.

IHT (Institution of Highways and Transportation). *Roads and traffic in urban areas*. London, HMS, 1987.

Maiolino, C. E. G. Sistema especialista para implantação de semáforos. Rio de Janeiro, PET/Coppe/UFRJ, 1992. (Tese.)

Portugal, L. S. *Estudos de atrasos em interseções — levantamento de dados de tráfego e transportes urbanos: um estudo conceitual e crítico do estado da arte*. Rio de Janeiro, Coppe/UFRJ, 1986.

Prefeitura de Porto Alegre. *Trânsito em Porto Alegre: dados estatísticos sobre acidentes*. Secretaria Municipal de Transportes, 1996.

Rothen, M. L. Avaliação da sinalização exclusiva para pedestres de ciclo fixo do Rio de Janeiro e propostas alternativas. Rio de Janeiro, Coppe/UFRJ, 1985. (Tese.)

Sawer, B. *VP-Expert*. Paperback Software International, 1990.

TRB (Transportation Research Board). *Pedestrian and traffic-control measures*. Washington, 1988.

Walton, N. E. & Rowan, N. J. *Warrants for highways' lighting*. Washington, TRB, 1974.