

# UM PARADOXO NAS TRAVESSIAS SEMAFORIZADAS DE PEDESTRES

Sun Hsien Ming \*

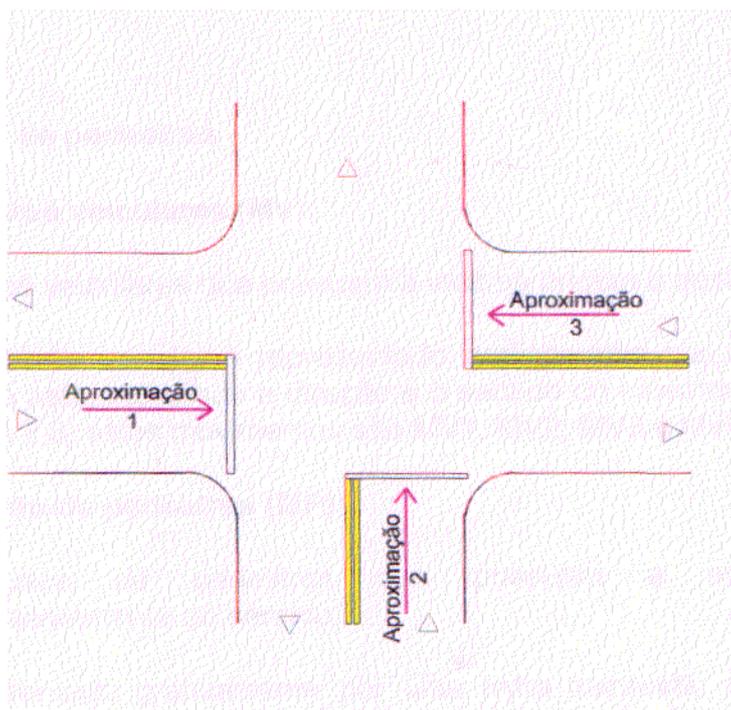
## 1. CONCEITOS UTILIZADOS

Para o leitor que não está familiarizado com a terminologia utilizada neste trabalho, segue abaixo a descrição dos principais conceitos adotados.

### 1.1. Aproximação

Aproximação é o trecho da via por onde os veículos se aproximam de uma interseção em nível. A Figura 1 mostra uma interseção com 3 aproximações.

Figura 1 - Aproximação



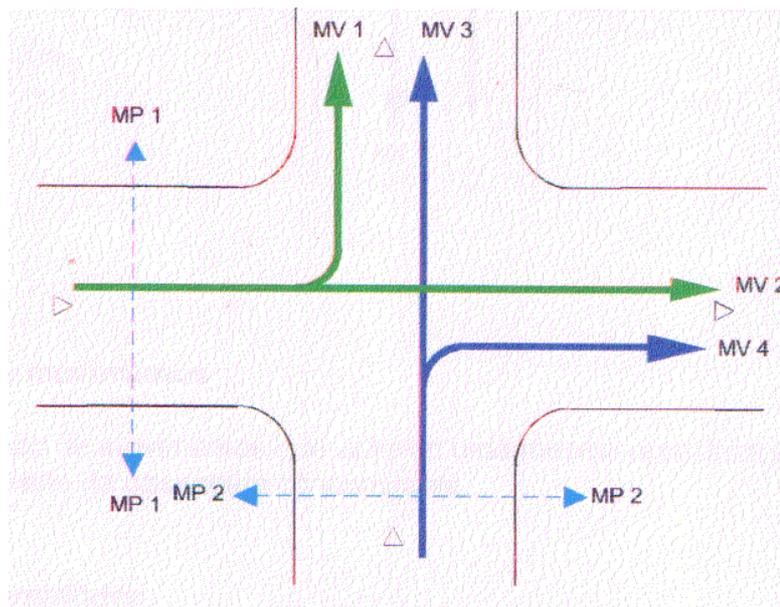
### 1.2. Movimentos veiculares e de pedestres

Um movimento veicular é um fluxo de veículos que possui a mesma origem e o mesmo destino.

Um movimento de pedestres é um fluxo de pedestres que possui a mesma direção, independentemente do sentido.

A Figura 2 mostra 4 movimentos veiculares e 2 movimentos de pedestres.

Figura 2 - Movimentos



Na Figura 2, os movimentos MV1, MV2, MV3 e MV4 são movimentos veiculares, enquanto que MP1 e MP2 são movimentos de pedestres.

Os movimentos podem ser compatíveis ou não compatíveis.

Dois movimentos são compatíveis entre si quando eles podem receber simultaneamente, de forma segura, o direito de passagem.

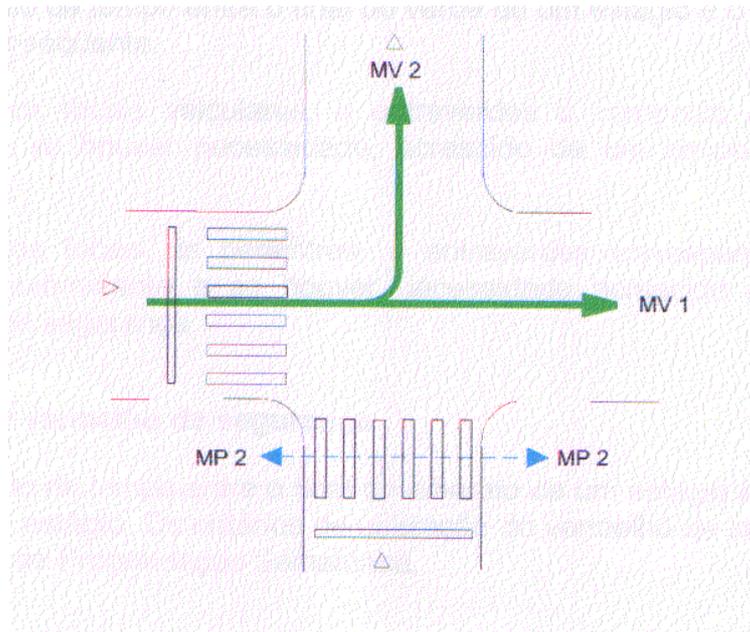
Dois movimentos são não compatíveis quando não podem receber simultaneamente o direito de passagem, sob pena de ocorrência de acidentes.

### 1.3. Estágio

Estágio é o intervalo de tempo durante o qual uma configuração de movimentos compatíveis, que recebem o direito de passagem simultaneamente, não é alterada.

A Figura 3 representa uma configuração dos movimentos (2 movimentos veiculares e 1 movimento de pedestres) em que recebem simultaneamente o direito de passagem. O intervalo de tempo em que essa configuração permanece inalterada é um estágio.

Figura 3 - Estágio



Um estágio pode ser veicular ou de pedestres.

Um estágio é veicular quando existem movimentos veiculares com direito de passagem.

Um estágio é de pedestres quando os movimentos com direito de passagem são todos movimentos de pedestres.

#### 1.4. Ciclo e tempo de ciclo

Ciclo (ou ciclo semafórico) de uma interseção semafORIZADA é a seqüência completa de todos os estágios da interseção.

Tempo de ciclo é a duração do ciclo em segundos.

#### 1.5. Tipos de travessia

As travessias de pedestres sinalizadas com grupos focais de pedestres podem ser classificadas em dois tipos: travessias "em carona" e travessias "não em carona".

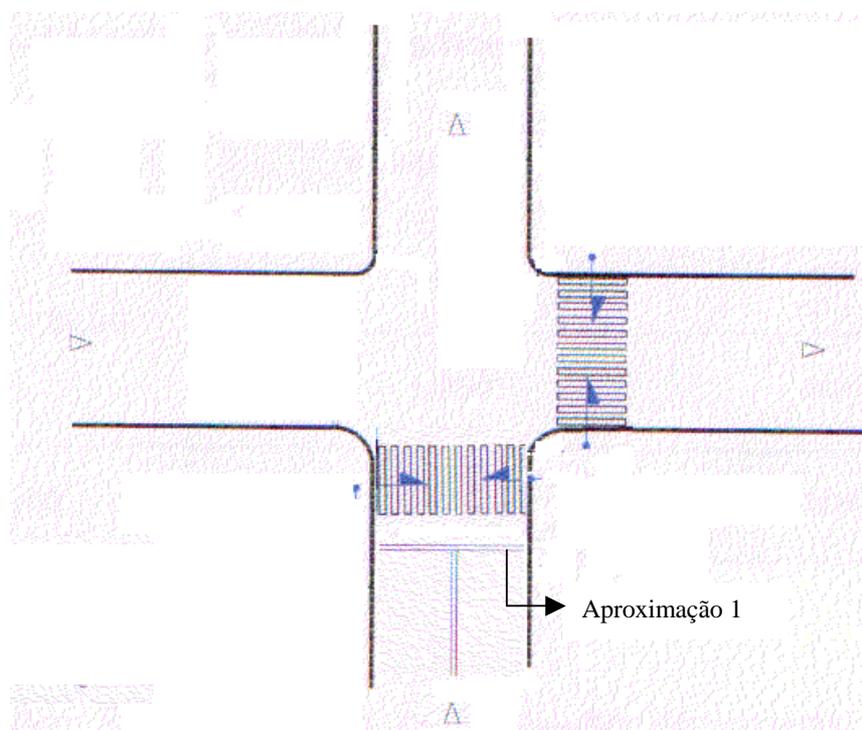
As travessias "em carona" são aquelas em que existe pelo menos um estágio veicular em que não há conflito entre os movimentos veiculares com direito de passagem com o movimento de pedestres na travessia em questão. Em outras palavras, uma travessia é "em carona" quando houver um estágio

veicular em que o movimento de pedestres na travessia em questão é compatível com os movimentos veiculares com direito de passagem nesse estágio.

As travessias "não em carona" são aquelas em que não existe nenhum estágio veicular em que o movimento de pedestres na travessia em questão seja compatível com os movimentos veiculares com direito de passagem. O movimento de pedestres numa travessia "não em carona" só recebe direito de passagem no estágio de pedestres.

A Figura 4 mostra uma travessia "em carona" e uma travessia "não em carona".

Figura 4 - Travessia "em carona" e "não em carona"



Normalmente, o intervalo de tempo em que o movimento de pedestre nas travessias "em carona" recebe o direito de passagem é bastante longo, enquanto que o intervalo de tempo em que o movimento de pedestre nas travessias "não em carona" recebe o direito de passagem é bastante curto (da ordem de 10 a 20 segundos).

Uma travessia "em carona" pode ser de 2 tipos: junto à linha de retenção ou afastada da linha de retenção.

A travessia "em carona" junto à linha de retenção é aquela em que está localizada numa aproximação de sentido único de direção de tráfego, logo após a linha de retenção. A travessia "em carona" mostrada na Figura 4 é uma travessia "em carona" junto à linha de retenção.



## 2.2. Indicações luminosas

Conforme dito no item 2.1., são usadas três indicações luminosas na sinalização semafórica para pedestres na cidade de São Paulo: indicação com luz vermelha fixa no foco superior (boneco parado), indicação com luz vermelha intermitente no foco superior (boneco parado) e indicação com luz verde fixa no foco inferior (boneco andando).

## 2.3. Tempo de verde de pedestre

Nas travessias "em carona", o tempo de verde de pedestre não é determinado em função do tempo necessário para o pedestre realizar a travessia (geralmente é bem maior). A grosso modo (não considerando os tempos de transição entre os estágios), o tempo de verde de pedestre corresponde ao tempo de vermelho do movimento veicular que não lhe é compatível. Na Figura 4, o tempo de verde de pedestre na travessia "em carona" é o tempo de vermelho dos movimentos veiculares com origem na aproximação 1.

Nas travessias "não em carona", o tempo de verde do pedestre corresponde à duração do estágio de pedestres, que é determinado pelo tempo necessário para o pedestre realizar a travessia.

## 2.4. Tempo de vermelho intermitente de pedestre

O tempo de vermelho intermitente no foco "boneco parado" tem a função de avisar ao pedestre que está concluindo a travessia de que o tempo para a travessia está se esgotando e que os movimentos veiculares que não lhe são compatíveis estão na iminência de serem iniciados.

O Manual de Sinalização Semafórica - Critérios de Programação da CET recomenda uma temporização do vermelho intermitente de pedestres de 3 a 6 segundos, em função da largura da travessia, conforme o Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 - Tempo de vermelho intermitente de pedestre

Largura da travessia (L)	Tempo de vermelho intermitente
$5,5 \text{ m} \leq L < 8 \text{ m}$	3 s
$8 \text{ m} \leq L < 14 \text{ m}$	4 s
$14 \text{ m} \leq L < 18 \text{ m}$	5 s
$18 \text{ m} \leq L$	6 s

## 3. OBJETIVO DO PRESENTE TRABALHO

O presente trabalho tem por objetivo fazer uma análise da adequação dos padrões adotados para a sinalização semafórica de pedestres na cidade de São Paulo com relação às travessias "em carona", em função do aparente paradoxo observado numa vistoria realizada no cruzamento Av. Morumbi x Av. Santo Amaro, conforme descrito no item 4., bem como apresentar uma análise de eventuais propostas visando minimizar o fenômeno observado.

## 4. O PARADOXO DAS TRAVESSIAS "EM CARONA"

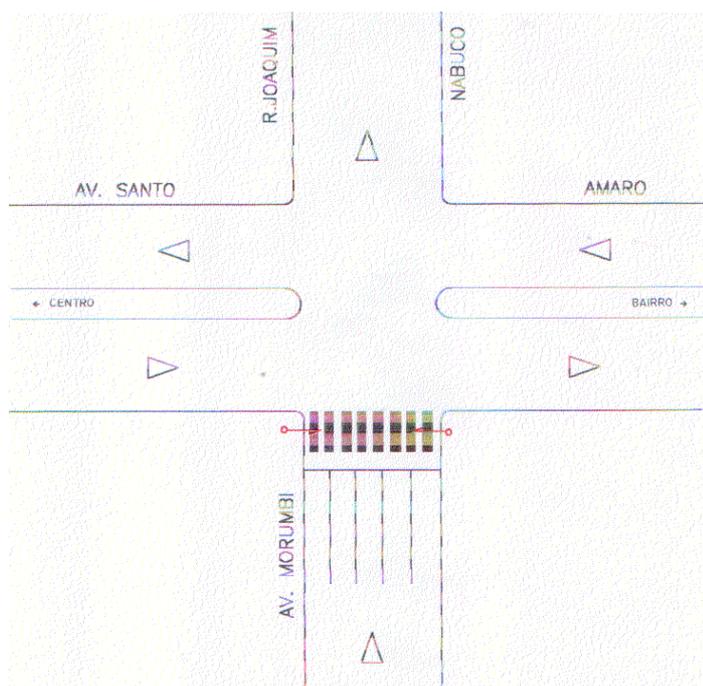
Em tese, quanto maior é o tempo de verde para pedestres, maior deveria ser a tranquilidade, a segurança e o conforto para o pedestre realizar a travessia. Nestes termos, as travessias "em carona", por apresentarem extensos tempos de verde de pedestres, deveriam ser realizadas pelo pedestre de forma sossegada e confortável.

Entretanto, numa vistoria realizada no dia 19/05/2003 numa travessia "em carona" do cruzamento Av. Morumbi x Av. Santo Amaro, travessia essa com extenso tempo de verde de pedestres, verificou-se um comportamento do pedestre que revela intranquilidade, insegurança e desconforto, contrariando frontalmente o que seria esperado. Daí, o aparente paradoxo.

## 5. A VISTORIA

A travessia "em carona" do cruzamento Av. Morumbi x Av. Santo Amaro (ver a Figura 6), foi vistoriada no dia 19/05/2003, por volta das 15:30 horas.

Figura 6 - Av. Santo Amaro x Av. Morumbi



Os seguintes dados foram levantados na travessia "em carona" junto à aproximação da Av. Morumbi:

- Largura da faixa de pedestres: 17 metros.
- Aproximação em mão única de direção de tráfego.
- Número de faixas de tráfego na aproximação da Av. Morumbi: 5 faixas.

- d) Tempo de ciclo no horário observado: 96 segundos (o maior tempo de ciclo é no pico da tarde com 128 segundos).
- e) Tempo de verde de pedestres no horário observado: 47 segundos se não ocorrer o estágio de pedestres e 68 segundos se ocorrer o estágio de pedestres.
- f) Tempo de vermelho intermitente de pedestres no horário observado: 4 segundos.
- g) Tempo médio de travessia de pedestres em passo normal (medido em campo): 14 segundos (o que resulta em uma velocidade média de 1,21 m/s).

Observação: O tempo de vermelho intermitente não estava de acordo com o Manual da CET. Pelo Manual, seriam necessários 5 segundos de vermelho intermitente (ver o item 2.4.).

## 6. COMPORTAMENTO OBSERVADO

Foi observado o seguinte comportamento dos pedestres:

Como o tempo de verde de pedestres é muito extenso (47 ou 68 s), a maior parte dos pedestres, quando chegavam ao cruzamento, encontravam o sinal já verde. Uma grande parte desses pedestres iniciava a travessia correndo ou em passos rápidos. Quando chegavam no meio da travessia, diminuía a velocidade, passando a andar num ritmo mais "normal". Isso denota uma sensação de insegurança e intranquilidade do pedestre ao realizar a travessia. Presume-se que essa "sensação de insegurança" seja decorrente de três fatos:

- a) quando o pedestre chega, ele não sabe se o tempo de verde que ainda resta é suficiente para iniciar e concluir a travessia;
- b) a travessia é bastante extensa;
- c) o vermelho intermitente não garante ao pedestre que ele possa concluir a travessia sem a necessidade de correr.

Diante destes fatos, o pedestre conclui, intuitivamente, que há necessidade de correr. Entre ter que correr no início ou no final da travessia, a preferência é pelo início, talvez devido a um perfil psicológico mais conservador das pessoas.

Assim, paradoxalmente, apesar do longo tempo de verde de pedestres (muito maior do que o necessário para realizar a travessia), os pedestres são compelidos a correr, demonstrando intranquilidade e insegurança na travessia.

Observa-se que, na travessia em questão, o grupo focal de pedestre é praticamente inútil, sem função, pois não transmite nenhuma informação útil ao pedestre. O verde e o vermelho não lhe dão nenhuma informação adicional, pois a mesma informação pode ser obtida (de forma mais eficiente e segura) observando os veículos (verde de pedestre = veículos parados na linha de retenção e vermelho de pedestre = veículos em movimento). A informação adicional necessária é saber se o verde ainda é suficiente para iniciar e concluir a travessia. Porém, essa informação a atual sinalização não a fornece.

Obviamente, o acréscimo de 1 segundo no tempo do vermelho intermitente para adequar ao Manual atual da CET não irá resolver o problema observado.

## **7. UMA PRIMEIRA PROPOSTA**

Uma primeira proposta para resolver o problema observado poderia ser a sugestão de dar um tempo de vermelho intermitente igual ao tempo necessário para realizar a travessia (no exemplo, 14 segundos), tirando esse tempo do verde. Esta proposta resolveria, à primeira vista, o problema observado. De fato, se o pedestre souber, de antemão, que o tempo de vermelho integral irá lhe garantir a conclusão da travessia, então não importaria mais saber quanto de verde ainda existe no momento da sua chegada, uma vez que, mesmo terminado o verde, ainda existirá um tempo de vermelho intermitente que irá lhe permitir a conclusão da travessia sem a necessidade de correr.

Entretanto, julgamos que não seria conveniente adotar tal medida, pois não haveria uma padronização nos tempos de vermelho intermitente. Nas travessias com tempo de verde muito extenso (travessias "em carona"), o vermelho intermitente garantiria a conclusão da travessia em passo normal. Já nas travessias onde o tempo de verde é estritamente o necessário para a travessia, o vermelho intermitente teria uma duração entre 3 a 6 segundos, não garantindo a conclusão da travessia em passo normal. Um pedestre que estivesse habituado a atravessar a Av. Morumbi, por exemplo, aprenderia, com o tempo, que o vermelho intermitente lhe garantiria a conclusão da travessia sem sobressaltos. Esse mesmo pedestre, ao fazer uma travessia em outro local, às vezes numa outra esquina do mesmo cruzamento, poderia ser surpreendido com um vermelho intermitente curto, aumentando o seu sobressalto. É possível que, com o tempo, o pedestre aprendesse que existiriam dois tipos de locais: um com vermelho intermitente longo e outro com vermelho intermitente curto. Numa travessia em que o pedestre não estivesse habituado, ele (o pedestre) não saberia, a priori, se a travessia possui vermelho intermitente longo ou curto. E por não sabê-lo continuaria a se comportar como observado na vistoria.

## **8. UMA SEGUNDA PROPOSTA**

Uma segunda proposta, visando evitar o problema de falta de padronização apontado na primeira proposta, seria a padronização da duração do tempo de vermelho intermitente de forma a garantir a conclusão da travessia. Isto é, quer a travessia seja "em carona", quer seja "não em carona", o tempo de vermelho intermitente seria tal que, se o pedestre iniciou a travessia com o sinal em verde, ele poderia sempre concluir a travessia em passo normal, sem a necessidade de correr.

Nesta proposta, nas travessias "não em carona", o tempo de verde não poderia mais ser o tempo necessário para a travessia, mas teria que ter a sua duração reduzida a um valor mínimo, por exemplo, de 3 segundos.

Esta proposta apresenta a desvantagem de que poderá não ser bem compreendida pela imprensa e pela população em geral e ser criticada devido ao "pouco tempo de verde", uma vez que existe uma cultura de que o vermelho (mesmo intermitente) não é direito de passagem. Além disso, o vermelho intermitente pode continuar a transmitir uma "pressão psicológica" para correr ou apressar-se para concluir a travessia.

## **9. UMA TERCEIRA PROPOSTA**

Uma terceira proposta visando minimizar o efeito observado é a utilização de grupos focais de pedestres munidos de decrementadores. Este sistema informaria ao pedestre quanto tempo de verde ainda estaria disponível para a travessia.

Entretanto, apesar de os fabricantes deste tipo de grupo focal propalar vantagens desta "nova tecnologia", este sistema apresenta várias desvantagens e não elimina totalmente o problema observado. Se não, vejamos.

- a) O sistema só teria serventia no início do tempo de verde de pedestres. No exemplo, se no instante da chegada do pedestre, ainda houvesse, por exemplo, 40 segundos de verde, então, o pedestre, de posse dessa informação, poderia atravessar a via de forma bastante sossegada.
- b) O pedestre não sabe qual é o tempo necessário para a travessia. No exemplo, nós sabemos que esse tempo é de 14 segundos porque foi previamente medido. Quando o pedestre chega ao local e ainda restar, por exemplo, de 12 a 16 segundos de verde, como ele, o pedestre, poderia avaliar se esse tempo é suficiente para a travessia sem precisar correr? Na prática, o comportamento mais provável seria a travessia correndo ou em passos apressados, exatamente como o comportamento observado na vistoria.
- c) Este sistema poderia aumentar ainda mais a insegurança da travessia, pois poderia incentivar as pessoas a aproveitar os segundos finais de verde, realizando a travessia com corridas desenfreadas. Essas corridas seriam verdadeiras "apostas" e são muito mais perigosas que as "corridas" observadas atualmente com o grupo focal convencional .
- d) Esse sistema não poderia ser utilizado nas travessias "não em carona", sob pena de aumentarmos consideravelmente a insegurança da travessia. Com efeito, nas travessias "não em carona", o tempo de verde geralmente é o estritamente necessário para a realização da travessia. Então, se, quando o pedestre chega ao cruzamento, o sinal já estiver verde, significa que não há mais tempo disponível para a travessia. Portanto, para as travessias "não em carona", não ocorreriam as situações descritas nas letras "a" e "b", mas somente a da letra "c", com todo o conteúdo de insegurança que ela encerra.
- e) Ao colocar os grupos focais com decrementadores apenas nas travessias "em carona", teríamos o efeito da não padronização da sinalização no mesmo cruzamento, dificultando a compreensão da sinalização pelo pedestre.

## **10. UMA QUARTA PROPOSTA**

Uma quarta proposta seria aquela apresentada pelo Manual de Segurança do DENATRAN de 1979, a qual adota o verde intermitente no lugar do vermelho intermitente. Estabelece um verde fixo mínimo de 6 segundos e o verde intermitente deverá ser tal que garanta a travessia em passo normal (velocidade adotada de 1,3 m/s).

## **11. PROPOSTA RECOMENDADA**

Julgamos que a melhor solução para reduzir o comportamento observado na vistoria e dar função e utilidade para o grupo focal de pedestres nas travessias "em carona", com a conseqüente melhoria de segurança e conforto para o pedestre, é aquela apresentada pelo Manual de Segurança do DENATRAN, onde é adotado o verde intermitente em lugar do vermelho intermitente.

Esta proposta é muito semelhante àquela apresentada no item 8, com a diferença de que o vermelho intermitente é substituído pelo verde intermitente. Acreditamos que essa substituição eliminaria a

pressão psicológica da necessidade de apressar-se ou de correr transmitida pelo vermelho intermitente.

Nesta proposta, o verde intermitente teria o seguinte significado:

- a) se, quando o pedestre chegar no local, o sinal já estiver no verde intermitente, o pedestre não pode mais iniciar a travessia, devendo esperar pelo próximo ciclo;
- b) se, no momento da mudança do verde fixo para verde intermitente, o pedestre já tiver iniciado a travessia, então o tempo de verde intermitente garantirá que ele possa concluir a travessia em passo normal.

Nesta proposta, a informação adicional de saber se, no momento em que o pedestre chega ao cruzamento e o sinal estiver verde, ele poderá iniciar e concluir a travessia (informação essa não fornecida pela atual sinalização), é suprida pela própria indicação verde. O verde, nesta proposta, significa que o pedestre pode iniciar a travessia, sem sobressaltos e nem correrias. Agora, se no momento da chegada do cruzamento o sinal já estiver em verde intermitente, então o pedestre não poderá mais iniciar a travessia, pois não haverá mais tempo suficiente para concluí-la.

A única restrição que se poderia fazer à proposta do DENATRAN é em relação ao mínimo de 6 segundos de verde fixo. O mínimo de 6 segundos de verde fixo pode não ser viável em alguns cruzamentos saturados com estágio de pedestres. Recomendamos um mínimo de 3 segundos de verde fixo, pois uma redução de 3 segundos na duração do estágio de pedestres pode significar uma redução da ordem de 11 a 13% no tempo de ciclo.

Implementar a proposta recomendada requer reconfigurar os controladores semafóricos. O mais importante, entretanto, é a necessidade de intensas e maciças campanhas de esclarecimento à população para o entendimento da nova sinalização, principalmente no que concerne ao significado do verde intermitente e do porquê da curta duração do verde fixo em algumas travessias (3 segundos).

*\* Sun Hsien Ming é engenheiro de trânsito e especialista em sistemas de controle de tráfego da CET / SP*