

CRITÉRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS DE MENSAGENS VARIÁVEIS

Sun Hsien Ming *

1 – APRESENTAÇÃO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar algumas considerações sobre os aspectos técnicos, visando contribuir e estimular o debate sobre a conveniência e oportunidade da instalação de Painéis de Mensagens Variáveis – PMV's nas vias da cidade de São Paulo.

O detalhamento dos itens técnicos aqui apresentados teve como base o trabalho desenvolvido para a CET pelo consultor Eng. Pedro Szasz.

2 – CONCEITOS E OBJETIVOS

O sistema de Painéis de Mensagens Variáveis tem a finalidade precípua de divulgar aos usuários do sistema viário **informações que lhes sejam úteis**, informações essas que são variáveis ao longo do tempo e, por conseqüência, necessitam de **atualização permanente**.

As únicas informações variáveis e que, portanto, necessitam de mensagens variáveis, são as condições vigentes do sistema viário.

Especificamente:

- a) condições de trânsito (principalmente situações de congestionamento);
- b) mudanças operacionais temporárias (fechamento de alças, pistas de transferência ou acesso, desvios, obras, etc.).

A resposta ou a reação do usuário face à informação recebida é que fornece os benefícios esperados pela implantação do sistema.

Esses benefícios podem ser traduzidos em:

- a) redução de ocorrência de acidentes;
- b) redução do tempo de viagem, com a conseqüente melhora da fluidez, redução de consumo de combustível e de emissão de poluentes.

A premissa básica de um sistema de Painéis de Mensagens Variáveis é que a informação deva ser transmitida ao usuário de forma que ele possa **reagir à informação recebida**.

Para atingir os seus objetivos, o sistema de Painéis de Mensagens Variáveis pressupõe a existência de uma **infra-estrutura de coleta de dados de tráfego on-line** (sistema de detecção), sem a qual os painéis serão totalmente inócuos.

Por outro lado, o sistema deve ter **credibilidade junto aos usuários**, pois, do caso contrário, eles não reagirão às informações mostradas pelos painéis e os benefícios esperados não serão alcançados. Para tanto, a coleta de dados de tráfego deverá ser confiável e contínua, pressupondo uma manutenção adequada e permanente de todo o sistema (painéis + sistema de detecção).

3 – REDUÇÃO DE ACIDENTES

Ao advertir o motorista, com a antecedência necessária, da ocorrência de uma situação de anomalia (estreitamento de pista, obra, acidentes, bloqueio de alças, acessos ou transposições de pista, etc.), o sistema de PMV's estará contribuindo para a redução de eventuais acidentes causados por manobras ou frenagens bruscas e inesperadas.

O conhecimento antecipado de algum perigo à frente dá ao motorista um tempo adicional para a reação/reflexão de forma que ele possa tomar uma decisão mais adequada.

À falta de informação, o motorista fica surpreendido ao se deparar com a situação inesperada, podendo ficar momentaneamente desorientado e sem saber como reagir. Dependendo das circunstâncias, essa desorientação momentânea, na velocidade do tráfego de uma via expressa, pode ser um fator decisivo para a ocorrência de um acidente.

Uma outra contribuição do sistema de Painéis de Mensagens Variáveis para a redução de acidentes é a informação da ocorrência de congestionamentos adiante em vias de pista rápida. É muito comum a ocorrência de colisões traseiras (muitas vezes uma seqüência de colisões traseiras) em vias de pista rápida. Isso ocorre devido a um repentino e inesperado congestionamento em algum ponto da via. Os veículos que estão a uma certa distância do local do congestionamento estão a uma alta velocidade e quando percebem o congestionamento são obrigados a freadas bruscas, provocando as colisões traseiras. A insegurança não reside exatamente na alta velocidade, mas na diferença das velocidades entre os veículos mais rápidos e os veículos mais lentos. Se o painel alertar o motorista do congestionamento à frente, ele já poderá reduzir a velocidade, evitando possíveis acidentes.

Entretanto, o sistema de PMV pode apresentar uma ineficiência na prevenção de colisões traseiras quando o tráfego estiver operando no nível E. Nesse caso, a velocidade pode variar muito freqüente e intermitentemente desde zero até 80 km/h, com o que as freadas bruscas tendem também a ser muito freqüentes, bem como as conseqüentes colisões traseiras. Este “anda-pára” (*stop-go*) é tão rápido que não seria possível a um sistema de detecção advertir caso a caso, instante a instante, local a local, onde irá ocorrer a “mini onda de choque”.

4 – REDUÇÃO DO TEMPO DE VIAGEM

Se dois ônibus têm o mesmo destino, um com 101 passageiros e outro com 99 e quisermos equilibrar a demanda tirando um passageiro do ônibus mais cheio e passando-o ao mais

vazio, ficando os dois com 100 passageiros, estamos beneficiando 101 passageiros (pois passam do “desconforto” de uma ocupação de 101 pessoas para uma situação de maior conforto representada pela ocupação do mesmo espaço por 100 pessoas) e prejudicando 99 (que passam do “conforto” de uma ocupação de 99 pessoas para uma situação com ocupação do mesmo espaço por 100 pessoas). O benefício líquido é de:

$$101 \times (101 - 100) - 99 \times (100 - 99) = 2 \text{ passageiros} \times \text{ocupação.}$$

Se o desequilíbrio fosse maior, 90 e 110 por exemplo, ao estabelecer equilíbrio haveria um benefício de:

$$110 \times (110 - 100) - 90 \times (100 - 90) = 200 \text{ passageiros} \times \text{ocupação.}$$

Em termos genéricos, se Q_1 e Q_2 é a ocupação dos dois ônibus, o benefício ao estabelecermos o equilíbrio do sistema é de:

$$Q_1 \left(Q_1 - \frac{Q_1 + Q_2}{2} \right) - Q_2 \left(\frac{Q_1 + Q_2}{2} - Q_2 \right) = \frac{(Q_1 - Q_2)^2}{2} \quad (1)$$

Dessa forma, o benefício de estabelecer o equilíbrio é diretamente proporcional ao quadrado do desequilíbrio.

Se o sistema de PMV alertar os motoristas de congestionamentos à frente de forma que possam tomar rotas alternativas menos saturadas, haverá uma tendência na direção do equilíbrio do sistema formado pela rota principal e pelas rotas alternativas. O benefício advindo do maior equilíbrio (ou diminuição do desequilíbrio) é traduzido por uma redução do tempo de viagem no sistema composto pela rota principal e suas rotas alternativas.

Contudo, esse benefício pode ser pequeno em sistemas viários saturados, uma vez que tanto a rota principal como as alternativas estão igualmente saturadas, não havendo distinção entre rotas melhores ou piores.

Agora, do ponto de vista do usuário, que vantagem representa o conhecimento da situação de trânsito? Para responder a esta questão, vamos supor dois caminhos, A e B, que conduzem ao mesmo destino. Sejam T_a e T_b os tempos médios de percurso de A e de B e S_a e S_b os respectivos desvios padrão.

Supondo que $T_a < T_b$, isto é, habitualmente o caminho A é melhor que B, o usuário sem nenhuma informação sobre as condições de trânsito em A e em B, irá optar por A. Se o usuário tiver a informação precisa do trânsito em A e em B, irá optar por A ou por B, o que estiver melhor.

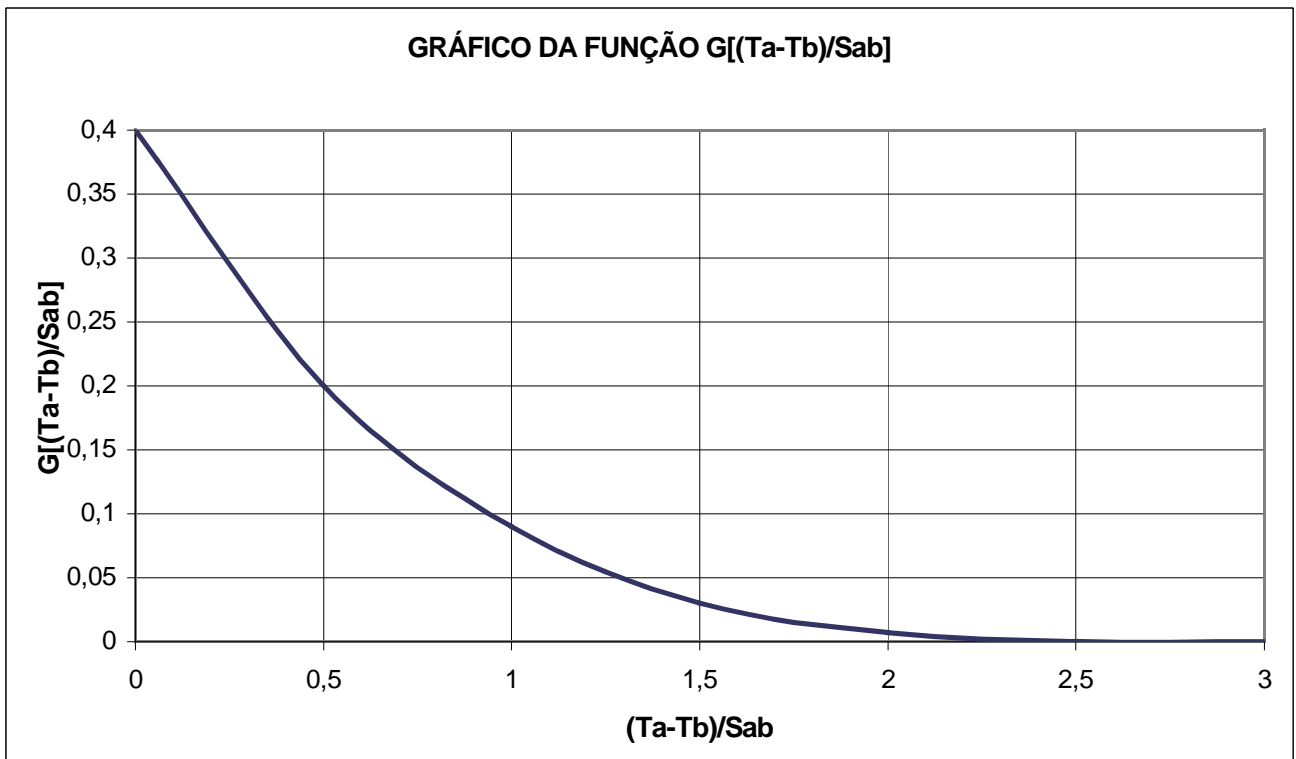
Se T_1 é o tempo médio gasto pelo usuário sem nenhuma informação e T_2 é o tempo médio gasto por um usuário com conhecimento da situação de trânsito em A e em B, vamos indicar o benefício advindo do conhecimento da informação como sendo $\Delta T = T_2 - T_1$. Esse benefício pode ser calculado pela expressão:

$$\Delta T = Sab \cdot G \left(\frac{Ta - Tb}{Sab} \right) \quad (2)$$

onde:

$$Sab = \sqrt{Sa^2 + Sb^2} \quad (3)$$

e $G \left(\frac{Ta - Tb}{Sab} \right)$ é uma função cujo gráfico apresenta o aspecto da seguinte figura.



Quando dois caminhos são em média equivalentes, isto é, $Ta = Tb$, o benefício de poder saber, num horário específico, qual deles está melhor no momento vale em média 40% do desvio padrão da diferença $Ta - Tb$. À medida que um dos caminhos seja frequentemente melhor (ou pior) que o outro, a utilidade da informação é menor, pois mais raramente o desvio será necessário.

Exemplo: Dois caminhos A e B são em média equivalentes: $Ta = Tb$, cada um com desvio padrão de 10 minutos: $Sa = Sb = 10$ minutos.

$$Sab = \sqrt{100 + 100} = 14$$

$$\Delta T = Sab \cdot G(0) = 14 \times 0,4 = 5,6 \text{ minutos}$$

Quando as informações são parciais, isto é, quando se conhece apenas as condições de trânsito só de um dos caminhos, há também um benefício, embora menor. Neste caso, o benefício também pode ser calculado pela expressão (2), só que o valor de S_{ab} se refere apenas ao desvio padrão do caminho monitorado.

Exemplo: Dois caminhos A e B são em média equivalentes: $T_a = T_b$, sendo que apenas o caminho A é monitorado, apresentando desvio de padrão de 10 minutos: $S_a = 10$ minutos.

$$\Delta T = S_{ab} \cdot G(0) = 10 \times 0,4 = 4 \text{ minutos}$$

Vale ressaltar as dificuldades que limitam a eficiência de um sistema de Painéis de Mensagens Variáveis na sua finalidade de orientar o melhor caminho a cada instante:

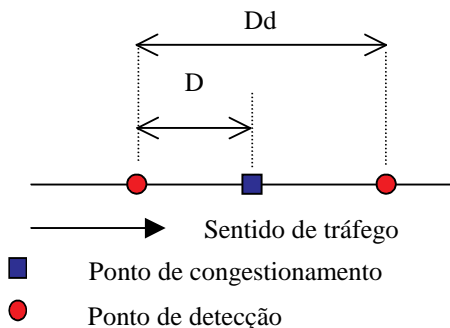
- Os usuários de uma via tem dezenas de destinos e as mensagens de orientação se limitam a dois ou três nomes, cada um podendo abranger, ou uma via ou uma região.
- As condições de tráfego podem mudar muito rapidamente e a melhor indicação de um instante pode deixar de ser logo em seguida, principalmente se todos seguirem a orientação.

5 – ESPAÇAMENTO ENTRE DETECTORES

Num modelo simplificado, de uma via homogênea, com volume igual e mesma probabilidade de formação de congestionamento em qualquer ponto da via, se a fila de congestionamento tiver uma velocidade V e D é a distância entre o ponto do início do congestionamento e o ponto de detecção, o tempo para a detecção do congestionamento T_d será de:

$$T_d = \frac{D}{V} \quad (4)$$

Considere a figura abaixo, onde D_d é a distância entre dois pontos de detecção:



Como D varia desde zero até a distância entre detetores (D_d), o tempo médio para a percepção do congestionamento é:

$$Td_{\text{médio}} = \frac{Dd}{2V} \quad (5)$$

Dessa forma, o tempo médio de detecção é diretamente proporcional à distância entre os pontos de detecção. Quanto mais detetores, menor será o tempo de detecção.

V é função do volume de tráfego e da capacidade normal da via e do ponto de estrangulamento. Normalmente, V varia desde zero até 18 km/h. Considerando-se que $V < 18$, tem-se:

$$Dd < 36 Td_{\text{médio}} \quad (6)$$

Exemplo: Se estipularmos um tempo médio de detecção de 5 minutos (0,083 h), o espaçamento entre detetores deve ser menor que 3 km.

6 – ONDE COLOCAR OS PAINÉIS DE MENSAGENS VARIÁVEIS

Com o objetivo de reduzir acidentes (advertir congestionamentos, obras, estreitamentos de pista à frente; bloqueio de acessos, transposições, etc.):

- a) Os Painéis de Mensagens Variáveis devem ser colocados ao longo da via, com um certo espaçamento para poder cobrir os possíveis pontos de congestionamentos, obras, estreitamentos de pista, etc.
- b) Os Painéis de Mensagens Variáveis devem ser colocados antes de acessos e transposições que são passíveis de bloqueios temporários.
- c) Os Painéis de Mensagens Variáveis devem ser colocados depois de pontos de entrada.

Com o objetivo de orientar o melhor caminho:

- a) Os Painéis de Mensagens Variáveis devem ser colocados antes de pontos de saída para rotas alternativas.

7 – PERSPECTIVAS FUTURAS DO SISTEMA

Existe a possibilidade de obsolescência do sistema a longo prazo, pois, com o advento e desenvolvimento do ITS (*Intelligent Transportation System*), a tendência é de informação e orientação individualizada a cada veículo, através de sistemas de navegação a bordo, onde o computador de bordo escolherá o melhor caminho, dispensando as informações do sistema de PMV. Entretanto, a infra-estrutura de coleta de dados de tráfego *on-line* continua indispensável (para alimentar o sistema de navegação a bordo), evoluindo para o conceito de via inteligente e permitindo a interação direta entre a via e o veículo. Nesse cenário, os painéis ficariam sub-utilizados.

8 – PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- a) O sistema de Painéis de Mensagens Variáveis pressupõe a existência de uma infraestrutura de coleta de dados de tráfego (sistema de detecção) *on-line*. Só há sentido em implantar um sistema de PMV se houver monitoração de trânsito em toda a área coberta pelo sistema de PMV.
- b) O benefício do sistema de PMV é oriundo da reação e/ou resposta do usuário diante da informação recebida. Isso implica que a informação deve ser confiável. Para que o sistema tenha a credibilidade necessária, é preciso que o sistema (sistema de detecção + sistema de PMV) seja contínua e adequadamente mantido, o que implica em uma manutenção de alta eficiência.
- c) O benefício de equilibrar as rotas é proporcional ao quadrado do seu desequilíbrio.
- d) O Painel de Mensagens Variáveis deve ser priorizado para orientar rotas alternativas equivalentes, isto é, rotas que, habitualmente, apresentam o mesmo nível de saturação. Quando uma rota é usualmente melhor que outra, o uso do Painel de Mensagens Variáveis apresenta menor utilidade.
- e) Em função de restrições de recursos, é possível monitorar o trânsito apenas da rota principal. Mesmo sem informações das rotas alternativas à rota principal, o sistema de PMV apresenta benefícios, embora menores do que se todas as rotas (principal e alternativas) fossem monitoradas.
- f) O tempo de detecção está relacionado diretamente ao espaçamento entre detetores.
- g) Onde colocar os PMV's:
 - Com o objetivo de reduzir acidentes
 - Os Painéis de Mensagens Variáveis devem ser colocados com um certo espaçamento para poder cobrir os possíveis pontos de congestionamentos, obras, etc.
 - Os Painéis de Mensagens Variáveis devem ser colocados antes de acessos e transposições que são passíveis de bloqueios temporários.
 - Os Painéis de Mensagens Variáveis devem ser colocados depois de pontos de entrada.
 - Com o objetivo de orientar o melhor caminho:
 - Os Painéis de Mensagens Variáveis devem ser colocados antes de pontos de saída para rotas alternativas.
- h) Existe a possibilidade de obsolescência do sistema a médio e longo prazo, devido a sistemas de navegação a bordo, com a entrega *on-line* das informações de trânsito individualmente a cada veículo.

** Sun Hsien Ming é engenheiro de trânsito e especialista em sistemas de controle de tráfego da CET / SP e elaborou este texto a partir de estudo realizado pelo consultor Pedro Szasz.*