

NT 216

2011

## Aplicação do dispositivo CAIXA DE SEGURANÇA (Safety Box) para Travessias de Pedestres em vias simples e mão dupla

**Luiz Alberto Gonçalves Rebelo**

**Marcos César Zaccaria**

**Marcelo Guidolin**

**Maria Margarida Nunes Sobral**

### 1 – Apresentação

Este trabalho tem por objetivo fornecer parâmetros para análise de trechos de vias de pista simples e duplo sentido de direção onde exista travessia de pedestres concentrada, utilizando uma metodologia de análise de dados, para aplicação do dispositivo Caixa de Segurança (*Safety Box*), tendo como base de dados:

- Número de Acidentes envolvendo pedestres e ou ciclistas;
- Fluxo de veículos;
- Fluxo de Pedestres;
- Fluxo de Saturação;
- Velocidade Média;
- Tempo de Duração das Brechas (GAP's);
- Tempo Médio de Espera para Travessia de Pedestres;
- Polos Geradores de Pedestres;
- Uso do solo.

### 2 – Introdução

Os acidentes de trânsito geraram 1.382 mortes em São Paulo em 2009, uma redução de 5,5 % em relação a 2008. Uma grande marca que é também resultado da ação direta da CET na gestão do trânsito da cidade. Mas um problema permanece: o número de pedestres mortos não apresentou redução em relação ao ano anterior, enquanto o número de motoristas e passageiros de veículos diminuiu 9,8%. E ainda, os pedestres representam 48,6% do número total de mortos.

Tratar da segurança do pedestre, o usuário mais frágil do sistema de transportes, é prioritário para a gestão do trânsito, assim como é estratégica a pesquisa de novas e eficientes formas de garantir o caminhamento e a travessia seguros.

Uma das maneiras de reduzir o número e a severidade dos acidentes, principalmente atropelamentos, é a adoção de dispositivos de sinalização propostos pela política de circulação conhecida como Moderação do Tráfego -Traffic Calming, que pode ser definida, em termos gerais, como um conjunto de ações cujo objetivo é reduzir a velocidade média em áreas e vias determinadas, incentivando o tráfego de pedestres, o ciclismo, o transporte público, a renovação urbana, e acomodando o tráfego de veículos de maneira menos impactante para a vida na cidade.

Na CET, já há anos, as técnicas de Moderação do Tráfego vêm sendo adotadas e aplicadas com sucesso, principalmente em áreas residenciais onde se pretende reduzir a presença e a velocidade do tráfego de passagem.

Há, porém, um dispositivo específico de Moderação de Tráfego ainda não aplicado, denominado Caixa de Segurança (Safety Box) que combina vários elementos de sinalização (painéis educativos, pavimento diferenciado, balizadores), iluminação de faixa de travessia e fiscalização eletrônica de velocidade, e que pode ser instalado em vias de pista simples e duplo sentido de direção que apresentem alto risco de **atropelamento em trechos como:**

- Diante de escolas, parques de diversão e outros atrativos;
- Diante de grandes empreendimentos e prédios públicos;
- Trechos que separam parques ou represas de grupos de edificações;
- Trechos de via que separam dois setores de uma cidade;
- Demais locais onde ocorra intensa travessia de pedestres e um semáforo não seja a solução recomendável.

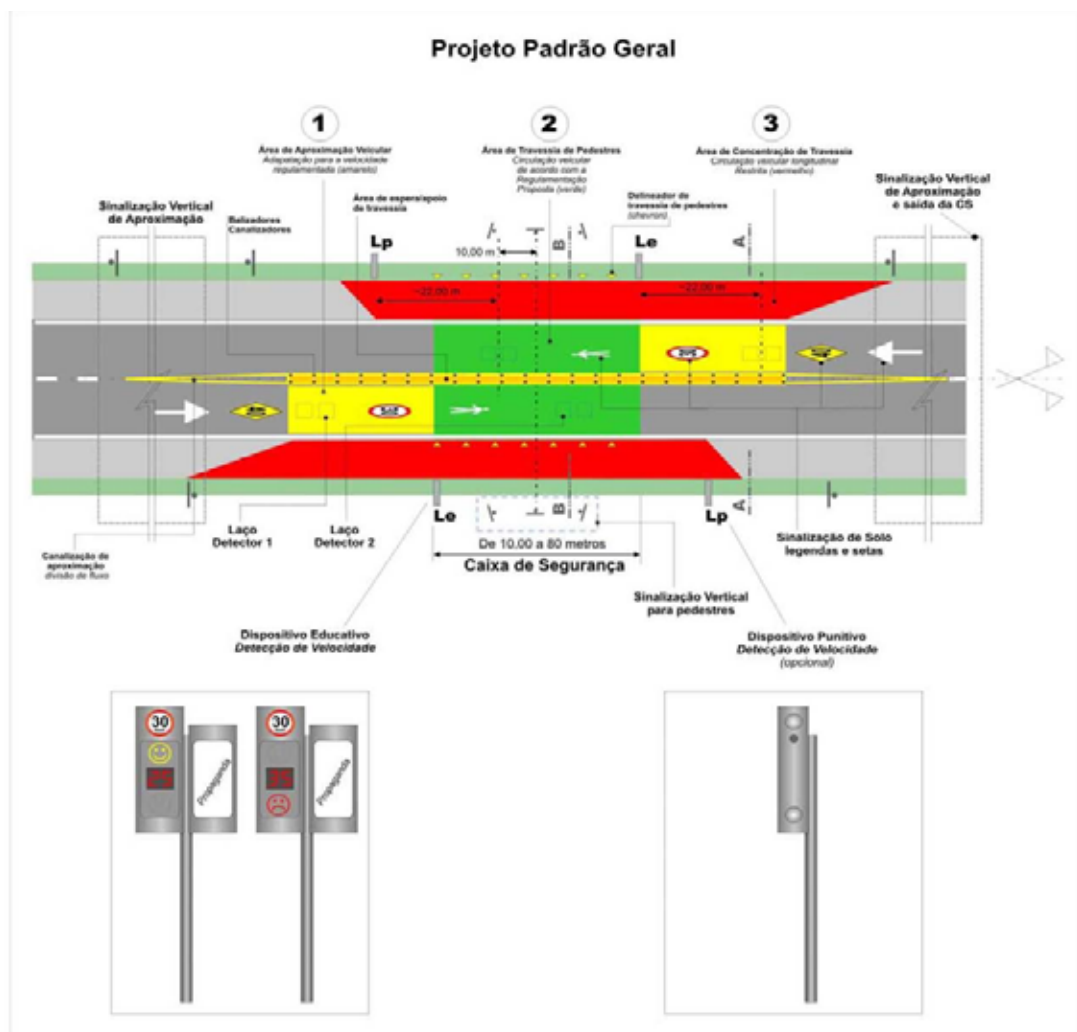
A adoção da Caixa de Segurança visa alterar comportamentos dos motoristas e melhorar as condições para usuários não motorizados do sistema viário, porque:

- Propicia velocidades baixas para automóveis;
- Reduz a frequência e a severidade das colisões;
- Aumenta a segurança e melhora a percepção de segurança dos usuários não motorizados do sistema viário local;
- Reduz a necessidade de fiscalização policial ostensiva de tráfego;
- Requalifica o sistema viário sob o ponto de vista urbanístico;
- Melhora a permeabilidade do solo;
- Reduz atropelamentos;
- Prioriza a circulação de pedestres e ciclistas;
- Possibilita maior harmonia das relações entre os usuários da via;
- Cria vias mais amigáveis e mais seguras;
- Melhora a qualidade de vida.

### 3 - Caixa de Segurança

Segundo BRAZ (2003), a caixa de segurança é um sistema de sinalização que se destina à garantia da travessia de pedestres em áreas críticas. A visualização do esquema-padrão de uma caixa de segurança está apresentada na Figura 1, abaixo.

Figura 1– Projeto – Padrão da Caixa de Segurança



O sistema de sinalização da caixa de segurança prevê a utilização dos seguintes dispositivos:

- **Pré-sinalização- banners**, placas especiais de advertência e regulamentação com o intuito de instruir os usuários da via de forma clara para um comportamento correto a ser seguido quando da aproximação da área de travessia de pedestres propriamente dita (esta pré-sinalização está prevista no atual Código de Trânsito Brasileiro em seu Anexo II mas sua utilização deve ser aprovada pelo CONTRAN).
- **Sinalização horizontal da travessia** - composta por pintura de pavimento, símbolos de regulamentação de velocidade, pictogramas de pedestre; o tratamento dado ao pavimento é muito importante porque delimita claramente a área de aproximação (amarela), indicando ao condutor que está entrando em uma área de conflitos, área de travessia de pedestres (verde), determinando o local mais adequado para a realização das

travessias e ao mesmo tempo, indicando ao condutor do veículo que não precisa obrigatoriamente parar.

- **Construção de passeio** – indicando com a cor vermelha, a área de concentração de pedestres que aguardam as brechas para a realização da travessia.
- **Canalização entre as faixas de rolamento** - com balizadores flexíveis, para restringir a ultrapassagem de veículos e o aumento da velocidade dentro da Caixa de Segurança.
- **Fiscalização eletrônica de velocidade** – instalação de radares associados a painéis luminosos.
- **Iluminação da Caixa de Segurança** – através da instalação de luminárias especialmente para a área de travessia.

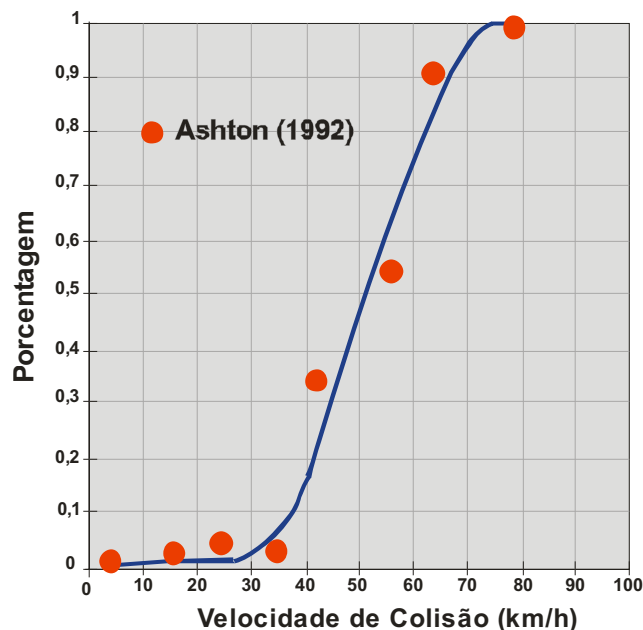
### 3.1- Aplicação

A velocidade dos veículos tem relação direta com a gravidade das lesões provocadas num atropelamento. Pesquisa realizada pela Rede Sarah de Hospitais (Dinâmica do Atropelamento, 1999) sobre a dinâmica do atropelamento concluiu que:

- a 32 Km/h, 5% dos pedestres atingidos morrem, 65% sofrem lesões e 30% sobrevivem ilesos.
- a 48 Km/h, 45% dos pedestres atingidos morrem, 50% sofrem lesões e 5% sobrevivem ilesos.
- a 64 Km/h, 85% dos pedestres atingidos morrem e os 15% restantes sofrem algum tipo de lesão.

Comparando, a diferença entre as velocidades de 32 Km/h e 48 Km/h é pequena do ponto de vista do condutor, mas extremamente relevante para a gravidade das lesões do atropelamento, elevando de 5% para 45% a probabilidade de óbito. Partindo daí, considera-se que estabelecer a velocidade de 30 Km/h na Caixa de Segurança atende ao objetivo de redução da gravidade dos atropelamentos, como demonstra o gráfico elaborado por ASTHON (1992) apresentado abaixo.

Figura 2 – Probabilidade de lesão fatal em colisão automóvel/pedestre



Como ferramenta de análise para a aplicação da Caixa de Segurança são propostos os procedimentos apresentados na Nota Técnica CET 168 (1993), **Modulação das Vias, determinação do Nível de Gravidade do Módulo e Método ABC**, para hierarquização de trechos críticos de vias e identificação dos locais em que poderia ser aplicada a Caixa de Segurança.

A Modulação das Vias (divisão dos corredores viários em trechos de 1.000m e cadastramento dos acidentes por trecho) permite determinar com maior objetividade os trechos de maior concentração dos acidentes em uma via ou em um conjunto de vias, fornecendo, portanto um indicador para a priorização de ações de segurança de trânsito.

A determinação do Nível de Gravidade dos módulos fornece um parâmetro qualitativo à hierarquização dos trechos críticos porque implica na definição de um valor relativo (uma ponderação) por tipo de acidente (atropelamento, fatal, com vítima), relacionando os acidentes no trecho com o volume equivalente/hora identificado no local. Assim, a criticidade de um trecho não será dada apenas pelo número de acidentes ocorridos, mas pela maior frequência de acidentes fatais relativamente ao total de veículos em circulação, por exemplo.

Identificado o Nível de Gravidade dos trechos, propõe-se a aplicação do Método ABC cuja vantagem reside na determinação de prioridades para o controle do que se deseja atingir. Relacionando os trechos críticos de vias, por nível de gravidade, com o total de acidentes envolvidos, é possível que ocorra a identificação, por exemplo, de uma concentração de 80% dos acidentes em 20% dos trechos, indicando serem estes os trechos de prioridade A para a redução de ocorrência de acidentes.

A existência da brecha no fluxo veicular é o que possibilita a travessia da via pelo pedestre. A definição de parâmetros para a identificação de ocorrência de brechas mínimas seguras foi tratada na Nota Técnica CET 112 (1986), tomada aqui como base.

A duração da brecha é medida a partir do instante de passagem da extremidade traseira de um veículo, em um ponto determinado da via, e o início da passagem da extremidade dianteira do próximo veículo pelo mesmo ponto. Para a determinação do tempo mínimo de duração da brecha para uma travessia segura (conforme NT112) aplica-se a expressão a seguir:

$$T_{bst} = P_{tr} + \frac{L + 2E_s + DC}{VP + V_{mV}}$$

Onde:

$T_{bst}$  = Tempo de Duração de uma brecha considerada mínima e segura para travessia (segundos);

$P_{tr}$  = Tempo de Pré Travessia (segundos);

$L$  = Largura da Via (metros);

$E_s$  = Distância do Ponto de permanência segura do pedestre até a borda do passeio (metro);

$VP$  = Velocidade do Pedestre (metros/segundo);

$V_{mV}$  = Velocidade Veicular média da via (metros/segundo);

$DC$  = Distância Crítica de acidentes (metro);

O tempo de Pré-travessia (tempo que o pedestre gasta identificando o local de travessia e verificando a distância dos veículos ao redor) recomendado é entre 0,8s e 1,2 s tendo sido aqui adotado o período de 1,0s.

Se aplicado o projeto-padrão da Caixa de Segurança, as faixas de rolamento deverão ter 3,2 m de largura e canalização central com balizadores, 1,0 m.

Como Distância do ponto de permanência segura do pedestre - $E_s$  - foi adotado 1 m em função da velocidade de 30Km/h.

A Velocidade do Pedestre -  $VP$  adotada foi de 1,2 m/s, média para tráfego misto conforme tabela constante da NT112.

A Velocidade veicular média da via –  $V_{mV}$  - para a aplicação da Caixa de Segurança é de 30Km/h.

Como Distância crítica de acidentes –  $DC$  – (distância mínima entre o pedestre e o veículo, indicando iminência de atropelamento), a NT 112 recomenda 12m (duas vezes o comprimento do veículo em velocidades próximas a 40 km/h).

$$\frac{DC}{V_{mV}} = \frac{12}{30\text{Km/h}} = 1,44\text{s}$$

Aplicando a fórmula para Tempo mínimo de duração da brecha para travessia segura, temos:

$$T_{bst} = \frac{1,0 + 3,2 + 2 \times 1 + 1,44}{1,2} = 6,8s$$

Portanto para travessias realizadas na Caixa de Segurança, onde a velocidade desenvolvida pelos veículos estará regulamentada em 30Km/h, largura da faixa de rolamento de 3,2m e velocidade média do pedestre em 1,2m/s, temos como brecha mínima aceitável pelo pedestre 6,8s, correspondendo aproximadamente a 56 metros de distância entre dois veículos.

Para completar a parametrização da aplicação da Caixa de Segurança é necessário determinar o tempo de espera média do pedestre para efetuar a travessia. Para isso, foi utilizada a Nota Técnica CET 151 (1992), que propõe o cálculo do tempo de espera para veículos e pedestres em travessias não semaforizadas. Conforme a NT 151, os atrasos (espera) causados em cruzamentos pela placa pare ou outras regulamentações de prioridade equivalente, caso da Caixa de Segurança, podem ser estimados pela fórmula abaixo.

$$T_m = \frac{1}{VI} \times \left( \frac{GI \cdot VI}{e} \times \frac{e^{-yI}}{1-y} - 1 - \frac{yI^2}{2} \right) - GI$$

Onde:

$T_m$  = tempo de Espera médio do Pedestre (segundos)

$VI$  = Volume médio da via principal (veículos por hora)

$GI$  = Intervalo limite de tempo entre a passagem sucessiva de dois veículos na via principal (gap limite), abaixo do qual o veículo da transversal não cruza a via.

$YI$  = taxa de ocupação entre o fluxo de veículos e o fluxo de saturação da via.

Para fins de cálculo, foram adotados os seguintes valores:

Fluxo de saturação da via = 1900veic./h/faixa

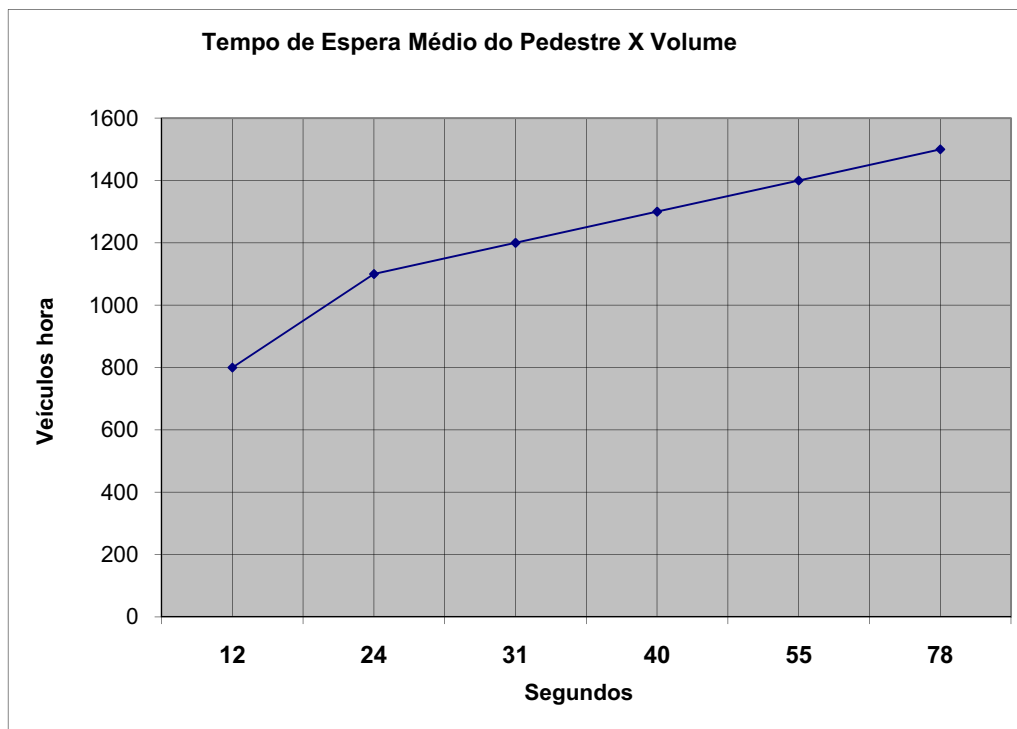
Fluxo veicular equivalente = 800veic./h

O  $GI$  foi calculado fazendo uso da fórmula anterior, em que o Tempo de Duração de uma brecha considerada mínima e segura para travessia é de 6,8s, para largura de via de 3,2m(meia pista).

Aplicando a fórmula, obtém-se:

$$T_m = 4.5 \times \left( e^{1.5} \times \frac{e^{-0.421}}{1-0.421} - 1 - \frac{0.473}{2} \right) - 6.8 = 12s$$

Calculando o Tempo de Espera médio do Pedestre – TM para um fluxo compreendido entre 800 a 1500 veículos/h obtém-se valores de 12 a 78 segundos, apresentados abaixo na Figura 3. Consultando o Manual de Sinalização Semafórica (CET, 2001), verifica-se que um dos critérios para implantação de semáforo de pedestres é a ocorrência de esperas maiores ou iguais a 25 segundos. Sendo assim, e visto que a Caixa de Segurança não se aplica em caso de semaforização, convém adotar como TM máximo o valor de 24 segundos, resultando então como volume máximo 1.100 veículos/h para uma faixa de rolamento.



**Figura 3 – Tempo de Espera Médio do Pedestre X Fluxo Veicular**

A velocidade de chegada dos veículos no dispositivo de sinalização Caixa de Segurança, quando esta for antecedida de longos trechos, é uma questão importante pois a sinalização de regulamentação de velocidade por si só, não garante o respeito à velocidade regulamentada, criando assim risco potencial de acidentes. Desta forma recomenda-se a adoção de outras medidas de engenharia de tráfego, a fim de restringir a velocidade de aproximação, como por exemplo deflexões horizontais que diminuam a velocidade do tráfego antes da área de travessias de pedestres, proporcionando a acomodação do tráfego de uma maneira aceitável para a integração da Caixa de Segurança, garantindo assim a interação das sinalizações.



#### 4. Considerações Finais

Este trabalho procura mostrar que através das técnicas para a análise de segurança, é possível identificar e selecionar os principais fatores para escolha do trecho da via de pista simples e mão dupla, que apresenta risco potencial de atropelamentos, tornando mais segura a travessia de pedestre com a aplicação do sistema de sinalização da Caixa de Segurança.

Foi aqui estimado como tempo de duração de uma brecha mínima e segura para travessia de pedestres o intervalo de 6,8 segundos. Para tanto é necessário que os valores recomendados para velocidade veicular média (30 km/h) e largura das faixas da via (3,2m) sejam garantidos, proporcionando a eficiência da Caixa de Segurança.

Conforme apresentado neste trabalho, para o tempo de espera máximo aceitável do pedestre de 24 segundos, o volume máximo veicular deve ser igual ou menor que 1.100 veículos equivalentes/hora, ou seja, VDM em torno de 11.000.

Por fim, é necessário salientar a importância da educação para o trânsito como uma ferramenta na redução do número de acidentes, uma vez que o comportamento inadequado diante da sinalização por mais simples que possa parecer, acarreta riscos de acidentes. É recomendável a adoção de medidas para estimular a participação da sociedade da região em que estiver a via a ser interferida na discussão de assuntos relacionados ao trânsito, criando oportunidades como reuniões com representantes das comunidades, principalmente escolas, para discussão e relatos de experiências e dificuldades com relação a travessia de pedestres e promovendo espaços de realização da cidadania integrado com as questões relacionadas à inclusão social, ao meio ambiente e à saúde pública.

#### Referências Bibliográficas:

- BRAZ, José Tadeu. Caixa de Segurança (*Safety Box*) – Tratamento de Áreas para Travessia Segura de Pedestres, São Paulo – Brasil, 2003.
- CARDOSO, Gilmar e SAUERESSIG, Márcio. Controladores Eletrônicos de Velocidade. Metodologia para Implantação e Resultados Obtidos em Porto Alegre – EPTC, Rio Grande do Sul – Brasil, 2002.
- CTB, Código de Trânsito Brasileiro, 3ª Edição, atualizada e ampliada, 1997, Brasil.
- DA, Dinâmica do Atropelamento – Rede Sarah de Hospitais do Aparelho Locomotor, 1999.
- MMT, Manual de Medidas Moderadas do Tráfego – Empresa de transportes e Trânsito de Belo Horizonte – BHTrans, Brasil.
- MSS, Manual de Sinalização Semafórica – Critérios de Implantação – Companhia de Engenharia de Tráfego – CET, São Paulo. 2001, Brasil.
- NT-79, Nota técnica N.º 79 – Método para Avaliação de Velocidade – Companhia de Engenharia de Tráfego – CET, São Paulo. 1982, Brasil.

- NT-112, Nota Técnica N.º 112 – Algumas Considerações sobre Travessias e Brechas no Fluxo Veicular – Companhia de Engenharia de Tráfego – CET, São Paulo. 1986, Brasil.
- NT-151, Nota Técnica N.º 151 – Aspecto Fluidez no Estudo de Interseção Semaforizada e não Semaforizada – Companhia de Engenharia de Tráfego – CET, São Paulo. 1992, Brasil.
- NT-168, Nota Técnica N.º 168 – Classificação de dados de Acidentes de Trânsito no Município de São Paulo, Baseada na Aplicação do Método ABC, Nível de Gravidade e Modulação das Vias – Companhia de Engenharia de Tráfego – CET, São Paulo. 1993, Brasil.
- GOLD, Philip Anthony. Segurança de Trânsito – Aplicação de Engenharia para Reduzir Acidentes, 1998.