

# FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE TRÂNSITO

Sun Hsien Ming \*

## 1 – APRESENTAÇÃO

Com o uso crescente de veículos automotores, o controle de tráfego torna-se cada vez mais complexo. Os veículos, ao se movimentarem, precisam dividir, entre si e com pedestres, o tempo e o espaço disponíveis. Onde existe movimento, existe perigo, conflito, risco de colisão. Por outro lado, com o aumento do número de veículos, as vias ficam mais saturadas. Daí, os dois grandes desafios para o controle de tráfego: segurança e fluidez. Para que veículos e pedestres possam se movimentar com segurança, é necessário que regras sejam seguidas: as leis de trânsito. Quando as leis de trânsito não são respeitadas, ocorrem os acidentes e congestionamentos.

Sem dúvida, a segurança é a principal preocupação no controle de tráfego. A frequência de ocorrência de acidentes e, principalmente, a gravidade dos acidentes, está intimamente relacionada com a velocidade. Assim, o controle de velocidade foi uma das primeiras necessidades surgidas com o advento do automóvel. Dada a dificuldade de medir a velocidade dos veículos por agentes de trânsito, surgiu a necessidade de desenvolver equipamentos que pudessem medir a velocidade de forma automática e confiável. Por isso, os primeiros equipamentos de fiscalização eletrônica foram os radares.

O termo “radar” deriva da sigla em inglês “*Radio Detection And Ranging*” e foram utilizados para detectar velocidade. Um dos primeiros radares projetado para fiscalizar velocidade de veículos foi construído em 1947 e foi utilizado pela polícia de Connecticut para fiscalizar a Route 2 em Glastonbury. Este equipamento era baseado na tecnologia de válvulas e operava na frequência de 2,455 GHz.

Inicialmente, os radares utilizavam apenas ondas eletromagnéticas no espectro de rádio-frequência e microondas. Na década de 1990, surgiram os radares a laser, também conhecidos como “ladar” (*Laser Detection And Ranging*) ou “lidar” (*Light Detection and Ranging*) que, normalmente, utilizam a banda superior do infra-vermelho.

Embora o termo “radar” fosse originalmente utilizado para designar equipamentos que utilizem sensor que emite ondas eletromagnéticas (rádio, microondas ou luz), o termo acabou sendo generalizado para designar também equipamentos de fiscalização de velocidade que não utilizem ondas eletromagnéticas como tecnologia para detecção de velocidade.

Austrália em 1990 e Londres em 1992 realizaram experiências bem sucedidas de controle de velocidade utilizando equipamentos com câmeras, com redução de 30 a 40% no número de vítimas fatais no primeiro ano do programa. Na cidade de São Paulo, a fiscalização de velocidade teve início em 1997, com redução de 31% no número de vítimas fatais (1996/1998). O impacto da fiscalização no comportamento dos condutores foi

[www.sinaldetransito.com.br](http://www.sinaldetransito.com.br)

impressionante: na Marginal Pinheiros, km 12,5 (sentido Interlagos – Castelo Branco), o número de infratores caiu de 50 % em 1997 para 3 % em 1998.

## **2 – CLASSIFICAÇÃO E MODALIDADES DE FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE TRÂNSITO**

A fiscalização eletrônica de trânsito, quanto à sua aplicação, se divide em:

- Aplicações metrológicas
- Aplicações não metrológicas

As aplicações metrológicas envolvem a medição do valor de uma grandeza física. No caso de fiscalização eletrônica de trânsito, a aplicação metrológica se refere à fiscalização de velocidade.

As aplicações não metrológicas não envolvem medições. Simplesmente constata ou identifica a ocorrência ou não de algum evento. Na fiscalização eletrônica de trânsito, as aplicações não metrológicas se referem à fiscalização de invasão de semáforo vermelho, invasão de faixa exclusiva de ônibus, parada sobre faixa de pedestres, transitar em faixa ou local não permitido, etc.

### **2.1 – Aplicação metrológica: fiscalização de velocidade**

Pela terminologia normalmente utilizada, pode-se classificar os equipamentos de fiscalização de velocidade em 3 modalidades, todas providas de sistemas registradores de imagens dos veículos infratores:

- Radar fixo
- Radar estático
- Lombada ou barreira eletrônica

#### **2.1.1 – Radar fixo e Barreira eletrônica**

O radar fixo e a barreira eletrônica apresentam sistema de detecção de velocidade baseado na tecnologia de laços indutivos instalados no pavimento. Normalmente é utilizado um conjunto de 2 ou 3 laços indutivos por faixa de rolamento. O valor da velocidade é obtida pelo quociente da distância entre os laços pelo tempo gasto para percorrê-la. No caso de 2 laços, o valor de velocidade pode ser obtido através de uma única medida ou por meio de duas medidas de tempo. No primeiro caso, é acionado um cronômetro quando o primeiro laço é sensibilizado pelo veículo. O cronômetro é travado quando o veículo alcança o segundo laço. No segundo caso, a primeira medida de tempo é feita entre os instantes de chegada do veículo no primeiro e segundo laço, enquanto que a segunda medida de tempo é feita entre os instantes de saída do primeiro e segundo laço. No caso do uso de três laços, a velocidade é sempre obtida por meio de duas medidas de tempo: entre o primeiro e segundo laço e entre o segundo e terceiro laço.

Para a captura das imagens dos veículos infratores é utilizada uma câmera (uma câmera por faixa de rolamento).

Nos radares fixos, a câmera é fixada em um poste metálico e os equipamentos eletrônicos são instalados em um gabinete também fixado em postes.

A barreira eletrônica se distingue do radar fixo pela instalação de um painel onde é inserido um *display* que mostra o valor da velocidade do veículo detectado. A barreira eletrônica é normalmente utilizada em vias de velocidade mais baixa, onde é necessária uma redução pontual da velocidade devido a escolas, travessia de pedestres, etc., enquanto que o radar fixo é mais utilizado em vias arteriais e de trânsito rápido. As Figuras 1a e 1b mostram um radar fixo e uma barreira eletrônica instalados na cidade de São Paulo.



Figura 1a – Radar fixo



Figura 1b – Barreira eletrônica

Por possuírem instalações fixas, é possível efetuar a transmissão remota das imagens registradas pelo radar fixo e barreira eletrônica, utilizando-se de conexões de banda larga como ADSL ou rádio comunicação. A possibilidade de transmissão de imagens é muito importante em grandes metrópoles como São Paulo, pois evita a necessidade de se deslocar periodicamente até cada equipamento para coletar as imagens registradas. Com a comunicação, há também a grande vantagem de se poder configurar o equipamento à distância, a partir de uma Central de Controle, sem a necessidade de se deslocar fisicamente até cada equipamento.

### 2.1.2 – Radar estático

O radar estático é um equipamento portátil, de fácil transporte e mobilidade, normalmente fixado em um tripé. O termo “estático” se refere à sua posição estacionária durante a operação, em contraposição a “equipamento móvel”, onde o equipamento é operado no interior de um veículo em movimento. Devido à sua mobilidade, o radar estático não pode utilizar a tecnologia de laço indutivo. Dessa forma, a medição de velocidade é feita por meio de ondas eletromagnéticas. A Figura 2 mostra um radar estático em operação.



Figura 2 – Radar estático

Existem basicamente dois tipos de radar estático quanto ao princípio de medição de velocidade empregado: Doppler e Laser.

O radar Doppler emite uma onda contínua de frequência  $f_0$  que se reflete no veículo em movimento. Pelo efeito Doppler, a onda refletida apresenta uma frequência  $f_t$ , diferente da original. Sendo  $\Delta f$  o desvio da frequência devido ao efeito Doppler, tem-se:

$$f_t = f_0 \pm \Delta f$$

Se o veículo se aproxima do radar, o sinal será “+”. Se o veículo se afasta do radar, o sinal será “-”. O desvio de frequência  $\Delta f$  é função da velocidade  $v$  do veículo:

$$v = \frac{c\Delta f}{2f_0}$$

onde  $c$  é a velocidade da luz.

O radar a laser transmite pulsos de luz. O tempo  $t$  que o pulso de luz leva para ir do radar até o veículo em movimento e voltar até o radar é usado para calcular a distância  $d$  do radar até o veículo:

$$d = ct$$

A velocidade do veículo é calculada pela variação de  $d$  de um pulso para outro, dividido pelo tempo entre os pulsos.

Tanto o radar Doppler como o Laser apresentam um erro intrínseco de medida. Esse erro é devido ao “efeito cosseno”. O efeito cosseno é devido ao fato de o radar ser postado na calçada e não na trajetória do veículo. Na Figura 3,  $d$  é a distância do radar ao centro da faixa de rolamento onde se encontra o veículo.

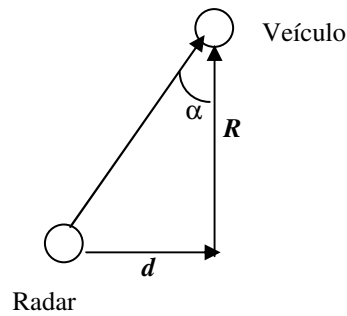


Figura 3 – Efeito cosseno

$$v_M = v \cos \alpha = \frac{vR}{\sqrt{R^2 + d^2}}$$

onde  $v$  é a velocidade efetiva do veículo e  $v_M$  é a velocidade medida. O fator “ $\cos \alpha$ ” é o erro devido ao efeito cosseno.

O radar deve possuir mecanismo que compense o efeito cosseno.

O radar estático fiscaliza até 2 faixas de rolamento, ao contrário do radar fixo e da barreira eletrônica, que podem fiscalizar todas as faixas da via.

Uma dificuldade na operação do radar estático é o controle da sua operação. Como certificar que o equipamento está operando no local e horário previamente designado? Numa cidade como São Paulo, devido às distâncias e tempos de deslocamento envolvidos, é impossível fiscalizar a operação de todos os equipamentos por agentes ao longo de todo o período de operação. A solução encontrada para este problema foi a exigência do acoplamento de um sistema GPS (*Global Positioning System*), que registre periodicamente a posição e o horário.

## 2.2 – Aplicações não metrológicas

Entre as aplicações não metrológicas, uma das mais relevantes para a segurança de trânsito é aquela referente ao respeito ao semáforo vermelho. Em 1994, a CET de São Paulo foi pioneira no desenvolvimento de um sistema que pudesse fiscalizar o desrespeito ao semáforo vermelho, sendo que as primeiras unidades foram instaladas em 1995. São instalados sensores (laços indutivos) junto à linha de retenção. O sistema verifica continuamente o estado do foco vermelho e, enquanto o foco estiver apagado, ignora os veículos detectados pelos sensores. A partir do momento em que o foco vermelho é ativado, é iniciada a contagem de um tempo previamente configurado (tempo de retardo). Após o término do tempo de retardo, o sistema registra a imagem do veículo infrator (após a sua passagem pelos sensores). A Figura 4 mostra um flagrante, registrado pelo equipamento, de desrespeito ao semáforo vermelho que ocasionou uma colisão.



Figura 4 – Desrespeito ao semáforo vermelho

Em 1997, a CET desenvolveu, também de forma pioneira no Brasil, um sistema para fiscalizar a invasão de faixas exclusivas de ônibus. O sistema é composto de 2 laços indutivos instalados na faixa exclusiva de ônibus, distantes 6 metros um do outro. O sistema registra a imagem do veículo se o laço da frente ainda não tiver sido tocado no instante em que o veículo tiver terminado de passar pelo laço de trás.

Ambos os sistemas trabalham com câmeras fotográficas que utilizam filmes de película e operam até os dias de hoje. Esses sistemas apresentam uma deficiência no sentido de que a fiscalização é paralisada quando se esgota o rolo de filmes e só é reativada quando o rolo é trocado. No caso de faixa exclusiva de ônibus, há ainda o inconveniente de o sistema não discernir os veículos autorizados (ambulâncias, veículos policiais, táxis, etc.). A Figura 5 mostra o processamento de uma imagem de um veículo flagrado pelo equipamento ao invadir a faixa exclusiva de ônibus.



Figura 5 – Invasão de faixa exclusiva de ônibus

Numa cidade como São Paulo, os problemas de trânsito são complexos, exigindo soluções também complexas. Exemplos disso são a instituição do rodízio de placas (implementado

na cidade em 1997) e a restrição à circulação de caminhões, cuja regulamentação é bastante complexa dada a diversidade de funções exercidas pelos diversos tipos de caminhões. Essas necessidades demandam uma nova classe de equipamentos de fiscalização eletrônica.

A tecnologia de OCR (*Optical Character Recognition*) possibilitou o desenvolvimento de sistemas para atender várias necessidades de aplicação não metrológica, através de sistemas de Leitura Automática de Placas – LAP. Basicamente, a infração é caracterizada pela própria placa do veículo, eventualmente seguido da consulta a um Cadastro. A seguir, são listados alguns exemplos de aplicação:

- Rodízio municipal: o final da placa caracteriza a infração.
- Restrição de circulação de caminhões: é feita a consulta ao Cadastro de Veículos para verificar se a placa lida pelo LAP corresponde a um caminhão. Se for, está caracterizada a infração.
- Faixa exclusiva de ônibus: é feita a consulta ao Cadastro de Veículos Autorizados (ônibus, ambulâncias, viaturas policiais, táxis, etc.). Se a placa lida pelo LAP não estiver neste Cadastro, está caracterizada a infração.
- Licenciamento: é feita a consulta a um Cadastro de Veículos com licenciamento irregular. Se a placa lida pelo LAP estiver neste Cadastro, está caracterizada a infração.

No período entre julho/2005 a julho/2006, foi realizada uma experiência piloto na cidade de São Paulo, na qual participaram 16 empresas por meio de Termos de Cooperação Técnica, para fiscalizar o Rodízio Municipal utilizando-se do sistema LAP. Os equipamentos (câmera, CPU, etc.) eram instalados em um veículo. A operação era feita com o veículo estacionado. Os serviços foram realizados sem custos para a Prefeitura e resultaram em um total de 8.542 notificações no ano de 2006. A Figura 6 mostra um dos veículos que trabalharam nessa Cooperação Técnica.



Figura 6 – Veículo com LAP embarcado para a fiscalização do Rodízio Municipal

### 3 – MULTIFUNCIONALIDADE

O surgimento de sistemas de Leitura Automática de Placas – LAP permitiu introduzir uma nova conceituação nos equipamentos de fiscalização eletrônica de trânsito: a multifuncionalidade.

O acoplamento do sistema de Leitura Automática de Placas – LAP aos equipamentos de fiscalização (radar fixo, barreira eletrônica e radar estático) transformou-os em equipamentos multifuncionais, ou seja, equipamentos que permitem a fiscalização simultânea de infrações de enquadramentos distintos. Por exemplo, o mesmo equipamento pode fiscalizar o excesso de velocidade, circulação de caminhões em faixas ou locais não permitidos, invasão de faixa exclusiva de ônibus por veículos não autorizados, etc. Assim, se um mesmo veículo cometer 2 infrações de trânsito de forma simultânea (por exemplo, excesso de velocidade e invasão de faixa exclusiva de ônibus), ele será duplamente penalizado: uma penalidade para cada infração cometida.

A multifuncionalidade otimiza a fiscalização, além de proporcionar economicidade ao sistema, pois utiliza a mesma infra-estrutura (câmeras, CPUs, etc.) para diversas aplicações. É como se fossem vários equipamentos em um só.

Como os equipamentos podem registrar dados de tráfego, tais como volume de veículos, velocidade, classificação de veículos e leitura de placas, tais dados podem ser transmitidos *on line* para um banco de dados que pode alimentar um sistema de monitoramento de tráfego em tempo real, fornecendo condições de trânsito para a imprensa, Internet e público em geral, informações para sistema de Painéis de Mensagens Variáveis, sistemas de detecção automática de incidentes, dados para a operação e fiscalização do sistema viário e dados estatísticos para o planejamento urbano.

#### **4 – CAPTURA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS**

A captura e o processamento de imagens constitui uma etapa importante no processo de fiscalização. Não basta que o equipamento detecte a velocidade dos veículos com precisão ou que o sistema LAP leia corretamente as placas. Se não houver um sistema eficiente de captura de imagens, a fiscalização não será produtiva, pois boa parte das imagens registradas não poderá ser convertida em multas. A imagem deve ter boa resolução e nitidez e deve apresentar um bom enquadramento do veículo, de forma a poder identificar a sua placa, marca e modelo. A Figura 7a mostra uma imagem com bom enquadramento e a Figura 7b uma imagem com veículo mal enquadrado.





Figura 7a – Veículo com bom enquadramento



Figura 7b – Veículo mal enquadrado

Para o período noturno, a iluminação deve ser adequada. Para imagens tomadas pela frente do veículo, deverá ser utilizada luz não visível (normalmente, é utilizada luz na banda do infra-vermelho) para não causar ofuscamento aos condutores. A Figura 8a mostra uma imagem com iluminação adequada, enquanto que a Figura 8b mostra uma imagem onde a iluminação foi falha.



Figura 8a – Iluminação adequada

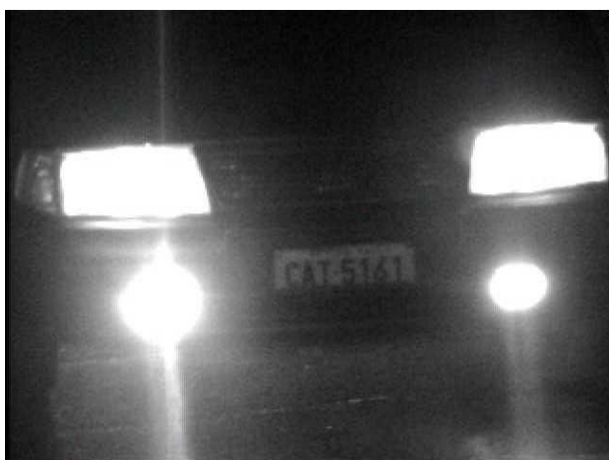


Figura 8b – Imagem com iluminação inadequada

## **5 – FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE TRÂNSITO X “INDÚSTRIA DE MULTAS”**

Na cidade de São Paulo, as multas feitas por equipamentos já representam cerca de 50% do total de multas lavradas. O uso intensivo e em larga escala de fiscalização eletrônica induz na opinião pública a idéia de que a implantação dos equipamentos é feita apenas para se construir uma “indústria de multas”. Entretanto, o que existe, de fato, é uma “indústria de infratores”. Sem a indústria de infratores, não haveria multas e o trânsito seria muito mais civilizado, seguro e rápido, onde todos ganhariam. A discussão sobre o tema muitas vezes é feita por uma ótica distorcida e equivocada, sem se importar com o real significado dos dados e informações disponíveis.

Por outro lado, em alguns casos, os críticos de fiscalização eletrônica podem ter razão – o seu uso de maneira inadequada é capaz de gerar muita arrecadação, sem, contudo, contribuir para a melhoria das condições de segurança e fluidez. Porém, neste caso, a crítica

deve ser restrita aos locais onde essa fiscalização é realizada de forma equivocada e não pode ser generalizada ao sistema como um todo.

Neste contexto, um sistema de fiscalização pode ser considerado eficiente quando se consegue reduzir o número de infratores. Um excelente resultado significa poucos infratores. Assim, poucas multas serão aplicadas. Um péssimo resultado significa muitos condutores infratores, gerando uma grande quantidade de multas emitidas, sem obter o resultado desejado de controlar o sistema, uma vez que as regras de trânsito continuam a ser sistematicamente desrespeitadas.

Um fator que pode ter contribuído para incutir na opinião pública a idéia de que a fiscalização eletrônica tinha intuito arrecadador é o fato de que muitas cidades (incluindo São Paulo) remuneravam as empresas prestadoras do serviço com base nas multas emitidas e pagas. Essa forma de remuneração era conveniente para o órgão contratante, pois não exigia esforços de fiscalização dos serviços, uma vez que a contratada tinha o maior interesse em otimizar e melhorar o trabalho. Por outro lado, induz a idéia de que a empresa poderia estar emitindo multas indevidamente com vistas a aumentar a sua receita. Além disso, não vincula de forma direta o custo do serviço com a remuneração. Entretanto, uma remuneração fixa não premia quem trabalha melhor e não penaliza quem tem menor desempenho. Assim, a melhor forma é remunerar os serviços em função do desempenho e da disponibilidade operacional dos equipamentos, independentemente do número de multas emitidas.

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