



**COPPE/UFRJ**

FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE COM CLASSIFICAÇÃO  
AUTOMÁTICA DE VEÍCULOS

Fábio de Souza Lopes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Walter Porto Junior

Rio de Janeiro

Junho/2010

FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE COM CLASSIFICAÇÃO  
AUTOMÁTICA DE VEÍCULOS

Fábio de Souza Lopes

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
CIÊNCIAS EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

---

Prof. Walter Porto Junior, Dr.-Ing.

---

Prof. Licínio da Silva Portugal, D.Sc.

---

Prof. Luiz Antônio Silveira Lopes, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL  
JUNHO DE 2010

Lopes, Fábio de Souza

Fiscalização Eletrônica de Velocidade com  
Classificação Automática de Veículos/ Fábio de Souza  
Lopes. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

X, 134 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Walter Porto Junior

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa  
de Engenharia de Transportes, 2010.

Referencias Bibliográficas: p. 103-111.

1. Fiscalização eletrônica de velocidade. 2.  
Classificação automática de veículos. 3. Segurança do  
trânsito. I. Porto Junior, Walter. II. Universidade Federal  
do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de  
Transportes. III. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me concedido a força de vontade necessária para a realização desta dissertação.

A minha esposa, Adriana, e ao meu filho, Rafael, pelo suporte nas horas difíceis e pela compreensão nas horas ausentes.

Aos meus pais, Sérgio e Mariléa, por todo apoio e ensinamentos fornecidos ao longo dos anos.

Ao meu orientador Walter Porto Junior, pela prontidão e sábias orientações.

Ao amigo Mardônio Junior Matos Duarte, pelos dados fornecidos e esclarecimentos prestados nas questões relativas à classificação automática de veículos no Brasil.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.).

## FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE COM CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE VEÍCULOS

Fábio de Souza Lopes

Junho/2010

Orientador: Walter Porto Junior

Programa: Engenharia de Transporte

O excesso de velocidade praticado pelos motoristas é um dos principais fatores responsáveis pela ocorrência e severidade dos acidentes de trânsito. Como forma de controlar esta velocidade e, conseqüentemente, reduzir o número de acidentes, os Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade (FEV) têm apresentado resultados extremamente satisfatórios, conforme mostram estudos realizados em diversos países. Em vias com limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo, a fiscalização da velocidade deve estar associada a um sistema de Classificação Automática de Veículos (CAV), já que a caracterização da infração por excesso de velocidade, neste caso, passa a depender também do tipo do veículo. Esta dissertação objetivou estabelecer critérios e procedimentos que permitam, em concordância com os critérios estabelecidos pela Resolução Contran n.º 340, de 25 de fevereiro de 2010, a avaliação dos instrumentos que possuem a função de Classificação Automática de Veículos associada à fiscalização eletrônica de velocidade, visando garantir que os mesmos possuam a qualidade técnica necessária para realizar o monitoramento eficaz das vias com limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Masters of Science (M.Sc)

ELECTRONIC SPEED ENFORCMENT WITH AUTOMATIC VEHICLE  
CLASSIFICATION

Fábio de Souza Lopes

June/2010

Advisor: Walter Porto Junior

Department: Transport Engineering

The excessive speed practiced by drivers is one of the main factors responsible for the occurrence and severity of traffic accidents. As a way to control the speed and, consequently, reduce the number of accidents, electronic devices for speed enforcement have been presented with very satisfactory results, as shown by studies conducted in several countries. On roads with differential speed limits for vehicle's type, the speed enforcement must be associated with an Automatic Vehicle Classification (AVC) system, since the characterization of the violation for speeding, in this case, also becomes dependent on the vehicle's type. This dissertation aimed to establish criterias and procedures, in agreement with the criteria established by Contran's Resolution n.º. 340 of February 25, 2010, to ensure that instruments equipped with AVC's systems associated with electronic devices for speed enforcement possess the technical quality needed to effectively monitor roads with differential speed limits

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Considerações Iniciais.....	1
1.2 Objetivo .....	3
1.3 Justificativa .....	3
1.4 Estrutura da Dissertação .....	4
<b>2. SEGURANÇA DO TRÂNSITO .....</b>	<b>6</b>
2.1 Considerações Iniciais.....	6
2.2 Acidentes de Trânsito .....	7
2.2.1 Estatísticas.....	8
2.2.2 Fatores causais.....	11
2.3 Velocidade.....	13
2.3.1 Escolha da velocidade.....	14
2.3.2 Influência da velocidade na ocorrência e severidade dos acidentes.....	16
2.3.3 Estudos realizados.....	18
2.3.4 Controle de velocidade.....	21
2.4 Síntese .....	23
<b>3. FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE .....</b>	<b>24</b>
3.1 Considerações Iniciais.....	24
3.2 Histórico .....	25
3.3 Formas de Classificação dos FEV .....	27
3.3.1 Quanto à tecnologia .....	28
3.3.2 Quanto ao tipo de instalação.....	32
3.4 Resultados Práticos.....	34
3.4.1 Experiência internacional .....	34
3.4.2 Experiência nacional .....	37
3.5 Considerações Finais .....	38
<b>4. CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE VEÍCULOS.....</b>	<b>40</b>
4.1 Considerações Iniciais.....	40
4.2 Tecnologias Utilizadas Para CAV .....	41
4.2.1 Sensores intrusivos.....	42
4.2.1.1 Tubos pneumáticos.....	43

4.2.1.2 Sensores piezelétricos .....	44
4.2.1.3 Cabos de fibra ótica .....	44
4.2.1.4 Magnetômetros .....	45
4.2.1.5 Laços indutivos .....	45
4.2.2 Sensores não intrusivos .....	47
4.2.2.1 Vídeo .....	47
4.2.2.2 Radar de Microondas.....	48
4.2.2.3 Ultrassônicos.....	50
4.2.2.4 Acústicos.....	50
4.2.2.5 Infravermelho .....	51
4.2.3 Critérios de escolha do sensor .....	52
4.3 Aplicações Práticas .....	54
4.4 Síntese .....	56
<b>5. CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE VEÍCULOS ASSOCIADA À FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE .....</b>	<b>58</b>
5.1 Considerações Iniciais .....	58
5.2 Limite de Velocidade Diferenciado por Tipo de Veículo .....	58
5.3 Medição de Comprimento dos Veículos Através dos Laços Indutivos.....	61
5.4 Perfil Magnético.....	67
5.5 Estudos Realizados.....	69
5.5.1. Pesquisa nacional .....	70
5.6 Considerações Finais .....	73
<b>6. PROPOSTA DE PROCEDIMENTO PARA USO DA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE VEÍCULOS ASSOCIADA A FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE.....</b>	<b>78</b>
6.1 Considerações Iniciais .....	78
6.2 Situação Atual .....	78
6.3 Definição do Responsável pela Avaliação do Instrumento.....	86
6.4 Modelo Referencial.....	88
6.4.1 Aprovação de Modelo.....	88
6.4.1.1 Ensaios aplicáveis aos FEV's durante a ATM .....	90
6.4.2 Verificação .....	91
6.5 Modelo Proposto.....	92
6.5.1 Metodologia dos Ensaios .....	93
6.5.1.1 Aprovação de modelo .....	94
6.5.1.2 Verificação .....	97
<b>7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>99</b>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
ANEXO A – REGULAMENTO TÉCNICO METROLÓGICO A QUE REFERE-SE À PORTARIA INMETRO N.º 115 DE 29 DE JUNHO DE 1998. ....	112
ANEXO B – RESOLUÇÃO CONTRAN N.º 340, 25 DE FEVEREIRO DE 2010.....	121
ANEXO C – COMPRIMENTO DOS PRINCIPAIS MODELOS DE AUTOMÓVEIS UTILIZADOS NO BRASIL.....	124
ANEXO D – DIMENSÕES DOS PRINCIPAIS MODELOS DE CAMINHÕES UTILIZADOS NO BRASIL.....	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Interação entre os fatores de risco de acidentes de trânsito.....	13
Figura 2.2 Relação entre velocidade e distância de parada .....	17
Figura 2.3 Relação entre velocidade e o número de acidentes.....	20
Figura 3.1 Gráfico sobre opiniões dos brasileiros a respeito dos FEV's .....	26
Figura 3.2 Laços indutivos instalado no asfalto.....	29
Figura 3.3 Interrupção do primeiro feixe.....	31
Figura 3.4 Interrupção do segundo feixe .....	31
Figura 3.5 Pórtico .....	33
Figura 3.6 Monólito .....	33
Figura 3.7 Bandeira.....	33
Figura 3.8 Pardal.....	33
Figura 3.9 Montagem em tripé .....	34
Figura 3.10 Montagem em caixa .....	34
Figura 3.11 Distribuição de radares estáticos em países da UE .....	35
Figura 4.1 Princípio de funcionamento dos magnetômetros.....	45
Figura 4.2 Instalação de radar em pórticos, passarelas ou pontes.....	49
Figura 4.3 Sensor acústico .....	50
Figura 4.4 Infravermelho passivo .....	51
Figura 4.5 Infravermelho ativo .....	52
Figura 4.6 Praça de pedágio na Grécia com função CAV instalada.....	56
Figura 5.1 Sinalização na Rodovia RJ 124 .....	61
Figura 5.2 Medição de velocidade usando laços indutivos.....	62
Figura 5.3 Medição de comprimento usando laços indutivos.....	63
Figura 5.4 Perfis magnéticos gerados por um veículo nos laços indutivos.....	67
Figura 5.5 Foto e perfil magnético de: a) veículo de passeio; b) caminhão; c) ônibus; d) motocicleta.....	69
Figura 6.1 Fluxograma das fases da ATM.....	89

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 N.º de mortes no trânsito em 2008 .....	8
Tabela 2.2 Registro de mortes no trânsito no Brasil.....	9
Tabela 2.3 Quadro comparativo entre Brasil, Estados Unidos e União Européia.....	11
Tabela 2.4 Expoente do modelo matemático de acordo com o tipo de acidente .....	21
Tabela 3.1 Experiências internacionais.....	39
Tabela 3.2 Experiências nacionais .....	40
Tabela 5.1 Limites de velocidade das vias expressas européias.....	60
Tabela 5.2 Resultados percentuais obtidos pelo instrumento da empresa Perkons	71
Tabela 5.3 Nº de veículos por dia – Via Dutra km 227 pista norte .....	75
Tabela 5.4 Nº de veículos por hora – Via Dutra km 227 pista norte.....	75
Tabela 5.5 Nº de veículos por faixa de velocidade – Via Dutra km 227 pista norte...	76
Tabela 6.1 Subclassificação quanto à espécie do CTB .....	79

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

Novas tecnologias, conhecidas como Sistemas Inteligentes de Transportes, cuja sigla em inglês, amplamente difundida, é ITS (*Intelligent Transportation Systems*), estão possibilitando melhorias em diversas áreas relacionadas ao gerenciamento do trânsito. Segundo MIMBELA e KLEIN (2007), os Sistemas Inteligentes de Transportes possuem os seguintes objetivos:

- Aumentar a segurança do trânsito;
- Reduzir congestionamentos;
- Melhoria no acesso a informações relativas às viagens e ao trânsito;
- Gerar redução de custos para as autoridades de trânsito, órgãos governamentais e operadores de pedágio;
- Reduzir os impactos ambientais;

No que diz respeito especificamente ao uso de ITS voltados ao aumento da segurança do trânsito, destaca-se a utilização dos Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade (FEV). No Brasil, seu uso em vias urbanas e suburbanas foi amplamente difundido a partir da vigência do novo Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 2008), sendo utilizados como a principal ferramenta de controle da velocidade. Em determinados trechos viários, onde foram levantados os acidentes ocorridos antes e depois da instalação de FEV's, verificaram-se reduções de 30% no número de acidentes e de até 60% na ocorrência de vítimas fatais (LOPES e PORTO JUNIOR, 2007).

No Brasil, os Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade utilizam predominantemente sensores indutivos, em função do baixo custo de construção e manutenção, da longa vida útil e da boa resistência às variações climáticas (SIQUEIRA, 2006).

Para CALIXTO (2006), a evolução e disseminação dessa tecnologia ao longo das últimas décadas fez com que eles passassem de simples detectores de presença para importante ferramenta dos sistemas inteligentes de transportes, possibilitando a

extração de várias informações sobre o tráfego, que implicam nas mais diversas aplicações

Uma destas aplicações é a Classificação Automática de Veículos (CAV), cujo nome, em inglês, é denominado por *Automatic Vehicle Classification* (AVC). Instrumentos dotados desta funcionalidade são capazes de identificar e associar um veículo a uma determinada classe, definida *a priori*, a partir de uma ou mais características específicas do veículo detectadas no momento de sua passagem pelo sensor.

Quando associada a um FEV, a CAV permite não só identificar a velocidade e o tipo do veículo, mas também, verificar se a sua velocidade está acima do limite estabelecido para sua classe específica. Assim, a emissão de multas pode ser aplicada em todos os casos de excesso de velocidade, mesmo quando os limites de velocidade são distintos para cada tipo de veículo. Esta distinção ocorre em função dos veículos de grande porte possuírem características operacionais muito diferentes em relação aos de menor porte, em quesitos como desempenho, dirigibilidade e frenagem, obrigando assim os caminhões e ônibus a trafegarem em velocidades mais baixas em nome da segurança viária.

Porém, acertar a classificação do veículo no momento de sua passagem não é uma tarefa simples para o instrumento. Ao utilizar um equipamento de baixa qualidade, com reduzido índice de acerto, torna-se possível que ônibus e caminhões em excesso de velocidade para os seus limites específicos sejam classificados erroneamente, fazendo com que os mesmos não sejam devidamente autuados e pondo em risco a segurança do trânsito.

Torna-se necessário, portanto, definir critérios e procedimentos que visem garantir que determinado instrumento que se propõe a classificar automaticamente os veículos, especialmente quando associado com a fiscalização eletrônica de velocidade, possui capacidade técnica para tal. A definição de tais critérios resultaria na adoção de um padrão único em todo território nacional, na minimização de erros e no controle efetivo da velocidade dos diferentes tipos de veículos. Além disso, indiretamente, traria benefícios para outras áreas, já que a classificação veicular é útil também em levantamentos da intensidade (volume) e da composição de tráfego, que são parâmetros fundamentais para os estudos de capacidade viária e o dimensionamento de determinados sistemas de controle de tráfego.

## **1.2 Objetivo**

O objetivo principal deste trabalho é:

- Estabelecer critérios e procedimentos que permitam avaliar os equipamentos de Classificação Automática de Veículos (CAV) associados à fiscalização eletrônica de velocidade, visando monitorar as vias com limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo, de acordo com os critérios estabelecidos pela Resolução Contran n.º 340, de 25 de fevereiro de 2010 (presente no anexo B).

São objetivos secundários deste trabalho:

- Verificar a relação existente entre velocidade e os acidentes de trânsito, para averiguar os motivos que possam justificar o controle da velocidade dos veículos, com destaque para os veículos considerado pesados;
- Investigar as características das diversas tecnologias e práticas utilizadas no Brasil e no exterior para medir a velocidade desenvolvida pelos veículos e classificá-los;
- Discutir as questões relacionadas ao emprego do dispositivo CAV quanto ao seu uso integrado com os FEV's para verificar a possibilidade de adequação às condições definidas pela legislação brasileira;
- Contribuir com o Inmetro no processo de definição de ensaios para avaliar os sistemas de classificação automática de veículos utilizados em conjunto com os Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade (FEV), identificando se possuem condições técnicas necessárias para realizar tal função.

## **1.3 Justificativa**

Apesar dos avanços na questão da segurança viária trazidos pelo novo Código de Trânsito Brasileiro (CTB), em vigor desde janeiro de 1998, através do aprimoramento da legislação, os acidentes de trânsito ainda produzem dados alarmantes para toda a sociedade brasileira. Sabe-se que o excesso de velocidade praticado pelos motoristas é uma das causas principais dos acidentes de trânsito. A relação entre o número e a gravidade dos acidentes se evidencia na medida em que o aumento de velocidade proporciona maior dificuldade para controlar o veículo, demanda mais espaço

disponível e menor tempo de ação para realizar manobras de desvio ou frenagem do carro (LOPES e PORTO JUNIOR, 2007). Quando o excesso de velocidade é praticado por ônibus ou caminhões, todas essas situações tornam-se ainda mais críticas, devido as suas características operacionais.

Dentre as formas de garantir o respeito aos limites de velocidade, destaca-se o uso dos Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade. Porém, o controle de velocidade através dos FEV's ainda encontra algumas limitações, como por exemplo, em rodovias onde é aplicado o limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo, devido à falta de procedimentos que garantam a correção da classificação automática dos veículos efetuada pelos instrumentos.

Assim, justifica-se a adoção de procedimentos padronizados e obrigatórios a serem aplicados nos FEV's que realizam concomitantemente a CAV, por órgão com competência técnica para tal, que visem permitir que somente sejam instalados nas vias instrumentos com a qualidade mínima necessária para executar a função. Isto resultará na formação de um sistema integrado eficiente de fiscalização de velocidade e classificação veicular, contribuindo, em última análise, com a redução do número de acidentes de trânsito.

#### **1.4 Estrutura da Dissertação**

A presente Dissertação compõe-se de 7 capítulos. No capítulo 1, além dos objetivos e da justificativa, é apresentada uma síntese dos aspectos abordados nos demais capítulos.

O Capítulo 2 foca nas questões relativas à segurança do trânsito, em especial na relação entre a velocidade dos veículos e os acidentes de trânsito e as ações para controle de velocidade.

No Capítulo 3, os Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade são destacados como ferramenta para aumento da segurança viária, através da análise das tecnologias existentes e dos resultados obtidos com a prática internacional e nacional.

O capítulo 4 apresenta a classificação automática de veículos e suas aplicações práticas já adotadas em alguns países.

No Capítulo 5 é feita uma avaliação da situação brasileira no que diz respeito ao uso associado de FEV com CAV, com destaque para as rodovias com limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo e as dificuldades de realizar esta tarefa com as tecnologias existentes.

O Capítulo 6 apresenta uma proposta de procedimentos a serem adotados nos instrumentos que realizam a CAV de forma a garantir a qualidade destes instrumentos quando em uso, com análise da legislação brasileira e dos critérios atualmente adotados pelos órgãos governamentais com respeito à classificação da frota nacional de veículos e o emprego de FEV.

Finalizando, o capítulo 7 é dedicado as conclusões e recomendações gerais, seguido dos anexos, que se dividem em: Anexo A – Portaria Inmetro n.º 115, de 29 de junho de 1998, que estabelece as condições que os fiscalizadores eletrônicos de velocidade devem satisfazer, Anexo B – Resolução Contran nº 340, de 25 de fevereiro de 2010, que estabelece os tipos de classificação dos veículos em vias com limite de velocidade diferenciado e o Anexo C e D, que apresentam, respectivamente, tabelas com o comprimento das principais marcas de automóveis e caminhões existentes no Brasil.

## **2. SEGURANÇA DO TRÂNSITO**

### **2.1 Considerações Iniciais**

Diversos motivos fazem com que, diariamente, cada indivíduo tenha a necessidade de se deslocar. Esse conjunto de deslocamentos é chamado de trânsito. O Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 2008) define este termo em seu artigo 1º, parágrafo 1º, da seguinte forma:

“Considera-se trânsito a utilização das vias por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga ou descarga”

Apesar de a definição ser abrangente, o termo trânsito é associado pela população em geral como sendo apenas referente ao deslocamento de veículos, visto que, especialmente nas grandes cidades, as viagens motorizadas representam a maioria dos deslocamentos realizados quando comparadas com as viagens a pé ou de bicicleta.

Segundo PATTERSON *et al.* (2000), os veículos automotores forneceram altos níveis de mobilidade aos indivíduos e as comunidades, aumentando as distâncias capazes de serem percorridas e diminuindo o tempo necessário para se deslocarem de um lugar para outro. Porém, juntamente com os inúmeros benefícios trazidos para toda sociedade por esta crescente mobilidade vieram sérias conseqüências negativas, como o aumento da poluição ambiental e a ocorrência de acidentes.

O primeiro acidente de trânsito fatal que se tem conhecimento ocorreu em 17 de agosto de 1896, matando uma pedestre na cidade de Londres. Já o primeiro acidente fatal devidamente documentado e fotografado, ocorreu em 25 de fevereiro de 1899 na cidade de Harrow, na Inglaterra, com duas vítimas fatais (EVANS, 2004). Já durante as investigações deste acidente foram levantadas questões importantes relacionadas diretamente com a segurança do trânsito e que perduram até hoje, tais como as condições do veículo, a habilidade do motorista e o consumo de álcool.

Desde então, o número de acidentes e de vítimas só fez crescer, configurando o trânsito como um dos mais graves problemas de saúde pública da atualidade. Este panorama faz com que os especialistas na área de segurança do trânsito se dediquem

cada vez mais a encontrar soluções que se adéquem a esta realidade e possam, efetivamente, causar impactos positivos.

Assim, para se ter uma dimensão real do problema faz-se necessário analisar as estatísticas relacionadas à questão e para que se adotem medidas eficazes que aumentem a segurança de todos os envolvidos no sistema viário é preciso entender a relação entre acidentes de trânsito e velocidade, já que este é um dos fatores mais determinantes para a sua ocorrência.

## **2.2 Acidentes de Trânsito**

Segundo a definição fornecida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) na “Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde” - Décima Revisão (CID-10), um acidente é um evento independente do desejo do homem, causado por uma força externa, alheia, que atua subitamente (de forma inesperada) e deixa ferimentos no corpo e na mente, sendo que um acidente de trânsito é todo acidente com veículo ocorrido na via pública (IPEA, 2006). Já segundo ABNT (1989 apud VELLOSO, 2006), o acidente de trânsito é evento não premeditado de que resulte dano em veículo e/ou lesões em pessoas, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres abertas ao público.

EVANS (2004) afirma que o uso do termo acidente é inadequado para uso técnico, pois passa a noção de que o evento ocorreu por pura fatalidade ou era imprevisível. Isto contradiz uma das próprias funções da área de segurança de trânsito que é examinar os fatores que influenciam a probabilidade de ocorrerem tais eventos, muitas vezes previsíveis. Enquanto a literatura especializada internacional vem continuamente substituindo o termo *accident* (acidente, em inglês) pelo termo *crash* (colisão, em inglês), no Brasil ainda é muito utilizada a expressão “acidente de trânsito”.

As conseqüências dos acidentes de trânsito vão desde um simples prejuízo material até a perda de vidas humanas. Entre esses extremos, ocorrem ainda ferimentos leves, lesões graves e permanentes, que atingem tantos aos ocupantes dos veículos, como a pedestres e ciclistas. Causam também prejuízos de caráter psicológico, de difícil quantificação, tais como dor e diminuição na qualidade de vida dos acidentados.

### 2.2.1 Estatísticas

A redução do número de acidentes de trânsito e suas vítimas é uma meta mundial. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2004), os acidentes de trânsito são responsáveis, anualmente, por cerca de 1,2 milhões de mortes no mundo e por mais de 50 milhões de feridos, sendo tratados como um problema de saúde pública. As previsões da OMS indicam que em 2020 o número de mortos em acidentes de trânsito atingirá a marca dos 2 milhões, fazendo com que o trânsito pule do atual 9º lugar para o 3º lugar, como a principal causa de morte em todo o mundo.

A tabela 2.1 apresenta o número de mortes no trânsito ocorrido nos anos de 2007 e 2008 em alguns dos principais países desenvolvidos, com relação a três fatores distintos: tamanho da população, número de veículos registrados e número de quilômetros percorrido por veículo.

**Tabela 2.1 Número de mortes no trânsito em 2007/2008**

País	MORTES		
	p/ 100.000 pessoas	p/ 100.000 veículos	p/ 1 bilhão de km percorridos
Alemanha	5,5	8	7,2 <sup>(*)</sup>
Austrália	6,8	10	6,5
Dinamarca	7,4	14	8,2
Espanha	6,9	10	Não disponível
Estados Unidos	12,3	15	8,5 <sup>(*)</sup>
França	6,9	12	7,7
Grã-Bretanha	4,3	7	5,7 <sup>(*)</sup>
Japão	4,7	7	8,7 <sup>(*)</sup>
Nova Zelândia	8,6	11	9,1
Polônia	14,7 <sup>(*)</sup>	28	Não disponível
Suécia	4,3	7	5,1
Suíça	4,7	7	5,6

(\*) Dados de 2007

Fonte: IRTAD, 2009

Estes países conseguiram controlar parcialmente a situação, após vários anos de aplicação de investimentos maciços, medidas de prevenção e rigor no cumprimento da

legislação pertinente, fazendo com que o número de mortes no trânsito decaísse significativamente. Apesar da dificuldade em comparar estatísticas de acidentes de trânsito de diferentes países devido à diferença na metodologia de coleta de dados, estes indicadores permitem obter uma noção da situação destes países nas questões relativas à segurança do trânsito.

Desta forma, constata-se que os grandes responsáveis pelas previsões trágicas são os países em desenvolvimento, dentre os quais, encontra-se o Brasil. Apesar dos avanços na questão da segurança viária trazidos pelo aprimoramento da legislação do novo Código de Trânsito Brasileiro (CTB), em vigor desde janeiro de 1998, os acidentes de trânsito ainda produzem dados alarmantes para toda a sociedade.

Segundo CNM (2009), no Brasil, três fontes são comumente utilizadas para expressar as estatísticas de trânsito: o DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito, o DATASUS – Banco de dados do Sistema Único de Saúde/MS e os Seguros DPVAT - Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre ou por sua Carga a Pessoas Transportadas ou Não, conforme apresentados na tabela 2.2.

**Tabela 2.2 Registro de mortes no trânsito no Brasil**

ANO	DENATRAN	DATASUS	DPVAT
2002	18.887	32.753	-
2003	22.629	33.139	-
2004	25.526	35.105	-
2005	26.409	35.994	55.024
2006	19.910	36.367	63.776
2007	-	37.407	66.836
2008	-	-	57.116

Fonte: CNM, 2009

➤ DENATRAN

O DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito elabora seus anuários estatísticos a partir dos boletins de ocorrência lavrados pela polícia, fornecendo

dados levantados no local dos acidentes, que incluem o perfil das pessoas e dos veículos envolvidos, os locais concentradores de acidentes e os tipos de acidentes. Porém, se limitam a computar os falecimentos ocorridos no local dos acidentes, se diferenciado da prática internacional, que inclui também nas estatísticas os falecimentos ocorridos até 30 dias após o acidente. Desta forma, apesar de serem os dados mais detalhados, são também os mais subestimados, já que muitos acidentes com vítimas não são registrados pela polícia ou a vítima morre posteriormente no hospital. Isso explica porque, dentre as fontes citadas, o DENATRAN apresenta os números mais baixos.

#### ➤ DATASUS

O Ministério da Saúde, por meio do DATASUS, elabora as estatísticas de óbitos decorrentes de acidentes de trânsito a partir da documentação do SUS – Sistema único de Saúde. Por utilizar como fonte de informação os atestados de óbitos obtidos diretamente nos hospitais, o DATASUS permite conhecer melhor os tipos de lesões e ferimentos fatais mais recorrentes em um acidente de trânsito, além de incluir em seus números os falecimentos ocorridos fora do local do acidente. Vale ressaltar que a subnotificação no SUS também é acentuada, pois muitos dos acidentados admitidos em hospitais não são identificados como vítimas de acidentes de trânsito, mas como de acidentes em geral.

#### ➤ Seguro DPVAT

Os dados do seguro obrigatório DPVAT se referem às indenizações pagas por morte ou por invalidez e são fornecidos pela Seguradora Líder que é a sua entidade gestora. O DPVAT foi criado por lei em 1974, com o objetivo de garantir às vítimas de acidentes causados por veículos, ou por suas cargas, indenizações em caso de morte e invalidez permanente, e de reembolso de despesas médicas.

Os dados relativos ao Seguro DPVAT são os que mais se aproximam da realidade brasileira, porém também estão sujeitos a um subdimensionamento, visto que muitos brasileiros ainda desconhecem o direito de receber indenização em caso de morte, invalidez permanente e despesas médicas e hospitalares de vítimas de acidentes de trânsito.

As diferentes metodologias na coleta dos dados dificultam a comparação entre os mesmos, porém, ainda assim, uma análise mais aprofundada dos dados fornecidos por cada fonte permite a obtenção de importantes indicações, que se complementam entre si. Segundo CNM, 2009, estes dados mostram que as mudanças inseridas com o código de trânsito de 1998, como melhora da segurança dos veículos e o incremento da fiscalização eletrônica, não fizeram com que a mortalidade por acidentes de trânsito apresentasse uma redução importante. A tabela 2.3 compara dados internacionais com brasileiros, permitindo observar a crítica situação do Brasil dentro do cenário mundial de segurança do trânsito.

**Tabela 2.3 Quadro comparativo entre Brasil, Estados Unidos e União Européia**

País	Mortes em 2008	População 2008 (milhões)	Coefficiente de mortalidade p/ 100.000 pessoas
Brasil	57.116	189,6	30,1
Estados Unidos	37.261	304,0	12,5
União Européia	38.876	498,0	7,8

Fonte: CNM, 2009

A formação de uma base de dados mais consistente e completa permitiria ao Brasil e seus Estados, a partir da interpretação destes dados, desenvolverem medidas e programas voltados diretamente para a prevenção das principais causas e fatores associados aos acidentes de trânsito em cada região.

### 2.2.2 Fatores causais

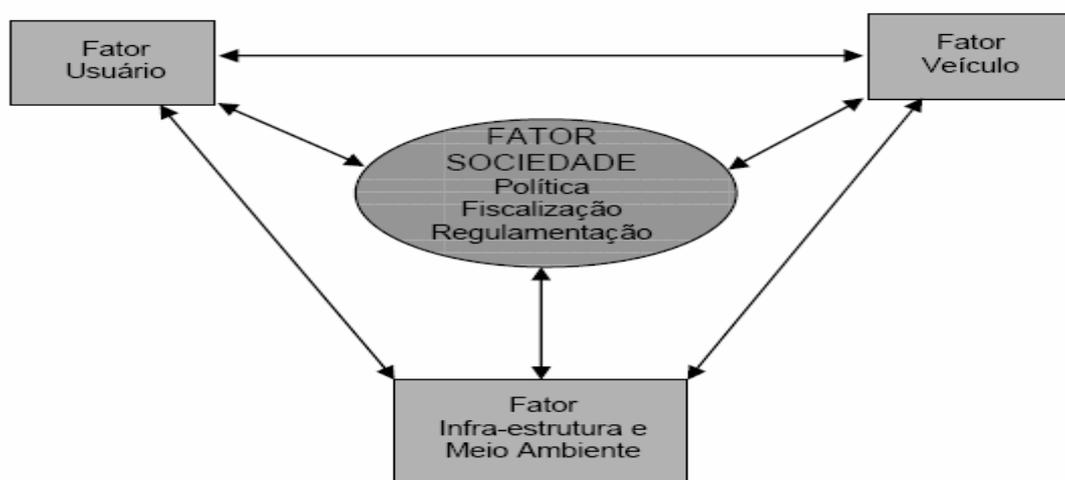
Segundo IPEA (2006), o estudo da anatomia de um acidente de trânsito analisa o evento buscando conhecer seus componentes básicos, a estrutura de cada parte e os aspectos que lhe são inerentes, numa perspectiva pontual e instantânea do acidente. Portanto, a anatomia de um acidente compreende:

- A(s) pessoa(s) envolvida(s) – feridos, mortos e pessoas sem ferimento algum, incluindo-se pedestres e transeuntes que venham a participar do acidente;
- O(s) veículo(s) envolvido(s) – destruídos totalmente, parcialmente ou sem dano algum;

- A via e o ambiente – mobiliário, bens e propriedades públicas e privadas, além da via e seus equipamentos complementares, bem como as condições climáticas, iluminação, vegetação e tudo o mais que compõe o ambiente;
- O aparato institucional e os aspectos socioambientais — legislação, fiscalização e gestão da circulação de bens e pessoas e administração da via e de seu entorno, bem como as “regras” não escritas e não oficiais aceitas pela maioria dos usuários, que venham a fazer parte de cultura regional e que possam influenciar nos acidentes.

A identificação de cada um destes elementos básicos que compõem a estrutura de um acidente de trânsito possibilita uma investigação mais aprofundada, facilitando a percepção dos eventuais fatores de risco que contribuíram para a ocorrência do acidente. Porém, esta análise não é simples, já que acidentes de trânsito são eventos complexos e de múltiplas causas.

Segundo LOPES (2006), a bibliografia especializada agrupa os fatores de risco em fator usuário, fator via e fator infraestrutura. Para PORTO JUNIOR (2004 apud LOPES, 2006), deve ser levado em consideração ainda o fator sociedade, que envolve os demais fatores e reflete o grau de conscientização de toda a comunidade com relação ao problema, uma vez que define a política e estabelece as regras de regulamentação e fiscalização do trânsito (figura 2.1).



Fonte: PORTO JUNIOR (2004 apud LOPES, 2006)

Figura 2.1: Interação entre os fatores de risco de acidentes de trânsito

Estes quatro elementos se associam e interagem entre si como fatores causais de um acidente de trânsito. A análise das causas de um acidente de trânsito envolve a identificação de todos os fatores que contribuíram, de forma isolada ou integrada, para a ocorrência do evento. Porém, descobrir o principal fator causal é primordial para a definição de medidas capazes de reduzir estes acidentes.

### **2.3 Velocidade**

Em uma pesquisa realizada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, ou OECD, em inglês), através de um questionário enviado aos 38 países integrantes, foram verificados quais os problemas considerados prioritários para cada país na área de segurança do trânsito. De acordo com as respostas fornecidas, as seguintes conclusões foram obtidas (OECD, 2006):

- Para 39% dos países, o excesso de velocidade é considerado o principal problema relacionado à segurança do trânsito, ficando em primeiro lugar na pesquisa realizada;
- Para 61% dos países, o excesso de velocidade é considerado um dos 3 principais problemas relacionado à segurança do trânsito. Os demais fatores apontados são embriaguez na direção (58%) e desrespeito ao uso de cinto de segurança (29%);

Estes números refletem uma sensação já diagnosticada por diversos setores da sociedade, de que dentre os diversos fatores de risco para a ocorrência de acidentes, a velocidade é considerado o principal, pois é aquele onde esta relação fica mais evidenciada. A velocidade é um fator de risco para qualquer tipo de acidente de trânsito, desde os que geram apenas danos materiais até os que causam vítimas fatais.

Na prática, a velocidade pode ser considerada um problema sob dois aspectos: o excesso de velocidade, que ocorre quando o veículo trafega em velocidade acima do limite estabelecido para a via, e a velocidade inapropriada, que ocorre quando o veículo obedece ao limite de velocidade estabelecido, porém trafega em velocidade incompatível com as condições momentâneas da via (PAINÉ *et al.*, 2007). Desta forma, mesmo que a sinalização estabeleça um determinado limite de velocidade para

a via, compete ao motorista avaliar, em função do tráfego ou do clima, qual a velocidade apropriada para aquele momento específico.

### **2.3.1 Escolha da velocidade**

Segundo CUNHA (2005), a escolha da velocidade é um evento privado do condutor, que é afetada por suas características pessoais, características do veículo e características viário-ambientais. Já para PATTERSON *et al.* (2000), em vias consideradas seguras pelos motoristas, características sociais e o nível de fiscalização da via prevalecem no momento de escolher a velocidade, enquanto em locais considerados inseguros, esta escolha está relacionada a questões sensoriais.

Mesmo considerando que alguns avanços tecnológicos, como os freios ABS, air-bags e cintos de segurança, proporcionaram a redução da severidade dos ferimentos ocasionados por um acidente de trânsito, constata-se que a velocidade permanece como fator crítico de um acidente. E melhorias no desempenho dos motores possibilitam que os veículos atinjam velocidades cada vez mais altas, muito superiores aos limites de velocidade existentes. QUIMBY *et al.* (1999 apud PATTERSON *et al.*, 2000) constataram que os motoristas de veículos de 2000 cilindradas trafegam com velocidades 4% superiores aos motoristas de veículos de 1000 cilindradas.

Além disso, melhorias na dirigibilidade, pneus de alto desempenho, sistemas de ar-condicionado e veículos mais silenciosos alteram a percepção de perigo do motorista quando em excesso de velocidade. Quanto maior o conforto, maior a redução da sensação de estar em excesso de velocidade. DUMONT (2010) agrupa os fatores que podem influenciar a escolha de velocidade em três categorias, conforme relacionado a seguir:

#### **a) Fatores relacionados à combinação motorista-veículo**

##### **➤ Motorista**

- Idade;
- Experiência;
- Tolerância ao risco;
- Prazer em dirigir em altas velocidades;
- Estado de espírito;

- Familiaridade com a via;
- Nível de fadiga;
- Influência de álcool ou drogas;
- Propósito e urgência da viagem;
- Veículo
  - Tipo de veículo;
  - Características de dirigibilidade e frenagem do veículo;
  - Condições do veículo;

a) Fatores relacionados às condições ambientais e do tráfego

- Ambientais
  - Condições climáticas e de luminosidade;
  - Visibilidade;
  - Situação momentânea do asfalto (seco, molhado, com neve, etc...);
- Tráfego
  - Volume e densidade do tráfego;
  - Velocidade e comportamento dos outros motoristas;
  - Presença de veículos pesados;
  - Presença de pedestres e ciclistas;

b) Fatores relacionados a via

- Geometria da via
  - Número de faixas e suas respectivas larguras;
  - Alinhamento vertical e horizontal;
  - Presença e dimensões do acostamento;
  - Presença de veículos estacionados próximos a lateral da via;
  - Presença de divisão física entre as faixas;
- Superfície da via
  - Tipo de pavimento;
  - Condições do asfalto;
- Fatores topográficos
  - Uso do solo;
  - Classificação funcional da via;
  - Número e tipos de acesso;

- Fatores de gerenciamento do tráfego
  - Presença e tipo de sinalização;
  - Presença e espaçamento entre os semáforos;
- Fatores relacionados à fiscalização
  - Presença policial
  - Fiscalização eletrônica

### 2.3.2 Influência da velocidade na ocorrência e severidade dos acidentes

O excesso de velocidade é o fator de risco que mais contribui para a ocorrência de acidentes (ELVIK *et al.*, 2004). Ainda assim, devido à complexidade destes eventos, raramente a ocorrência de um acidente de trânsito pode ser atribuída exclusivamente ao excesso de velocidade. De qualquer forma, o simples fato de estar em excesso de velocidade já eleva a probabilidade do motorista se envolver em um acidente.

Ao aumentar a velocidade, o motorista precisa lidar com mais informações e tomar mais decisões por unidade de tempo. Existe, porém, um limite em nossa capacidade de processamento de informações, e se a quantidade de informação excede essa capacidade, algumas não serão processadas (PATTERSON *et al.*, 2000), fazendo com que o motorista não consiga responder corretamente e em tempo hábil a situações imprevistas, como, por exemplo, a necessidade de efetuar uma frenagem inesperada. Neste caso, conseguir parar o veículo antes da colisão pode evitar a ocorrência de um acidente.

A distância de parada é aquela necessária para o veículo, após o motorista identificar a necessidade de frear, parar totalmente, e é dada pela soma da distância percorrida pelo veículo durante o tempo de reação do motorista com a distância percorrida pelo veículo após o início do processo de frenagem (POR VIAS SEGURAS, 2010). A fórmula da distância de parada é dada por:

$$D_p = V_i \cdot T_R + V_i^2 / 2\alpha$$

Onde:

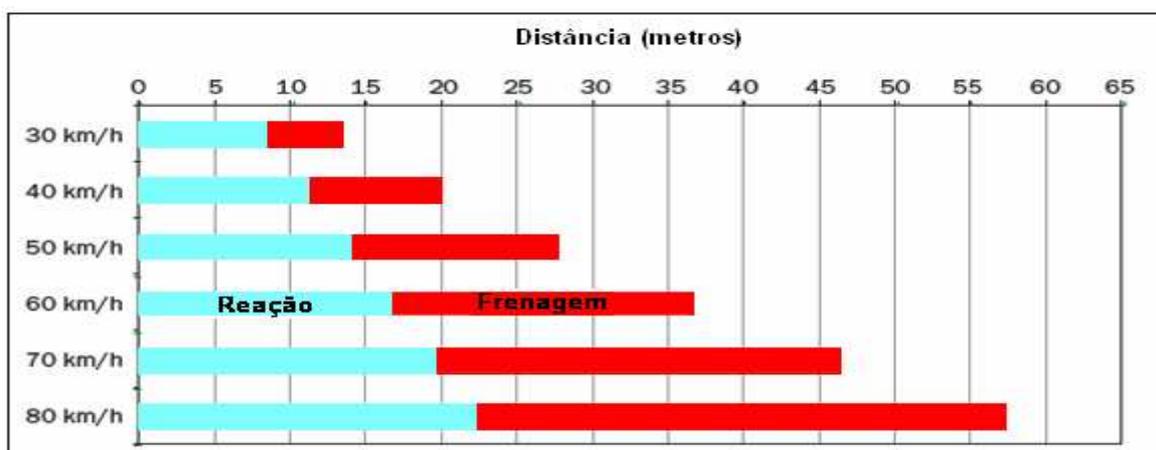
$D_p$ : Distância de parada, [m];

$V_i$ : Velocidade inicial, [m/s];

$T_R$ : Tempo de reação, [s];

$\alpha$ : desaceleração, [m/s<sup>2</sup>];

Desta forma, fica evidente que quanto maior a velocidade de um veículo, maior a distância necessária para ele parar e, conseqüentemente, maior a probabilidade de ele ser envolvido num acidente. Tal evidência é ratificada na figura 2.2, que apresenta através de um gráfico a relação entre a velocidade do veículo no instante em que o motorista detecta a necessidade de frear com a distância necessária para o veículo conseguir parar totalmente. Nota-se que quando a velocidade é dobrada, por exemplo, de 40 km/h para 80 km/h, a distância de parada praticamente triplica.



Fonte: OMS (2008)

Figura 2.2: Relação entre velocidade e distância de parada

Porém, o excesso de velocidade não está associado apenas a um aumento na probabilidade do motorista em se envolver em um acidente, mas também em um aumento na severidade desse acidente (FULLER *et al.*, 2008). Enquanto a relação entre velocidade e ocorrência do acidente não é tão explícita, a relação entre velocidade e severidade do acidente fica bem mais evidente, tanto na prática, quanto na teoria. Mesmo que a velocidade não tenha sido um fator contribuinte para a ocorrência do acidente, inevitavelmente, ela contribuirá para as conseqüências do acidente, pois quanto maior a velocidade do veículo no momento da colisão, mais graves serão os ferimentos das pessoas envolvidas e os prejuízos materiais (SWOV, 2009).

Fisicamente, a energia cinética de um corpo é expressa através da relação entre a massa deste corpo e sua velocidade. Em um acidente de trânsito, a energia cinética do veículo é transformada em forças destrutivas que deformam o veículo e podem

causar ferimentos aos seus ocupantes (ELVIK *et al.*, 2004). A equação geral da energia cinética é dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Onde:

$E_c$ : Energia cinética, [J];

$m$ : Massa, [kg];

$v$ : Velocidade, [km/h];

A análise desta fórmula mostra que quanto maior for a velocidade do veículo no momento de sua colisão, ou seja, sua velocidade de impacto, maior será também a sua energia cinética. Um simples aumento de 20% na velocidade irá acarretar em um aumento de 44% na energia cinética a ser dissipada. Assim, fica claro que quanto maior for a velocidade de impacto do veículo, maior será a probabilidade de seus ocupantes serem feridos gravemente. Reduzir a velocidade média do tráfego significa reduzir também a velocidade de impacto do veículo em uma colisão e, caso não seja possível evitar o acidente, pelo menos, suas conseqüências serão amenizadas.

### 2.3.3 Estudos realizados

ELVIK *et al.* (2004) afirmam que o limite de velocidade de uma via influencia diretamente na velocidade média do tráfego nesta via. Assim, um método muito utilizado para entender e explicar a relação entre os acidentes de trânsito e a velocidade é avaliar as taxas de acidentes antes e depois de uma alteração no limite de velocidade da via. Diversos estudos foram realizados com este intuito, sendo as rodovias interestaduais norte-americanas as áreas mais analisadas quanto aos efeitos causados por mudanças nos limites de velocidade (PATTERSON *et al.*, 2000).

Em função da crise do petróleo em 1974, os estados norte-americanos deixaram de ser os responsáveis por definir os limites de velocidade de suas rodovias, sendo imposto um limite de velocidade único de 88 km/h, com abrangência nacional, denominado em inglês por *National Maximum Speed Limit* (NMSL). Em 1987, o NMSL passou para 105 km/h, sendo abolido em 1995, ano no qual voltou a ser de responsabilidade de cada estado definir o limite de velocidade de suas rodovias. Inúmeros estudos avaliaram os impactos das diversas mudanças realizadas no limite

de velocidade destas rodovias ao longo do tempo e concluíram que o aumento ou a diminuição do limite de velocidade foi sempre associado com um respectivo aumento ou diminuição do número de vítimas fatais e de acidentes ocorridos nestas rodovias.

Uma avaliação efetuada pelo órgão responsável pela administração nacional da segurança de tráfego das rodovias americanas, denominado em inglês por *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA), concluiu que 32 estados que aumentaram os seus limites de velocidade ao fim do NSML tiveram, aproximadamente, um aumento de 9% no número de vítimas fatais, baseado nas estatísticas de anos anteriores (NHTSA, 1998 apud PATTERSON *et al.*, 2000).

FINCH *et al.* (1994 apud PATTERSON *et al.*, 2000) examinaram estudos realizados na Finlândia, Alemanha, Suíça e Estados Unidos onde houve mudança na velocidade média do tráfego. Com o uso de técnicas de regressão não-linear, foi observado que para cada aumento de 1,6 km/h na velocidade média do tráfego, há um aumento de 5% no número de acidentes.

Um modelo matemático proposto pelo pesquisador sueco Goran Nilsson, especialista em segurança viária, relaciona a alteração da velocidade média do tráfego com a mudança na taxa de acidentes, sendo largamente utilizado para avaliar os possíveis efeitos de alterações no limite de velocidade (ELVIK *et al.*, 2004). A base empírica para o desenvolvimento do modelo foram as diversas alterações nos limites de velocidade praticados na Suécia no final da década de 60 e início de 70. O modelo tanto pode ser aplicado para relacionar a velocidade média do tráfego com o número de acidentes ou com o número de pessoas mortas ou feridas em acidentes. Especificamente quanto ao número de acidentes, a equação geral é dada pela seguinte fórmula:

$$A_1 = (V_1 / V_0)^N A_0$$

Onde:

$A_0$ : Número de acidentes antes da alteração do limite de velocidade;

$A_1$ : Número de acidentes após alteração do limite de velocidade;

$V_0$ : Velocidade média do tráfego antes da alteração do limite de velocidade, [km/h];

$V_1$ : Velocidade média do tráfego após alteração do limite de velocidade, [km/h];

N: Expoente de acordo com o tipo de acidente;

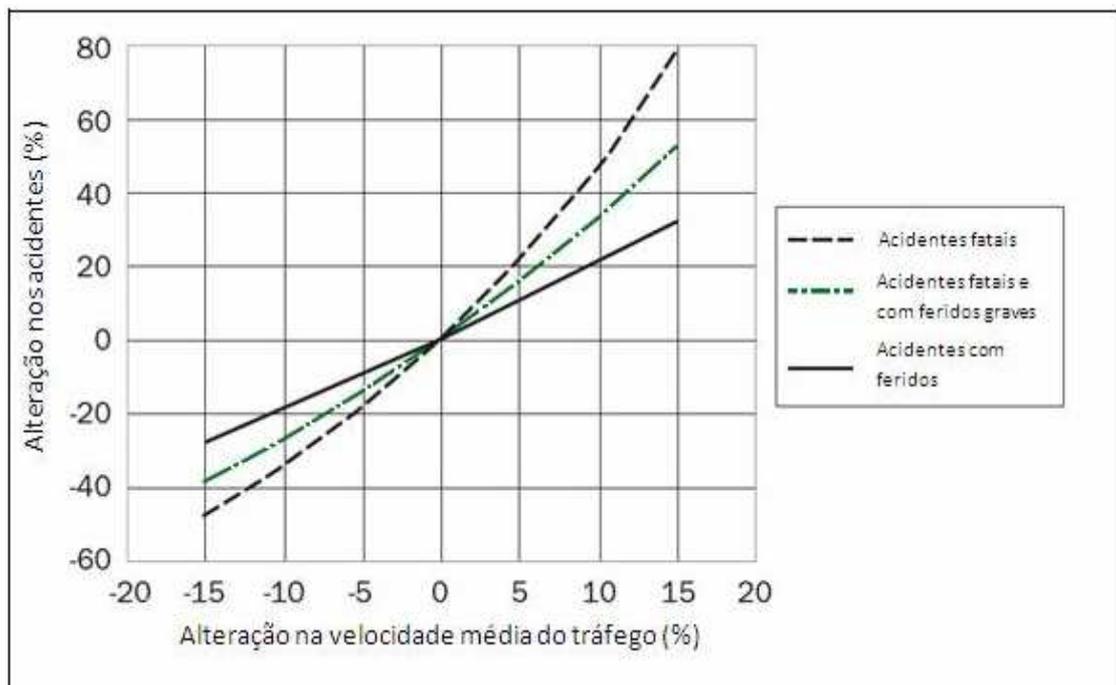
A tabela 2.4 indica os possíveis valores de N:

**Tabela 2.4 Expoente do modelo matemático de acordo com o tipo de acidente**

Tipo de acidente	Expoente N
Acidentes com vítimas fatais	4
Acidentes com vítimas fatais ou gravemente feridas	3
Acidentes com feridos	2

Fonte: ELVIK *et al.* (2004)

Através da análise, em diversos estudos relevantes, de 460 estimativas dos efeitos das alterações de velocidade, ELVIK *et al.* (2004) consideraram o modelo válido. Nestas estimativas, apesar dos valores obtidos para os expoentes não serem perfeitamente idênticos àqueles propostos pelo modelo, são bastante próximos e exibem um padrão em conformidade com o modelo. Com base no modelo proposto por Nilsson, a figura 2.3 mostra os possíveis impactos gerados por uma alteração da velocidade média do tráfego com relação ao número de acidentes.



Fonte: OMS (2008)

Figura 2.3: Relação entre velocidade e o número de acidentes.

AARTS e VAN SCHAGEN, 2006 apud FULLER *et al.*, 2008 afirmam que, de uma maneira geral, um aumento de 1% na velocidade é aproximadamente associado a um aumento de 2% no número de acidentes com feridos, de 3% no número de acidentes

com feridos graves e de 4% no número de acidentes com vítimas fatais. Assim, os resultados obtidos mostram, tanto na teoria quanto na prática, a existência de uma relação entre velocidade e segurança viária.

#### **2.3.4 Controle de velocidade**

Uma vez que escolha da velocidade pelo motorista não envolve apenas decisões racionais, existe uma base legítima para limitar esta liberdade de escolha (ELVIK et al., 2004). Para CUNHA (2005), essa escolha precisa ser regulada por um agente externo a fim de coibir possíveis excessos, os quais levariam ao aumento do risco de acidentes.

O controle de velocidade compreende uma série de medidas que visam balancear segurança e eficiência no que diz respeito à velocidade de tráfego dos veículos em uma via. Seu objetivo é maximizar o número de motoristas dirigindo em velocidades apropriadas para as condições da via e, conseqüentemente, reduzir o número de acidentes. Controlar de alguma forma a velocidade praticada pelos motoristas é uma medida necessária em qualquer política de segurança viária que vise à redução do número de acidentes e mortes no trânsito.

Três tipos de medidas são utilizadas para controlar a velocidade: medidas educativas, medidas de engenharia e medidas de fiscalização. Se usadas em conjunto, proporcionam uma maior possibilidade de atendimento das metas desejadas.

A adoção de algumas medidas de engenharia, como por exemplo, as medidas moderadoras de tráfego (*traffic calming*, em inglês) permitem reduzir a percepção de segurança dos motoristas e, conseqüentemente, sua velocidade, sem reduzir efetivamente a segurança da via. Estes aperfeiçoamentos na infraestrutura viária têm um efeito muito mais imediato no aumento da segurança do trânsito do que, por exemplo, eventuais avanços tecnológicos que visem aumentar a segurança veicular, como air-bags ou freios ABS, já que são necessários alguns anos para que estes alcancem a maior parte da frota e produzam os efeitos esperados.

Ainda assim, o método mais primário de controle da velocidade dos veículos é através da imposição de limites de velocidade (PATTERSON et al, 2000). Limites de velocidade foram introduzidos em todos os países motorizados, evitando assim que os motoristas escolham livremente a velocidade que consideram segura.

Segundo ELVIK *et al.* (2004), o limite de velocidade de uma via influencia diretamente na velocidade média do tráfego nesta via. A análise dos estudos efetuados nos locais onde houve mudança no limite de velocidade mostra com consistência que o aumento deste limite pode aumentar também o número de acidentes, feridos e vítimas fatais. Na Suécia, por exemplo, ELVIK e AMUNDSEN (2000 apud ELVIK *et al.*, 2004) estimam que se todos os motoristas respeitassem plenamente aos limites de velocidade impostos, a redução do número de vítimas fatais e de feridos no trânsito seria, respectivamente, de 38% e 21%.

Vários princípios têm sido propostos para definir o limite de velocidade de uma via. DUMONT *et al.* (2010), destacam 5 destes princípios:

1 – Fatores relacionados à via: devem ser observadas suas características geométricas, sua classificação e funcionalidade, seu volume de tráfego anual, dentre outros fatores;

2 – Percentil 85: uma vez levantado o perfil de velocidade dos veículos, o limite é escolhido em função do valor abaixo do qual se situam 85% dos casos;

3 – Questões de segurança: neste caso, é levado em consideração o histórico e o padrão de colisões do local;

4 – Credibilidade do limite de velocidade: um limite de velocidade muito inferior a velocidade 85 percentil da via ou limites diferentes para vias com características similares, diminuem a credibilidade do limite estabelecido e, conseqüentemente, o respeito dos motoristas pelo mesmo;

5 – Aspectos políticos: eventualmente, os fatores técnicos acima listados são deixados em segundo plano. A pressão exercida pelos moradores de um determinado local pode, por exemplo, influenciar na decisão de se estabelecer ou alterar um limite de velocidade;

Na prática, a definição do limite de velocidade é geralmente baseada em uma mistura destes princípios, assim como em outras considerações não explicitadas nestes princípios. Definir limites de velocidade baseados em critérios consistentes é um elemento importante para se conseguir a complacência da maioria dos motoristas (DUMONT, 2010). Porém, deve-se perceber que os limites de velocidade por si só não

controlam a velocidade efetivamente. São necessárias medidas de fiscalização para garantir o cumprimento aos limites impostos e, por consequência, reduzir o número de acidentes de trânsito associados ao excesso de velocidade.

## **2.4 Síntese**

De acordo com os dados fornecidos pelo Seguro DPVAT, em 2007, o número de vítimas fatais provenientes do trânsito atingiu o seu patamar mais elevado, registrando 66.837 mortes. Este é um número extremamente elevado e alarmante, que coloca o Brasil entre os países com mais mortes no trânsito no mundo. A análise da tabela 2.3 mostra que, proporcionalmente à população, o trânsito brasileiro mata 2,5 vezes mais do que nos Estados Unidos, e 3,7 vezes mais do que na União Européia.

A revisão bibliográfica correlaciona a ocorrência e a severidade dos acidentes de trânsito com o excesso de velocidade praticado pelos motoristas, justificando a adoção de medidas que visem garantir o respeito aos limites de velocidade impostos pelas autoridades de trânsito.

Os fiscalizadores eletrônicos de velocidade têm se mostrado, ao longo de todo o mundo, como uma medida eficaz para garantir o respeito aos limites de velocidade. No Capítulo 3, em complemento à revisão bibliográfica, apresentar-se-á um levantamento das tecnologias utilizadas na fiscalização eletrônica de velocidade e dos resultados obtidos em diferentes países e no Brasil, no que diz respeito à redução do número de vítimas fatais no trânsito.

### **3. FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE**

#### **3.1 Considerações Iniciais**

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 2008) define o termo fiscalização em seu Anexo I – Dos Conceitos e Definições, da seguinte forma:

“Ato de controlar o cumprimento das normas estabelecidas na legislação de trânsito, por meio do poder de polícia administrativa de trânsito, no âmbito de circunscrição dos órgãos e entidades executivos de trânsito e de acordo com as competências definidas neste Código”

A partir deste conceito, GOLD (2003) entende que a fiscalização eletrônica de velocidade pode ser interpretada como a utilização de meios eletrônicos como um dos elementos do ato de controlar o cumprimento das normas estabelecidas no CTB sobre velocidade de veículos no trânsito.

A função básica destes equipamentos é medir a velocidade dos veículos que passam por um determinado local e registrar fotograficamente aqueles que estejam acima da máxima velocidade permitida para a via. Este registro deve permitir a clara identificação do veículo infrator, que é feita através da leitura dos caracteres da placa, além de conter alguns dados que caracterizem a infração, tais como dia, hora e local.

Este registro fotográfico serve como referência para a elaboração de um auto de infração que é emitido pelo Agente da Autoridade de Trânsito e enviado ao motorista infrator. Com isso, são aplicadas as punições previstas no artigo 218 do CTB, que variam em função do excesso de velocidade praticado e incluem multas, acúmulo de pontos na Carteira Nacional de Habilitação e suspensão do direito de dirigir.

Todas essas ações visam alcançar o objetivo final da fiscalização eletrônica de velocidade que é reduzir o número de motoristas trafegando em excesso de velocidade. Se este objetivo é atingido, reduz-se tanto a velocidade média do tráfego quanto a variação de velocidade entre os veículos. Conforme mostram os estudos, a redução destes parâmetros está associada com a redução do número de acidentes.

Segundo Márcio D'Agosto, Professor do Programa de Engenharia de Transportes da Coppe/UFRJ, "esses equipamentos são muito importantes na medida em que fazem com que os motoristas, com medo de serem punidos, sigam as diretrizes de fluxo de

cada via. Desta forma, com eles respeitando as leis de trânsito e as placas de sinalização de cada uma, os riscos de acidentes no trânsito consequentemente diminuem consideravelmente" (SAIGG, 2006).

### **3.2 Histórico**

Um dos primeiros equipamentos eletrônicos projetados para fiscalizar a velocidade de veículos foi construído em 1947 e foi utilizado nos Estados Unidos pela polícia de Connecticut para fiscalizar a Route 2 em Glastonbury (MING, 2007).

No Brasil, o primeiro Fiscalizador Eletrônico de Velocidade foi instalado na cidade de Curitiba, em 20 de agosto de 1992, funcionando durante 1 ano em caráter experimental. Após este período, o Conselho Nacional de Trânsito passou a permitir a cobrança de multas, através das notificações emitidas a partir das imagens registradas pela lombada eletrônica (ALVES; FERNANDES, 2002). Na cidade de São Paulo, possuidora da maior frota veicular do país, a fiscalização eletrônica de velocidade teve início em 1997 (MING, 2007).

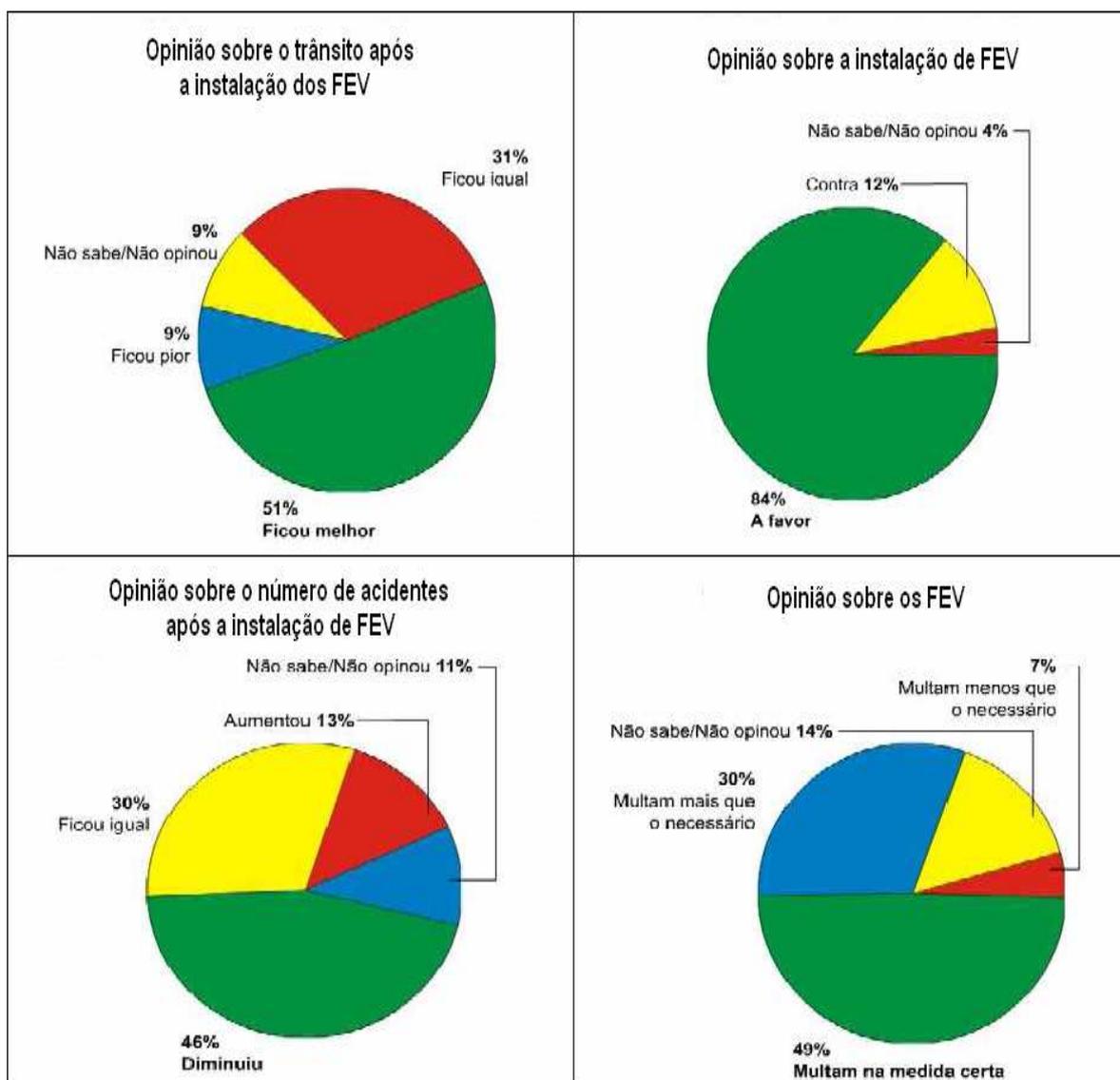
O ano de 1998 pode ser considerado aquele em que houve a efetiva disseminação do uso dos FEV's em todo o país. Em janeiro de 1998, com a entrada em vigor do novo Código de Trânsito Brasileiro, foi dado o devido respaldo legal, por meio do artigo 280, da comprovação das infrações de trânsito através de aparelhos eletrônicos. Este artigo estabelece que:

“A infração deverá ser comprovada por declaração da autoridade ou do agente da autoridade de trânsito, por aparelho eletrônico ou por equipamento audiovisual, reações químicas ou qualquer outro meio tecnologicamente disponível, previamente regulamentado pelo CONTRAN”

Além disso, em junho do mesmo ano, foi publicada a Portaria Inmetro n.º 115, de 29 de junho de 1998, aprovando o Regulamento Técnico Metrológico dos instrumentos medidores de velocidade, conforme apresentado no Anexo A. Com isso, estes instrumentos passaram a ser controlados e verificados metrologicamente, acarretando em medições mais confiáveis e uma maior aceitação por parte da sociedade brasileira.

Uma pesquisa realizada em 2002, pelo IBOPE, a pedido da ABRAMCET - Associação Brasileira de Monitoramento e Controle do Trânsito – mostrou o que o brasileiro pensa

a respeito do sistema de monitoramento do trânsito (ABRAMCET, 2002). A pesquisa foi realizada em 8 capitais brasileiras, que incluíram Rio de Janeiro, São Paulo, Recife, Distrito Federal, Belo Horizonte, Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre, com cerca de 1300 pessoas entrevistadas. Como mostram os gráficos contidos na figura 3.1, diversas questões foram abordadas, sendo algumas específicas sobre os Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade.



Fonte: ABRAMCET (2002)

Figura 3.1: Gráficos sobre opiniões dos brasileiros a respeito dos FEV's

Apesar dos números apresentados e da constatação de que o uso de equipamentos eletrônicos no controle da velocidade já é uma prática consolidada em diversos países, ainda é possível observar uma pequena parcela da sociedade brasileira

questionando a chamada “indústria das multas”, devido ao uso intensivo e em larga escala dos Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade.

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 (MING, 2007). 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, já que as experiências internacionais e nacionais mostram os efeitos benéficos da fiscalização eletrônica na redução de acidentes.

### **3.3 Formas de Classificação dos FEV**

O termo “radar” é utilizado de uma forma geral, quando se precisa fazer alguma referência a um Fiscalizador Eletrônico de Velocidade, conforme pode ser observado em SAIGG (2006), DER (2010) e CETSP (2010). O uso deste termo unifica os diversos tipos de equipamentos em um só e facilita que todos reconheçam prontamente sobre o que o mesmo se refere, quando o assunto é abordado na imprensa ou outro meio qualquer. Porém, é preciso destacar que, do ponto de vista técnico, o termo Radar designa uma dentre as várias tecnologias existentes para medição de velocidade de veículos, não sendo, portanto, passível de utilização para qualquer FEV.

Na prática, são vários os equipamentos existentes para Fiscalização Eletrônica de Velocidade, o que permite diversas formas de classificação, de acordo com características específicas de cada equipamento. Aqui, serão destacadas as duas principais formas de diferenciá-los, que são em função da tecnologia utilizada e do tipo de instalação.

A escolha do equipamento mais adequado depende das diversas necessidades de controle e das características dos locais a serem monitorados, ficando a critério do Órgão de Trânsito com jurisdição sobre a via avaliar estas condições e optar pelo equipamento que melhor se adapte a elas. Estas opções tendem a aumentar cada vez mais, pois é contínuo o avanço tecnológico nesta área, proporcionando novas tecnologias de medição de velocidade e equipamentos.

### **3.3.1 Quanto à tecnologia**

A base para a medição da velocidade deriva do conhecimento de duas informações: uma distância de valor conhecido e o tempo gasto pelo veículo para percorrer esta distância. A operação necessária para obter estes dados, antes da disseminação do uso dos FEV, era extremamente limitada e imprecisa.

Neste caso, o agente fiscalizador era obrigado a demarcar dois pontos na via com uma distância entre eles previamente conhecida, se posicionar em uma parte elevada que permitisse uma visão ampla do local, e com o auxílio de um cronômetro, marcar o tempo gasto pelo veículo para percorrer a distância entre os dois pontos demarcados, determinando assim sua velocidade média no trecho. As dificuldades eram óbvias: medição de velocidade de apenas um veículo por vez, necessidade de pelo menos duas pessoas, sendo uma para medir a velocidade, outra para interceptar o veículo infrator e elevada incerteza na medição realizada em decorrência do fator humano.

As tecnologias atuais, de certa forma, reproduzem esta metodologia, mesmo que de forma indireta, só que de forma automática e precisa. Além disso, permitem um monitoramento contínuo da via, medindo a velocidade de todos os veículos que passam pelo local, garantindo assim que todos saibam que estão sujeitos as infrações previstas em lei, caso sejam flagrados em excesso de velocidade.

Dentre as diversas tecnologias existentes, três se destacam como as mais utilizadas: sensores de superfície, radares e óticos. Dos 87 modelos de instrumentos de fiscalização eletrônica de velocidade aprovados pelo Inmetro de 1996, ano da realização da primeira aprovação de modelo, até junho de 2010, 53% foram de instrumentos de sensores de superfície, 26% de instrumentos óticos e 21% de radares (INMETRO, 2010a). Tais números caracterizam a predominância, dentro do cenário brasileiro de fiscalização eletrônica de velocidade, dos equipamentos cujo princípio de funcionamento se baseia nos sensores de superfície.

#### **a) Sensores de superfície**

Neste tipo de instrumento, o sensor, responsável pela detecção do veículo, encontra-se localizado sob ou sobre a superfície da via, de tal modo que a passagem do veículo por este sensor causa alguma alteração em suas propriedades físicas, caracterizando assim sua presença e iniciando o processo de medição de velocidade. Dentre os tipos de sensores de superfície utilizados, destacam-se os laços indutivos.

Um laço indutivo é formado por uma bobina feita de fios de cobre enrolados que é enterrada em um corte no asfalto. Ao se aplicar uma corrente elétrica alternada neste elemento, um campo magnético é gerado. Quando um objeto condutivo, que neste caso específico é o próprio veículo a ser controlado, entra na área de influência do campo magnético do sensor são induzidas pequenas correntes na superfície metálica do veículo, chamadas de correntes de Eddy (CALVERT, 2004 apud CALIXTO, 2006). Essa corrente induzida gera um campo magnético próprio que se opõe ao campo magnético gerado pelo sensor, fazendo com que este perca sua indutância (CALIXTO, 2006), permitindo assim que um módulo detector interprete esta informação e detecte a presença do veículo. Conforme mostra a figura 3.2, geralmente possuem formato retangular, porém podem possuir geometria específica, dependendo da aplicação.



Figura 3.2: Laços indutivos instalados no asfalto

Para medição da velocidade, é utilizado um conjunto de 2 ou 3 laços indutivos por faixa de rolamento. O valor da velocidade é obtido 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 (MING,

2007). A predominância desta tecnologia ocorre em função de seu custo operacional ser menor em comparação com as demais tecnologias.

#### b) Radares

A sigla RADAR (abreviatura de RAdio Detection And Ranging) designa um instrumento para localização de objetos distantes por meio de ondas de rádio. Seu princípio de funcionamento se baseia na propriedade que as ondas de rádio possuem de se refletirem na superfície de um objeto, especialmente os metálicos, por gerarem uma maior quantidade de energia na onda refletida. Considerando que as ondas de rádio se propagam na velocidade da luz (aproximadamente igual a  $3 \times 10^8$  m/s), é possível, através da medição do tempo necessário para o sinal atingir o objeto e retornar ao ponto de transmissão, descobrir o quão distante este objeto se encontra.

Esta tecnologia possui várias aplicações, com destaque para o setor naval e aeroportuário. Para medição de velocidade, os radares utilizam um conceito físico a mais, chamado de efeito Doppler, no qual as ondas de rádio emitidas pelo instrumento, ao atingirem um objeto em movimento, retornam ao ponto de origem com uma variação na frequência. Esta diferença entre a frequência de emissão e a frequência de retorno é proporcional a velocidade do veículo.

No Brasil, o termo radar se popularizou como a forma de designar qualquer tipo de Fiscalizador Eletrônico de Velocidade, quando na verdade, tecnicamente, apenas os instrumentos que utilizam a tecnologia de ondas contínuas na faixa de microondas podem ser considerados radares.

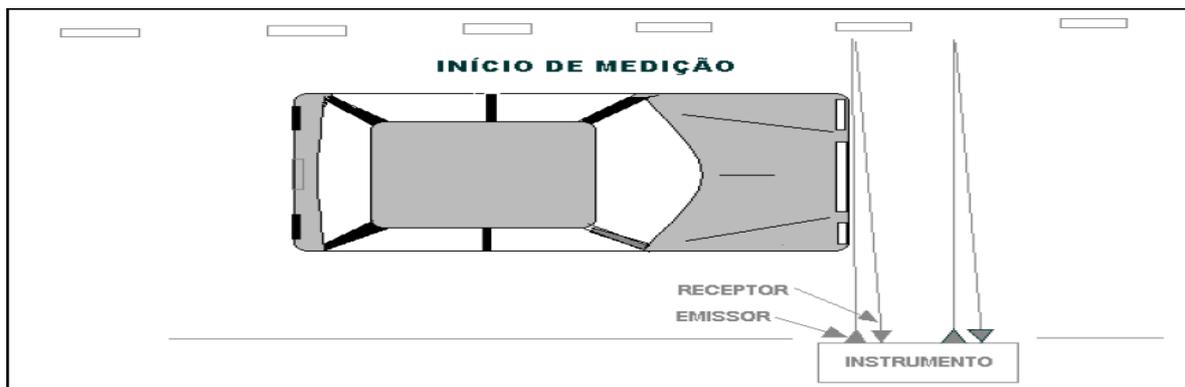
#### c) Óticos

São medidores que utilizam a tecnologia do LASER (abreviatura de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), que é um dispositivo que produz um feixe de luz monocromático, de grande intensidade, altamente direcional, com aplicações em diversas áreas, especialmente na engenharia e na medicina.

A medição de velocidade pode ser realizada através do tempo de emissão dos pulsos de LASER ou através da interrupção dos feixes de LASER posicionados transversalmente em relação à via.

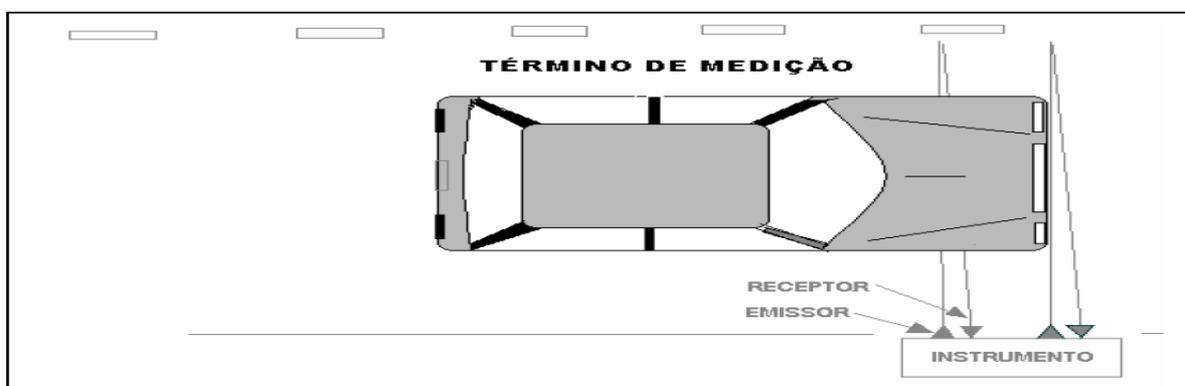
No primeiro caso, considerando que os pulsos de LASER se propagam a velocidade da luz, é possível determinar a distância do veículo em relação ao instrumento, medindo-se o tempo necessário para esse pulso atingir o veículo, ser refletido e retornar. A emissão de um segundo pulso, permite a obtenção de uma nova distância, já que o veículo está em deslocamento. Esta variação na distância, dividida pelo intervalo de tempo entre os dois pulsos, dá a velocidade do veículo. Na prática, não são usados apenas dois pulsos, e sim pulsos múltiplos, com a velocidade sendo calculada a partir de algoritmos específicos e métodos estatísticos, reduzindo a possibilidade de erros.

No segundo caso, com o instrumento posicionado transversalmente a via, são emitidos dois feixes de LASER com uma distância entre eles previamente conhecida. Quando o veículo interrompe o primeiro feixe, conforme mostra a figura 3.3, o instrumento inicia uma contagem de tempo, que será finalizada quando o veículo interromper o segundo feixe (figura 3.4). De posse do tempo gasto pelo veículo para percorrer a distância entre os feixes, é possível obter sua velocidade.



Fonte: CARVALHO; PORTUGAL (1999)

Figura 3.3 Interrupção do primeiro feixe



Fonte: CARVALHO; PORTUGAL (1999)

Figura 3.4 Interrupção do segundo feixe

### 3.3.2 Quanto ao tipo de instalação

Tanto a Portaria Inmetro n.º 115, de 29 de junho de 1998, que aprova o Regulamento Técnico dos Instrumentos Medidores de Velocidade, quanto a Resolução Contran n.º 146, de 27 de agosto de 2003, que dispõe sobre os requisitos técnicos mínimos para a fiscalização de velocidade de veículos automotores, reboques e semirreboques, utilizam quatro formas de classificar os Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade de acordo com o tipo de instalação: fixos, estáticos, móveis e portáteis.

Estes tipos de instalação são definidos, na referida legislação, da seguinte forma:

- Fixo: medidor de velocidade instalado em local definido e em caráter permanente;
- Estático: medidor de velocidade instalado em veículo parado ou em suporte apropriado;
- Móvel: medidor de velocidade instalado em veículo em movimento, procedendo a medição ao longo da via;
- Portátil: medidor de velocidade direcionado manualmente ao veículo alvo;

Na prática, a população utiliza outros termos para efetuar esta classificação. Os instrumentos fixos, utilizados em locais que exigem um monitoramento contínuo ao longo de todo o dia, são divididos em lombadas eletrônicas e pardais.

Segundo GOLD (2003), as lombadas eletrônicas são equipamentos que possuem grande visibilidade, e sinalização própria acionada pelo veículo fiscalizado, como lâmpadas, sinais sonoros e mostradores de velocidade. São mais apropriadas em locais pontuais ou trechos de pequena extensão, onde seja essencial obter sempre a atenção plena de todos os condutores dos veículos a respeito da velocidade máxima permitida, para garantir a segurança dos outros usuários e/ou a sua própria segurança. Nesses casos o objetivo é a eliminação total, se possível, de veículos trafegando com velocidades acima do limite máximo estabelecido, já que qualquer excesso de velocidade geraria riscos de ocorrência de acidentes graves.

São utilizados próximos de escolas e hospitais, antes de curvas perigosas, ao longo de trechos urbanos de rodovias e em locais onde haja grande fluxo de pedestres

durante muitas horas do dia. Possuem formatos diversos, de acordo com os critérios de construção de cada fabricante, gerando subclassificações, como pórticos (figura 3.5), monólitos (figura 3.6) e bandeiras (figura 3.7).



Figura 3.5 Pórtico



Figura 3.6 Monólito



Figura 3.7 Bandeira



Figura 3.8 Pardal

Os instrumentos estáticos, pelas suas características operacionais e construtivas, são facilmente transportados e utilizados no monitoramento de pontos específicos da via, de forma eventual. Geralmente, são apoiados em tripés e posicionados no acostamento das vias (figura 3.9), porém podem usar qualquer tipo de suporte, sendo acondicionados em recipientes apropriados (figura 3.10).

São comumente chamados de radares móveis, devido ao fato de estarem a cada dia monitorando um local diferente. Devem ser operados por pessoal especializado, porém é sempre recomendável a presença do Agente da Autoridade de Trânsito, para que os procedimentos de utilização estejam adequadamente justificados perante a opinião pública (GOLD, 2003).



Figura 3.9 Montagem em tripé



Figura 3.10 Montagem em caixa

Os instrumentos móveis e portáteis são utilizados, normalmente, pelas Autoridades Policiais para o monitoramento de rodovias federais e estaduais. No Brasil, os instrumentos móveis são muito pouco utilizados. Os portáteis, também conhecidos como pistolas devido ao seu formato, são utilizados pela Polícia Rodoviária para ações específicas. Não possuem câmeras, o que obriga a abordagem logo após a ocorrência da infração.

### **3.4 Resultados Práticos**

O grande objetivo da Fiscalização Eletrônica de Velocidade é reduzir o número de acidentes e de vítimas fatais no trânsito. Portanto, é preciso, constantemente, avaliar se os resultados estão sendo alcançados e divulgá-los, como forma de fazer com que todos percebam os efeitos benéficos desta fiscalização, e cada vez mais respeitem os limites de velocidade.

Em inúmeros países e no Brasil, diversos autores se propuseram a realizar, através de diferentes metodologias, estudos e trabalhos que avaliassem os efeitos dos FEV no trânsito. Em comum, o fato das conclusões finais de cada estudo apontarem reduções significativas nos parâmetros relacionados a acidentes e mortes no trânsito.

#### **3.4.1 Experiência internacional**

O caos no trânsito não atinge somente países como o Brasil. A União Européia (UE) considera os acidentes de trânsito um problema de saúde pública e de orçamento. Segundo estatísticas oficiais, são cerca de 1,3 milhões de acidentes todos os anos, com mais de 40 mil mortos e 1,7 milhões de feridos. As estatísticas européias contam

não só as vítimas que morrem no local, mas também todos os óbitos em até 30 dias após o acidente (ABRAMCET, 2006).

Assim, a União Européia instituiu uma Comissão de Segurança Viária, que, dentre outras medidas, recomendou uso dos aparelhos de monitoramento eletrônico em ruas e estradas para auxiliar o controle de velocidade. Em 2006, existiam cerca de 15100 Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade na União Européia, sendo os radares estáticos distribuídos conforme mostra o mapa da figura 3.11.



Fonte: FAGUNDES (2006)

Figura 3.11: Distribuição de radares estáticos em países da UE

A seguir, alguns resultados alcançados por países da União Européia e de outras regiões com o uso de FEV. A tabela 3.1 apresenta mais resultados.

➤ Inglaterra

Os primeiros dispositivos de fiscalização eletrônica de velocidade foram instalados em 1992, em West London, gerando uma redução de 70% no número de vítimas fatais nos locais monitorados, durante os três primeiros anos de fiscalização. Em junho de

2004, o Departamento de Transportes do Reino Unido publicou uma pesquisa onde foram analisados mais de 4.000 dispositivos eletrônicos de fiscalização da velocidade durante um período de 4 anos. Os principais resultados indicaram uma redução significativa da velocidade e dos acidentes nos locais de instalação dos dispositivos, além de uma queda de 42% no número de vítimas fatais (ROSPA, 2005). Segundo FAGUNDES (2006), o sistema britânico de monitoramento é considerado o melhor da Europa pela Comissão de Segurança Viária da União Européia, possuindo cerca de seis mil câmeras e radares

➤ Alemanha

As rodovias alemãs, conhecidas como autobahns, não estão sujeitas a um limite de velocidade nacional, embora 30% possuam limites de velocidade locais. Em 1972, num determinado trecho com altos índices de acidentes, foi introduzido um limite de velocidade de 100 km/h, causando uma redução imediata de 30 km/h na velocidade média do tráfego. No ano seguinte, com a introdução da fiscalização eletrônica da velocidade, foi observada nova queda, de 20 km/h, na velocidade média. Estas medidas reduziram em 91% o número de acidentes no local (OSTVIK; ELVIK, 1990 apud PATTERSON *et al.*, 2000).

➤ Noruega

ELVIK, 1997 apud PATTERSON *et al.*, 2000, constatou que a introdução de FEV's em pontos fixos reduziu em 20% o número de acidentes com feridos.

➤ Austrália

Redução de 22% no número de acidentes nos locais monitorados por FEV (PATTERSON *et al.*, 2000)

➤ Nova Zelândia

Introduzido em outubro de 1993, o programa de fiscalização eletrônica de velocidade resultou numa redução dos acidentes fatais em 23% nas áreas urbanas e 11% nas áreas rurais (MARA *et al.*, 1996 apud PATTERSON *et al.*, 2000).

**Tabela 3.1 Experiências internacionais**

Local	Período da avaliação	Redução de acidentes	Fonte
Canelones, Uruguai	1999 e 2000	60%	CANNEL, 2000
Suécia	2002 e 2003	50%	ANDERSSON e LARSSON, 2005
Barcelona, Espanha	2003 e 2004	35%	FREUDDENHAMMER, 2005
British Columbia, Canadá	-	30%	CHEN, 2002 apud FRAMARIM, 2003
Londres, Inglaterra	-	20%	CHEN, 2002 apud FRAMARIM, 2003

### 3.4.2 Experiência nacional

Segundo CANNELL (2000), a fiscalização eletrônica de velocidade no Brasil resultou na maior e na mais bem sucedida experiência mundial, com uma redução média de 60% no número de acidentes nos locais em que foi instalada. Cerca de 3200 instrumentos estão espalhados por todo o país (FAGUNDES, 2006), desde as principais capitais brasileiras até cidades do interior. A seguir, alguns resultados alcançados por alguns Estados Brasileiros. A tabela 3.2 apresenta mais resultados.

➤ Rio de Janeiro

Segundo a Secretaria Municipal de Transportes do Rio, em 2005, as vias monitoradas pelos pardais obtiveram uma redução de 3%, em média, no número de acidentes, enquanto nas vias monitoradas pelas lombadas eletrônicas, esse índice foi de 11%. Na Estrada dos Bandeirantes, no Recreio, uma das mais violentas do município do Rio de Janeiro, a redução do número de acidentes ocorridos nos trechos viários monitorados por FEV em 2005, quando comparados ao ano anterior, foi de 61%. (SAIGG, 2006)

➤ Goiás

Em 1999, foram instaladas as primeiras lombadas eletrônicas no Estado de Goiás. Em 2001, num trecho crítico de 8 km, conhecido como “Sete curvas”, da rodovia federal BR 060, foram instaladas 8 lombadas eletrônicas. Comparando-se o período de abril a dezembro de 2001, anterior a instalação, com o período de abril a dezembro de 2002, posterior a instalação, constatou-se uma redução de 60% nos índices de acidentes no trecho (MACEDO; FERNANDES, 2002).

➤ Rio Grande do Sul

Em 1998, teve início no Estado o programa de fiscalização eletrônica. Uma análise de dois trechos, sendo um na rodovia BR-290 e outro na BR-122, mostrou uma redução no número de acidentes de 25% e 27%, respectivamente (YAMADA, 2005).

➤ Paraná

Em abril de 1999, foram instaladas lombadas eletrônicas nos quilômetros 89,9 e 92,2 da BR 116, resultando em redução média mensal de 57% no número de acidentes ao longo do trecho (CANNEL, 2001 apud YAMADA, 2005).

**Tabela 3.2 Experiências nacionais**

Local	Período da avaliação	Resultados	Fonte
Mogi das Cruzes (SP)	2002 e 2003	- 50% acidentes	LOPES, 2006
Rod. Estaduais (SC)	1994 e 1995	- 42% vítimas fatais	YAMADA, 2005
Rio de Janeiro (RJ)	2004 e 2005	- 37% acidentes	SAIGG, 2006
São Paulo (SP)	1996 a 1998	- 31% vítimas fatais	MING, 2007
Porto Alegre (RS)	2000 a 2003	- 30% acidentes	FRAMARIM, 2003
Niterói (RJ)	2000 a 2005	- 27% acidentes	LOPES, 2006

### 3.5 Considerações Finais

O uso de Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade se difundiu ao redor de todo mundo como uma das ferramentas de combate na redução do número de acidentes de trânsito. No Brasil, esta já é uma prática consolidada, presente em diversos municípios, onde se destaca o uso da tecnologia dos sensores de superfície, cuja instalação é de caráter fixo. Existem ainda os instrumentos óticos e os radares, cuja instalação é estática e permite o deslocamento do equipamento para o local que a autoridade de trânsito desejar.

A revisão bibliográfica mostra, em diversos países, a eficácia na redução de acidentes através do uso de FEV's, o que justifica sua utilização para esta função. Observa-se, porém, falta de uniformidade no que diz respeito ao critério de apresentação destes resultados, tanto no Brasil quanto no exterior, visto que alguns estudos falam em redução no número de acidentes e outros no número de vítimas.

Tal situação pode provocar distorções quando se compara os resultados, visto que os custos sociais dos acidentes com vítimas fatais são maiores do que dos demais acidentes, sem vítimas ou com feridos apenas. Desta forma, a avaliação de um resultado baseado simplesmente na redução do número de acidentes pode, erroneamente, subdimensionar ou maximizar a importância de um fiscalizador eletrônico de velocidade.

Porém, atualmente, a relevância dos Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade não se limita a questão do controle de velocidade. O avanço tecnológico vem permitindo que novas funções sejam agregadas aos FEV's, melhorando a quantidade e a qualidade das informações obtidas e abrindo novas possibilidades aos gestores do trânsito.

A tecnologia atual já permite que, a partir de um único ponto, com a utilização da mesma estrutura física, os FEV's sejam capazes de detectar avanços semaforicos, classificar os veículos de acordo com a sua categoria, ler os caracteres da placa do veículo no momento de sua passagem, dentre outras coisas. Todas essas funções podem ser desenvolvidas por instrumentos dedicados exclusivamente a cada uma delas, porém, não faria sentido, tanto economicamente quanto logisticamente, desprezar a multifuncionalidade dos fiscalizadores eletrônicos de velocidade. No Brasil, as principais funções agregadas são:

- Detecção de avanço de semáforo vermelho;
- Detecção de parada sobre pedestres;
- Reconhecimento da Placa dos Veículos (LPR- License Plate Recognition);
- Identificação automática de veículos – uso do TAG;
- Classificação automática de veículos;

Considerando que, nesta dissertação, o foco está no uso associado da fiscalização eletrônica de velocidade com a classificação automática de veículo será dado maior destaque a esta função, a seguir, no Capítulo 4.

## 4. CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE VEÍCULOS

### 4.1 Considerações Iniciais

Os setores que tratam da engenharia de tráfego têm dificuldades em conseguir informações rápidas e precisas sobre os veículos em trânsito, não só para efetuar o controle e a monitoração do tráfego, mas também para fins de segurança e planejamento (GUINGO *et al.*, 2004). Sistemas Inteligentes de Transportes, capazes de detectar automaticamente a presença dos veículos em uma via e fornecer dados úteis sobre o fluxo do tráfego, vêm sendo utilizados para dar o auxílio necessário aos órgãos que precisam destas informações.

Apenas detectar e contar o fluxo veicular não fornece todas as informações necessárias para um correto planejamento. Em muitos casos, é importante também classificar cada veículo que trafega pela via. CALIXTO (2006) cita, por exemplo, que uma via por onde circulam 95% de veículos de passeio em seu total de fluxo, será menos desgastada e exigida do que outra que possua 50% de tráfego de veículos de carga, considerando que as vias foram feitas com as mesmas características de pavimento.

Para classificação da frota que trafega em vias, os ITS utilizam os sistemas de classificação de veículos. A Classificação Automática de Veículos (CAV) consiste na capacidade de um ITS em detectar uma ou mais características físicas de um veículo e baseado nestes parâmetros, separar os veículos em categorias pré-estabelecidas. Para os órgãos de gerenciamento do tráfego, a obtenção destes dados classificatórios permite um melhor planejamento de ações futuras, assim como a utilização em aplicações específicas.

A escolha das categorias classificatórias está diretamente relacionada com o tipo de aplicação dos dados disponíveis. Por exemplo, para estimar o tempo de deteriorização do pavimento de uma via, faz-se necessário classificar os diferentes tipos de veículos de carga que por ali trafegam, visto que uma carreta tem um impacto maior na via do que um caminhão de pequeno porte. Já na fiscalização de vias com tráfego exclusivo para ônibus, somente é necessário diferenciar os veículos que são ônibus dos demais, resumindo-se assim a duas categorias classificatórias.

Avanços recentes na capacidade de classificação dos equipamentos permitiram o aumento do número e tipos de categorias classificatórias. Estas categorias incluem,

por exemplo, veículos de passeio, ônibus, vans, motocicletas, caminhões de diferentes tamanhos e veículos com reboques acoplados. A precisão de um sistema de classificação automática de veículos é diretamente proporcional a quantidade de informações sendo processadas pelo equipamento e a habilidade de fazer uso máximo dessas informações. Quanto melhor e mais completo for este conjunto de informações, maior será a precisão na classificação. Nesta tarefa, os seguintes parâmetros podem ser utilizados (TDS, 2009):

- Comprimento do veículo;
- Altura do perfil do veículo;
- Número de eixos e suas localizações;
- Existência de um engate (reboque) e sua localização.

Sistemas de classificação mais antigos se baseavam somente no número de eixos do veículo. Atualmente, já existem sistemas capazes de definir com precisão cada um dos elementos acima citados. Para tal, usam-se sensores posicionados estrategicamente na via, detectando primeiramente a passagem dos veículos e posteriormente extraindo as informações necessárias e processando-as. Em alguns casos, são usados mais de um tipo de sensor, permitindo que cada um deles seja explorado em sua máxima capacidade, obtendo os vários parâmetros necessários para uma classificação precisa.

#### **4.2 Tecnologias Utilizadas Para CAV**

Com a expansão do mercado para monitoramento automático de tráfego, novas tecnologias de detecção de veículos vêm sendo desenvolvidas e as já existentes, aperfeiçoadas, gerando novos equipamentos. Segundo CALIXTO (2006), para a classificação de veículos, são agregadas funcionalidades aos detectores, dotando os sistemas da capacidade de processamento de sinais e inteligência artificial.

Este tipo de equipamento é composto basicamente por três partes: o sensor, responsável pela detecção da passagem ou presença do veículo; o dispositivo de processamento do sinal, responsável por converter a informação que sai do sensor em sinais elétricos; e o dispositivo de processamento de dados, que consiste em softwares e hardwares que convertem os sinais elétricos em parâmetros de tráfego típicos, tais como presença veicular, contagem volumétrica, velocidade, espaçamento entre dois veículos consecutivos (*headways*) e classificação (FHWA, 2007).

Para cumprir estas tarefas, o equipamento necessita, antes de tudo, detectar a presença do veículo e para tal, diversos tipos de sensores estão disponíveis. Entender os prós e contras inerentes a cada sensor e seus diferentes métodos para classificar os veículos permitem uma escolha mais apropriada para trabalhar em uma aplicação específica. Na literatura especializada, os vários tipos de sensores e suas respectivas tecnologias para classificação automática de veículos são diferenciados quanto ao posicionamento no pavimento dos sensores responsáveis pela detecção do veículo, se dividindo em sensores intrusivos e sensores não intrusivos.

#### **4.2.1 Sensores intrusivos**

Sensores intrusivos são aqueles embutidos no pavimento da via ou fixados, de alguma forma, em sua superfície e que, no que diz respeito à CAV, segundo TRB (2004), possuem a capacidade de, no mínimo, classificar veículos em carros de passeio e caminhões.

FHWA (2007) afirma que estes sensores têm como vantagem o fato de representarem tecnologias consolidadas para monitoramento do tráfego e, portanto, já bem compreendidas. Porém, possuem algumas desvantagens, como a necessidade de interrupção do tráfego durante sua instalação e reparo e a necessidade de reinstalação em caso de recapeamento do pavimento da via.

Alguns sensores intrusivos classificam os veículos pela contagem do número de eixos e seus espaçamentos, sendo este um sistema de classificação veicular muito utilizado. Os sensores que contam eixos são, geralmente, de pressão, ou seja, eles sofrem uma deflexão quando o pneu do veículo passa por cima deles, gerando um sinal elétrico que é detectado e interpretado por um módulo eletrônico (TRB, 2004).

A medição do comprimento dos veículos também é utilizada como método de classificação veicular por alguns sensores intrusivos. Os sensores que medem comprimento se baseiam em propriedades magnéticas, detectando a presença do veículo pela mudança na indutância do sensor ou no campo magnético da Terra devido ao metal presente no veículo (TRB, 2004).

Os sensores intrusivos permitem a construção de equipamentos portáteis e permanentes. Nos equipamentos portáteis, a instalação do sensor no pavimento é

realizada de forma mais simplificada, sem maiores intervenções no pavimento e no tráfego. Para TRB (2004), este tipo de equipamentos permite flexibilidade na coleta dos dados, garantindo o monitoramento de locais de interesse específico, apenas pelo período necessário para obtenção dos dados desejados.

Já nos equipamentos permanentes, os sensores são instalados em cortes no pavimento e depois selados, o que aumenta sua vida útil e garante a sua permanência no local por longos períodos de tempo. Por fornecerem um conjunto de dados mais extenso, são geralmente utilizados quando é preciso entender as mudanças no padrão do tráfego de algum local associadas aos diferentes dias da semana e meses do ano (TRB, 2004).

Neste capítulo serão discutidos os tubos pneumáticos, os sensores piezelétricos e os cabos de fibra ótica, que são sensores de pressão, os magnetômetros e os laços indutivos, que são sensores magnéticos.

#### *4.2.1.1 Tubos pneumáticos*

Como a maioria dos sensores de pressão, sua configuração mais comum consiste de dois tubos instalados em paralelo, distanciados por um valor conhecido e perpendiculares ao sentido do tráfego. Quando o eixo de um veículo passa sobre um tubo pneumático, o ar contido em seu interior é empurrado e aciona um interruptor, gerando um sinal elétrico que é usado para caracterizar o momento que cada eixo do veículo cruzou os sensores. O tempo gasto pelo veículo para percorrer a distância entre os dois tubos permite o cálculo da velocidade e, conseqüentemente, o espaçamento entre eixos (TRB, 2004).

Tubos pneumáticos classificam automaticamente os veículos através da contagem de seus eixos e o espaçamento entre eles. Devem ser instalados paralelos um ao outro e perpendiculares a direção do tráfego para evitar que um mesmo eixo gere mais de um pulso elétrico, resultando numa contagem incorreta de eixos.

Prós – Baixo custo e facilidade de operação;

Contra – Ineficácia em altos volumes de tráfego;

#### 4.2.1.2 Sensores piezométricos

Materiais piezométricos geram uma tensão elétrica quando submetidos a impactos mecânicos ou vibrações. Cargas elétricas de polaridade oposta aparecem nas faces interna e externa do material, induzindo esta tensão (FHWA, 2007). Quando utilizados na detecção e classificação de veículos, o processo descrito é iniciado com o impacto do eixo de um veículo na passagem sobre o sensor.

O sinal proveniente do sensor é detectado por um componente eletrônico apropriado, caracterizando a passagem de um eixo. Sua configuração de instalação na via é semelhante a dos tubos pneumáticos, permitindo medições de velocidade e classificações veiculares baseadas no número de eixos e seus espaçamentos. TRB (2004) cita que, em alguns casos, para efeitos de melhora no processo de classificação veicular, pode ser adicionado um laço indutivo a esta instalação básica, ajudando na identificação da separação entre dois veículos consecutivos.

Considerando que a tensão elétrica gerada é proporcional a força ou ao peso do pneu ou eixo aplicado ao sensor, alguns classificadores de veículos mais sofisticados usam esta informação para aperfeiçoar o algoritmo de classificação veicular (TRB, 2004), permitindo o uso de sistemas classificatórios mais complexos.

Prós – Alta confiabilidade e fácil instalação em condições de baixo volume de tráfego;

Contras – Requer instalação meticulosa e facilidade de ruptura das conexões dos sensores;

#### 4.2.1.3 Cabos de fibra ótica

O uso de sensores de fibra ótica para detecção de eixos é relativamente novo e incomum em comparação as demais tecnologias intrusivas. Este tipo de sensor detecta a presença de uma carga medindo o decréscimo da transmissão ótica causada pela constrição das fibras quando os pneus de um veículo passam sobre o sensor. São instalados da mesma forma que os sensores piezométricos.

Prós – Não são susceptíveis a raios e podem monitorar múltiplas faixas de trânsito;

Contra – Pouco histórico de desempenho;

#### 4.2.1.4 Magnetômetros

Estes sensores medem as alterações no campo magnético ao redor dos sensores para determinar a presença do veículo. São posicionados no centro da faixa de trânsito e classificam os veículos usando os mesmos princípios dos laços indutivos, com a vantagem de terem uma instalação mais rápida e fácil.

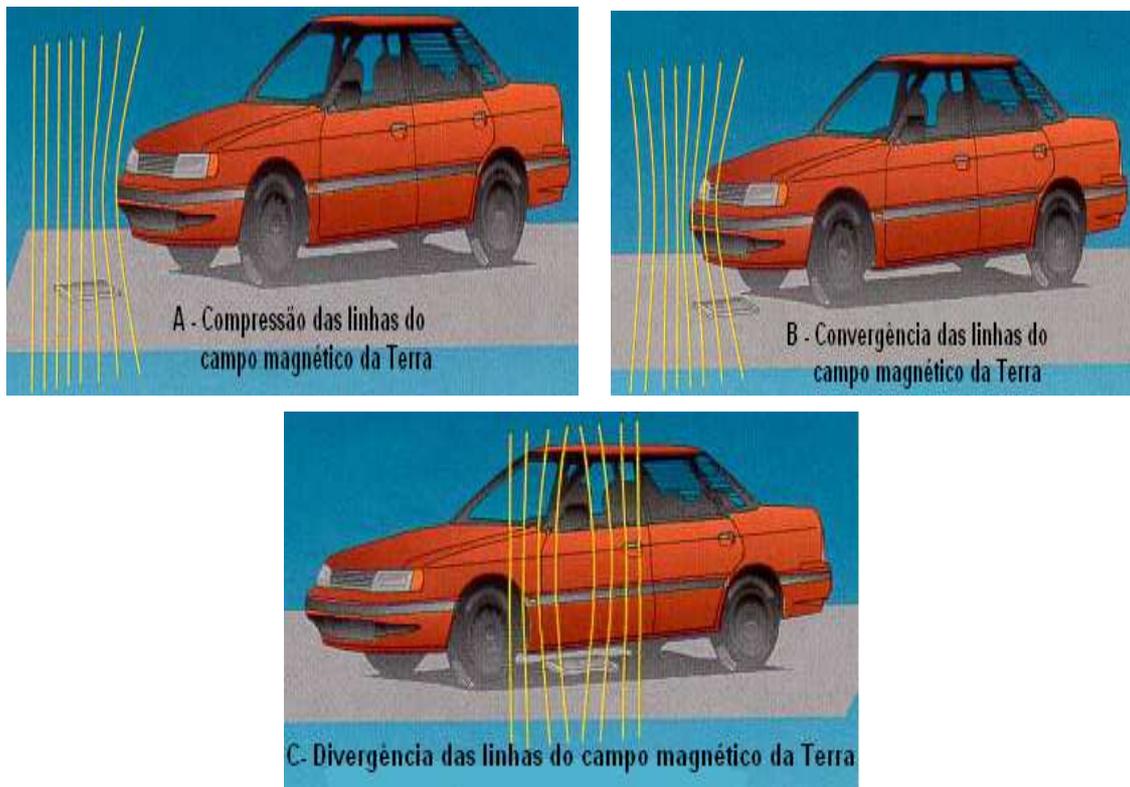


Figura 4.1: Princípio de funcionamento dos magnetômetros

Prós – Instalação simples;

Contras – Baixa precisão em altos volumes de tráfego e pouco histórico de desempenho;

#### 4.2.1.5 Laços indutivos

Os laços indutivos foram o primeiro mecanismo utilizado para coletar dados de classificação veicular de longa duração. Apesar de um declínio no uso deste tipo de sensor nas áreas rurais, que passaram a dar preferência aos sensores que classificam por contagem de eixos, continuam sendo bastante utilizados nas áreas urbanas (TRB, 2004).

Este tipo de sensor se caracteriza por tratar-se de uma tecnologia amplamente utilizada, especialmente no Brasil, tendo precisão insensível às condições climáticas e, principalmente, pelo baixo custo que apresenta em comparação a outros sistemas de detecção (BARBOSA *et al.*, 2005).

Um laço indutivo é formado por uma bobina feita de fios de cobre enrolados. A passagem de um veículo por este laço reduz sua indutância, fazendo com que um módulo detector receba esta informação do sensor, interprete-a e detecte a presença do veículo. Geralmente, são instalados em pares, separados por uma distância de configuração pré-determinada. Seu modo de instalação mais comum é o permanente, ou seja, o laço é introduzido em um corte no asfalto, permanecendo por longo tempo no local. Também podem ser usados no modo portátil, sendo que, neste caso, o laço é fixado por cima do pavimento, o que facilita sua instalação.

A classificação veicular é realizada pela medição de comprimento dos veículos. Isto é feito pela determinação da diferença de tempo na ativação do primeiro e do segundo laço, que juntamente com a distância entre os laços, permite a obtenção da velocidade do veículo. O comprimento é determinado usando-se a velocidade medida e o tempo total que um dos laços permaneceu ativado. Em alguns casos, um sensor piezométrico pode ser incluído entre dois laços indutivos, para contagem de eixos e determinação de distância entre esses eixos (TRB, 2004).

Considerando que os laços indutivos medem realmente a presença de metal e que o sinal proveniente do sensor é função da quantidade e da proximidade deste metal, nem todos os veículos são detectados na mesma distância pelos laços. Veículos com grandes quantidades de metal tendem a ser detectados por períodos maiores do que os com pouco metal. Na prática, isto significa que os laços indutivos tendem a superestimar o comprimento de veículos com muito metal e subestimar veículos com pouco metal. Esta limitação restringe o número de categorias classificatórias, que ficam em três ou quatro, normalmente (TRB, 2004).

A classificação por comprimento se mostra mais precisa do que a classificação por eixos quando as condições do tráfego são muito instáveis, como geralmente ocorre em áreas urbanas e de grande volume de tráfego. Uma tecnologia mais recente se baseia na análise da distribuição metálica de um veículo que transita sobre os laços indutivos através da sucessiva leitura da resposta magnética gerada na passagem

deste veículo, fornecendo o seu perfil magnético. Este perfil tende a ser semelhante para veículos de características semelhantes, permitindo assim a sua classificação.

Pró – Baixo custo;

Contras – Dificuldade de instalação e perda de precisão em altos volumes de tráfego;

#### **4.2.2 Sensores não intrusivos**

Sensores não intrusivos são aqueles instalados acima ou na lateral da via, evitando intervenções no pavimento da via. O uso deste tipo de sensor para fins de classificação veicular vem crescendo significativamente, já que algumas melhorias feitas nos sistemas de processamento computacional permitiram que estas tecnologias fossem empregadas em tarefas mais complexas, além das já tradicionais funções de detecção e contagem veicular.

TRB (2004) destaca entre as vantagens deste tipo de sensor, a mínima necessidade de interrupção do tráfego durante sua instalação, a facilidade de manutenção e reparo e a baixa susceptibilidade a fatores ambientais que, geralmente, reduzem a vida útil dos sensores intrusivos.

Usando como foco o uso em aplicações voltadas para a classificação veicular, a principal desvantagem é a dificuldade deste tipo de sensor em contar eixos corretamente, critério classificatório ainda muito utilizado. Com isso, a maioria dos sensores não intrusivos classifica os veículos baseados na medição de seu comprimento.

##### *4.2.2.1 Vídeo*

Segundo TRB (2004), a detecção veicular por vídeo é a mais utilizada dentre as tecnologias não intrusivas. Um sistema de processamento de imagens de vídeo tipicamente consiste em uma ou mais câmeras, um computador para digitalização e processamento das imagens e um software para interpretação das imagens e para convertê-las em dados do fluxo de tráfego (FHWA, 2007).

Basicamente, duas técnicas de análise de imagem são utilizadas. Em inglês, essas técnicas são conhecidas como *trip line* e *image tracking*. Na primeira, mudanças nos pixels contidos em uma porção específica da imagem, chamada de zona, são

monitoradas e usadas para determinar quando veículos estão entrando ou saindo desta região específica. Estas zonas podem ser consideradas laços indutivos virtuais, permitindo assim a obtenção de alguns parâmetros do tráfego usando o mesmo princípio dos laços indutivos convencionais. Duas ou mais zonas consecutivas, separadas por distâncias previamente conhecidas, são usadas para medir a velocidade dos veículos e seus comprimentos. A segunda se baseia em algoritmos de reconhecimento de padrões nas imagens, que detectam, reconhecem e rastreiam tipos específicos de veículos, gerando informações mais detalhadas, como a detecção de eixos, através da análise de pixels (TRB, 2004).

Quando utilizados para classificação veicular, geralmente, possuem melhor precisão quando baseados na medição de comprimento dos veículos. Porém alguns fatores ambientais, tais como sombras, iluminação solar direta, movimentação das câmeras causada por ventos fortes, água nas lentes das câmeras, dentre outros, podem afetar esta precisão, gerando alterações artificiais nos pixels das imagens. A precisão de um sistema de vídeo é altamente dependente de quão efetivamente cada sistema lida com essas situações (TRB, 2004).

Prós - Permite o monitoramento de várias faixas com uma única câmera, facilidade de implantação e tecnologia largamente aceita e bastante utilizada;

Contras – Afetada por problemas de visibilidade (neve, nevoeiro, chuva) e perda de precisão em monitoramento de múltiplas faixas;

#### *4.2.2.2 Radar de Microondas*

Os radares usam sensores (antenas) para emitir feixes de microondas sobre uma determinada área da via monitorada. Quando um veículo passa através desse feixe, parte da energia transmitida é refletida de volta para a antena e entra em um receptor onde a detecção do veículo é feita. O sinal refletido pelo veículo pode ser usado para determinar presença, volume, ocupação de faixa, velocidade e comprimento veicular, dependendo da forma de onda transmitida pelo sensor do radar (FHWA, 2007).

A antena pode ser posicionada na lateral ou por cima da via. Equipamentos montados lateralmente permitem o monitoramento de mais de uma faixa de trânsito com uma única antena. Quando instalados por cima da via, conforme mostra a figura 4.2, exigem uma antena para cada faixa de trânsito, o que de acordo com os fabricantes deste tipo de equipamento, garante uma maior precisão (TRB, 2004).

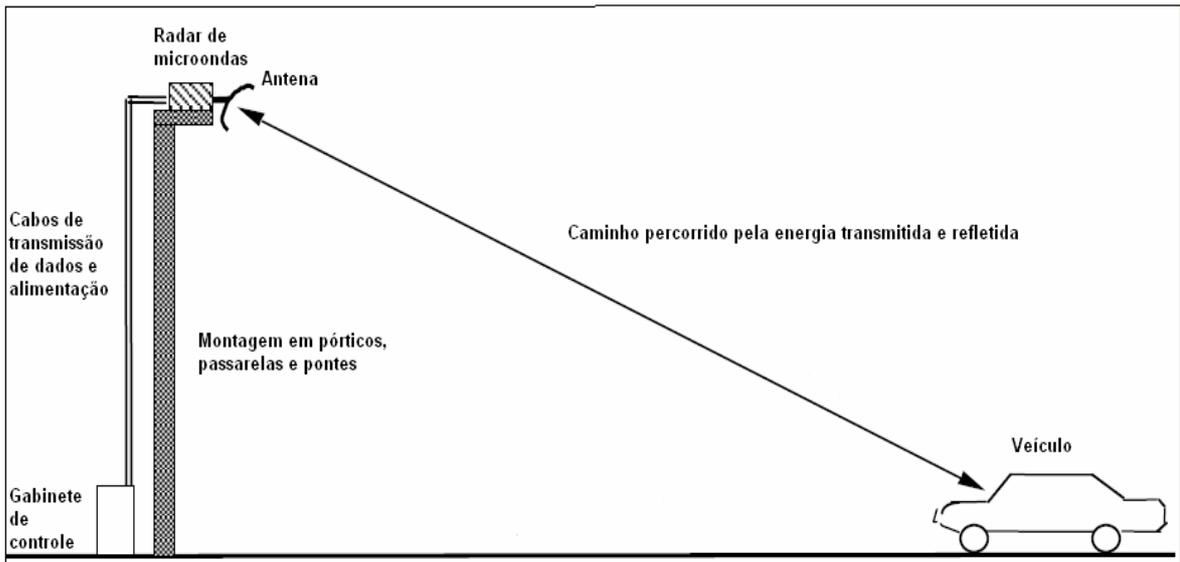


Figura 4.2: Instalação de radar em pórticos, passarelas ou pontes

Há dois tipos de radares usados em aplicações de gerenciamento do tráfego. O primeiro tipo transmite energia eletromagnética a uma frequência constante e mede a velocidade dos veículos usando o princípio do efeito Doppler. Este tipo de detector não pode detectar veículos parados e, portanto, não é adequado para aplicações que requerem a medição da presença do veículo. O segundo tipo de radar microondas transmite uma onda em forma de dente de serra, que varia a frequência transmitida continuamente com o tempo. Isso permite que veículos parados sejam detectados, medindo-se a distância do detector ao veículo e também calcula a velocidade de veículos em movimento medindo o tempo que ele leva para percorrer entre duas marcas que representam distâncias conhecidas para o radar (KLEIN, 1997 apud PEREIRA, 2005).

Quando usados para classificação veicular, somente podem ser empregados em sistemas classificatórios que se baseiam no comprimento dos veículos, já que não detectam eixos.

Prós - Precisão não afetada pelas condições climáticas ou do pavimento, permite o monitoramento de várias faixas com um único equipamento, facilidade de implantação e tecnologia largamente aceita e bastante utilizada;

Contras - Somente medem comprimento e são geralmente menos precisos do que os sensores tradicionais;

#### 4.2.2.3 Ultrassônicos

Estes equipamentos emitem pulsos de energia sonora ultrassônica e medem o tempo gasto até o sinal retornar ao equipamento. Quando esta energia retorna mais rápido do que a energia que retorna devido a reflexão na superfície da via, um veículo está presente. Usando dois feixes, separados por uma distância conhecida, calcula-se a velocidade e o comprimento dos veículos (TRB, 2004).

Prós - Nova tecnologia promissora;

Contras – Mudanças de temperatura, turbulência do ar e alto volume do tráfego podem afetar precisão;

#### 4.2.2.4 Acústicos

Constituídos por um conjunto de microfones apontados para o fluxo do tráfego, atuam de forma passiva, já que “escutam” a energia sonora proveniente da passagem dos veículos, causada, principalmente, pelo contato dos pneus com a superfície da via. Desempenham melhor sua função quando posicionados lateralmente a via, apontando diretamente para o ponto de contato do pneu com a via (TRB, 2004).

Sensores acústicos medem fisicamente as mudanças na energia sonora que emana da via. O aumento dessa energia indica a chegada de um veículo, enquanto seu decréscimo indica sua saída. Usando múltiplas zonas de detecção, é possível estimar a velocidade e o comprimento dos veículos (TRB, 2004).



Figura 4.3: Sensor acústico

Prós - Nova tecnologia;

Contras – Perda de precisão com grandes variações nas velocidades dos veículos;

#### 4.2.2.5 Infravermelho

Assim como os radares, podem ser montados lateralmente ou acima da via. Podem ser de dois tipos: passivo ou ativo.

##### a) Infravermelho passivo

Este tipo de equipamento utiliza um detector de fótons para medir a energia infravermelha emitida pelos objetos situados no campo de visão do detector. Quando um veículo entra na zona de detecção, ele produz uma mudança na energia normalmente medida na superfície da via na ausência de veículos (PEREIRA apud MORAIS, 2005).

Quando o equipamento percebe esta mudança, fica caracterizada a detecção do veículo. Segundo TRB (2004), o monitoramento de dois sensores consecutivos permite a medição da velocidade do veículo e, conseqüentemente, de seu comprimento.

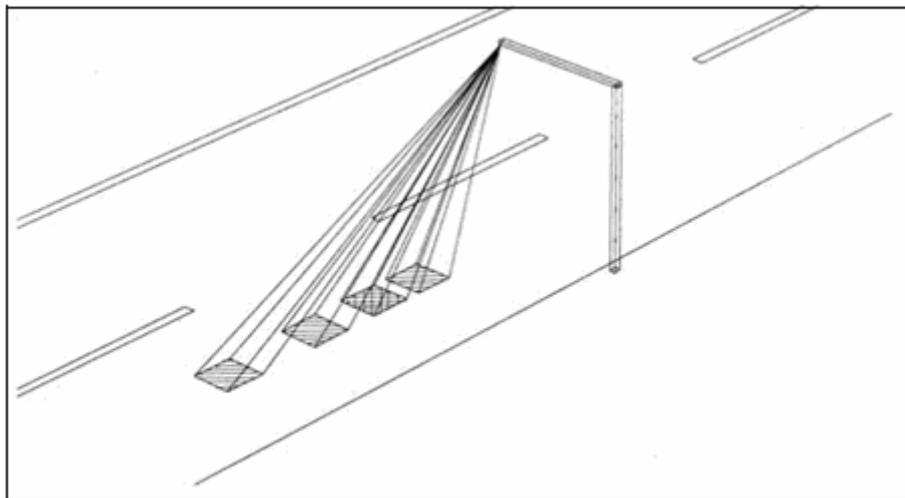


Figura 4.4: Infravermelho passivo

##### b) Infravermelho ativo

Diferentes dos sensores infravermelhos passivos, que não emitem energia, apenas recebem, os sensores ativos transmitem feixes de Laser na direção da via. Ao

atravessar esse feixe, o veículo é detectado, já que parte do sinal é refletida e retorna ao equipamento.

Dividindo o feixe em dois sinais separados e consecutivos provenientes de um único sensor, é possível medir a velocidade e o comprimento dos veículos. Dependendo da forma de instalação, os sensores infravermelhos ativos também são capazes de medir a altura dos veículos (figura 4.4) e assim criar imagens em duas ou três dimensões dos veículos, aumentando a capacidade de classificação veicular destes equipamentos (TRB, 2004).

Prós - Nova tecnologia promissora e permite o monitoramento de várias faixas com um único equipamento;

Contra - Afetada por problemas de visibilidade (neve, nevoeiro, chuva), perda de precisão em monitoramento de múltiplas faixas, necessidade de manutenção regular;

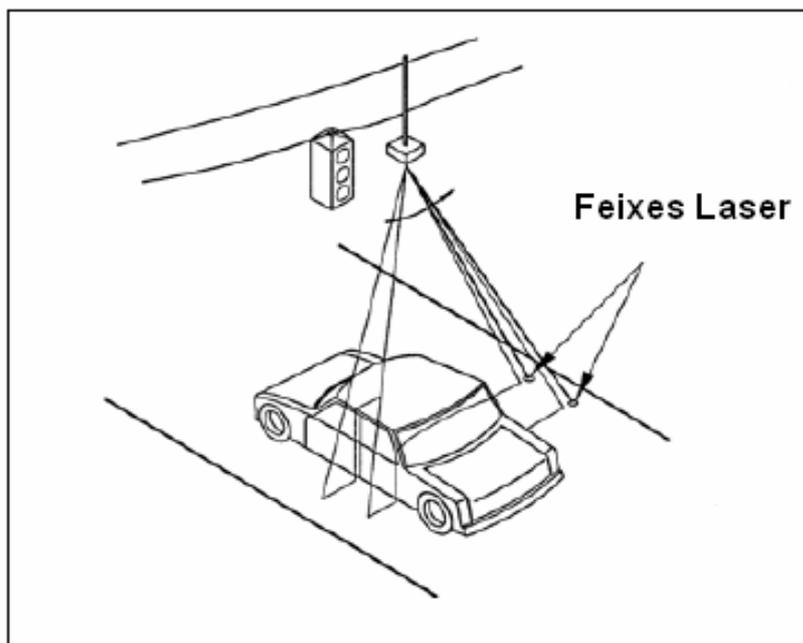


Figura 4.5: Infravermelho ativo

#### 4.2.3 Critérios de escolha do sensor

TRB (2004) cita que a precisão de um sistema classificatório está diretamente relacionada com a qualidade do sistema de sensoriamento do classificador, a correta instalação do sensor, a colocação do sensor em um ambiente adequado aos métodos operacionais próprios de cada tecnologia e o algoritmo usado para processar as

informações provenientes do sensor. Desta forma, um mesmo equipamento pode funcionar perfeitamente em áreas de baixo volume de tráfego e condições ambientais moderadas e precariamente em áreas urbanas de tráfego elevado.

Diversos fatores devem ser considerados no momento de definição do equipamento a ser utilizado, com vistas a aplicações de classificação veicular. Alguns destes fatores são (TRB, 2004):

- Categorias classificatórias de veículos possíveis de serem coletadas;

Dependendo da tecnologia, é possível um maior detalhamento nas categorias classificatórias. Assim, deve-se levar em consideração qual a aplicação dos dados coletados, pois em alguns casos, um número pequeno de categorias já se mostra suficiente.

- O número de faixas simultaneamente monitoradas;

Neste caso, deve-se observar se o sensor é capaz de monitorar mais de uma faixa simultaneamente, e em caso positivo, se os dados fornecidos são de cada faixa individualmente ou de todas as faixas combinadas.

- Os efeitos de determinadas condições ambientais sobre o desempenho do equipamento;

Situações como chuva, neve ou neblina podem afetar negativamente o desempenho de determinadas tecnologias.

- As características da instalação do sensor;

Na maioria dos casos, sensores instalados no próprio pavimento possibilitam uma classificação veicular mais detalhada quando comparados aos sensores instalados acima ou na lateral da via.

- Os custos associados ao equipamento

Neste item, devem ser considerados os valores a serem gastos na compra, operação e manutenção do equipamento, assim como o seu tempo de vida útil.

### 4.3 Aplicações Práticas

As seguintes tarefas em um ITS podem ser subsidiadas por um sistema de classificação de veículos (FHWA-PL-01-021, 2001 apud CALIXTO, 2006):

- Planejar o sistema viário, conhecer o tráfego local e estabelecer uma classificação do sistema rodoviário;
- Avaliar o programa de ocupação e uso do solo de acordo com o volume de veículos;
- Estimar a emissão de poluentes nas vias;
- Identificar necessidades e prioridades de melhorias na malha viária;
- Verificar mudanças de perfil do tráfego em épocas distintas (sazonalidade);
- Obter a série histórica de volume de trânsito de vias urbanas e rodovias para estabelecer projeções de tráfego futuro;
- Estimativas do tempo de deteriorização do pavimento;
- Estudos de localização de postos de policiamento, de pesagem e socorro médico emergencial;
- Localizar e projetar pontos de instalações para as operações de monitoramento e fiscalização;
- Estimar arrecadação em rodovias tarifadas, que possuem taxas variáveis para as diversas categorias de frotas;
- Fiscalizar vias que permitam o tráfego de categorias exclusivas;
- Fiscalizar categorias de veículos distintas em faixas de velocidades distintas.

Seguem alguns exemplos práticos da utilização da CAV:

#### a) Deteriorização do pavimento

O excesso de peso dos veículos causa prejuízos à pavimentação da via, devido às forças exercidas pelos diferentes tipos de eixos e pneus no asfalto. Esta deteriorização vai se acumulando com o fluxo de tráfego e quando atinge certo patamar, considera-se que o pavimento atingiu o final do seu tempo de vida útil. Para efeito de dimensionamento do pavimento deve-se levar em consideração a ação conjunta de todos os veículos que irão trafegar sobre o pavimento recorrendo a um estudo estatístico de tráfego do local.

A análise do fluxo de tráfego permite estimar e quantificar toda a carga que este pavimento sofrerá ao longo de tempo. Geralmente, o parâmetro utilizado para esta quantificação é o “Fator de Equivalência de Cargas”, que converte a carga exercida

pelos eixos de diversas magnitudes e repetições em uma carga padrão. Baseado neste fator claramente se percebe que os veículos mais pesados, tais como ônibus e caminhões, são os principais responsáveis por esta deteriorização.

Nos Estados Unidos, por exemplo, os caminhões representam 38,4% da frota, enquanto os ônibus representam 0,3%. Subdividindo estes caminhões em leves, médios e pesados, constata-se que os caminhões pesados, constituem apenas cerca de 0,6% de toda frota automotiva norte americana. No entanto, esses caminhões pesados fazem várias viagens e, normalmente, trafegam, em média, por mais quilômetros do que os demais veículos. Por exemplo, um típico veículo de passeio pode viajar entre 5.000 e 15.000 milhas/ano, enquanto um caminhão pesado típico pode viajar de 30.000 a 80.000 milhas/ano (WSDOT, 2005).

O Departamento de Transportes do Estado de Nevada, nos Estados Unidos, realiza a classificação automática de veículos através de equipamentos capazes de contar do número de eixos dos veículos e seus espaçamentos, visando determinar a percentagem de caminhões e a distribuição dos diferentes tipos de caminhões nos fluxos de tráfego nas vias do Estado de Nevada. Essas informações são utilizadas pelo órgão para elaborar tabelas de milhas percorridas por tipo de veículo e estimar o fator de equivalência de cargas, obtendo parâmetros importantes para a avaliação da espessura do pavimento das vias e as suas necessidades de manutenção. Erros grosseiros nessa estimativa levam ao desperdício de recursos financeiros (NDOT, 2001).

#### b) Pedágios

As tarifas de pedágio pagas pelos motoristas possuem valores monetários variados em função das diferentes classes de veículos, já que o desgaste causado e o suporte necessário variam de acordo com o tipo de veículo. Em muitos casos, a determinação da classe do veículo é realizada visualmente pelo operador do pedágio. Em uma transação fraudulenta, este operador pode intencionalmente classificar o veículo erroneamente. Assim, a consistência e a exatidão da classificação são cruciais para as receitas geradas pelo sistema de pedágio. Segundo PREVEDOUROS (2001), as fraudes nos sistemas de pedágio podem ser reduzidas para menos de 1% com o uso da CAV, apoiando os operadores do sistema na tarifação correta dos veículos e, se necessário, coletando dados para auxiliar na captação de operadores desonestos.

Dois tipos de CAV são utilizados em sistemas de pedágio: pré-classificação e pós-classificação. Na pré-classificação, o veículo é classificado automaticamente antes de

chegar ao local de pagamento, que pode ser uma cabine, uma máquina de moedas ou um leitor de cartão. Já na pós-classificação, a classe é determinada após o veículo deixar o local de pagamento. A figura 4.6 mostra um sistema de pré-classificação utilizado em duas praças de pedágios na Grécia (PREVEDOUROS, 2001).

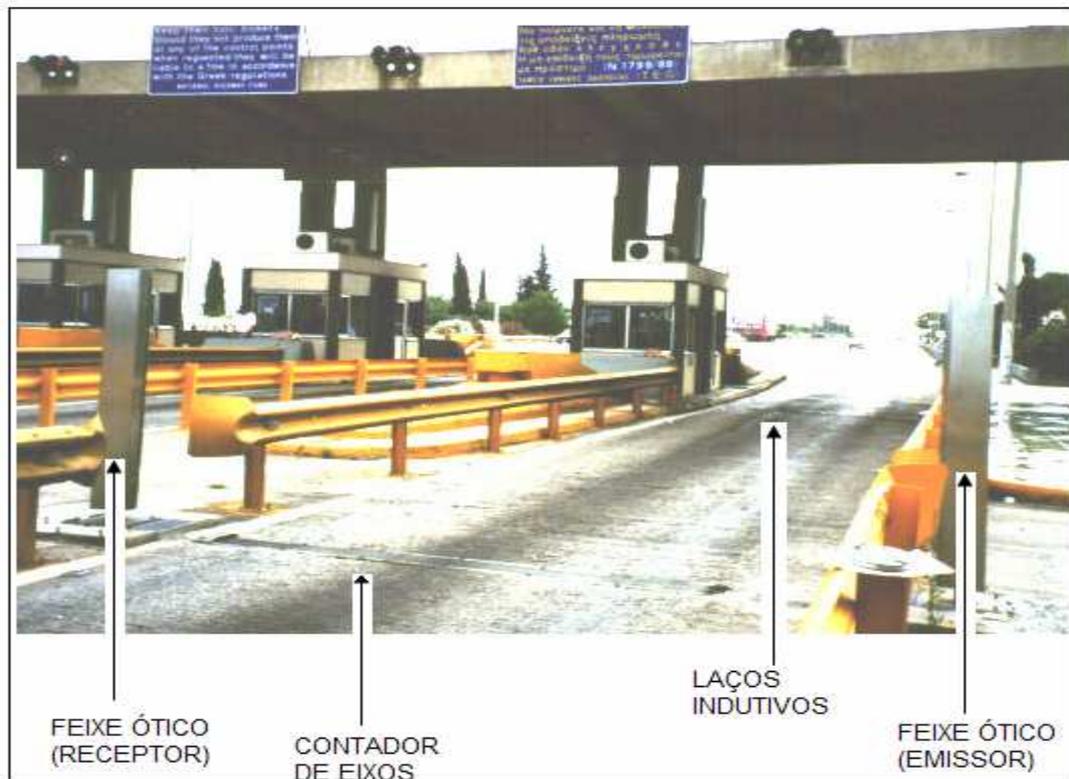


Figura 4.6: Praça de pedágio na Grécia com função CAV instalada

#### c) Gerenciamento do tráfego urbano

Na cidade de Aberdeen, na Escócia, a implantação de um sistema de gerenciamento do tráfego urbano, voltado à priorização dos transportes públicos, resultou na diminuição do tempo de viagens dos ônibus, que passaram a completar suas rotas antes do previsto. Experiências iguais ocorreram em outras cidades do Reino Unido, permitindo a priorização dos veículos de serviço público nos semáforos. A detecção de um veículo e a sua classificação em ônibus faz com que o semáforo a sua frente passe para a fase verde, liberando sua passagem e evitando as piores conseqüências das ruas congestionadas (IDRIS, 2005).

#### 4.4 Síntese

O uso de equipamentos eletrônicos dotados com a função de Classificação Automática de Veículos permite aos gestores do tráfego classificar os veículos que

trafegam por determinado trecho viário em categorias pré-definidas. A escolha das categorias nas quais os veículos serão enquadrados depende da aplicação específica desses dados.

Para realizar a classificação, os instrumentos identificam, com o auxílio de sensores posicionados estrategicamente na via, uma ou mais características particulares de cada veículo, tais como o seu comprimento ou seu número de eixos. A revisão bibliográfica mostra que existem diversos tipos de sensores disponíveis no mercado e que cada tecnologia possui desvantagens e vantagens, devendo ser analisado qual melhor se adéqua ao propósito desejado.

Um sistema de Classificação Automática de Veículos permite diversas aplicações, dentre as quais o monitoramento de vias com limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo. Considerando que esta dissertação objetiva estabelecer critérios e procedimentos que permitam avaliar os instrumentos eletrônicos que fiscalizam vias com essa característica, serão dadas explicações mais detalhadas, no capítulo 5, a respeito do uso associado da Fiscalização Eletrônica de Velocidade com a Classificação Automática de Veículos.

## **5. CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE VEÍCULOS ASSOCIADA À FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE**

### **5.1 Introdução**

Quando a função de Classificação Automática de Veículos é agregada a um FEV, é gerado um instrumento capaz de, simultaneamente, medir a velocidade do veículo e informar o seu tipo. Do ponto de vista estatístico, essas duas informações fornecem aos gestores do tráfego de uma determinada via um panorama do comportamento de cada tipo de veículo e seu perfil de velocidade, permitindo, a partir de um planejamento adequado, ações mais específicas e eficientes voltadas para a segurança do trânsito. Segundo PERKONS (2010), o Brasil possui mais de 8 mil Fiscalizadores Eletrônicos de Velocidade instalados. Fica evidente que a capacitação desses FEV's com a função de classificação automática de veículos, permitirá a extração de um grande volume de dados que, corretamente geridos, possuem potencial para auxiliar na redução dos acidentes de trânsito.

Além disso, a associação destas duas funções permite a aplicação de uma ação mais efetiva e direta do ponto de vista da segurança do trânsito que é o monitoramento de vias com limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo. Desta forma, torna-se possível, em nome da segurança do trânsito, distinguir o limite de velocidade de carros de passeio e caminhões, por exemplo, e impor o respeito a estes respectivos limites através da fiscalização eletrônica. Neste caso, a caracterização da infração por excesso de velocidade feita pelo equipamento exige que ele, junto com a medição de velocidade, faça a correta identificação do tipo de veículo.

### **5.2 Limite de Velocidade Diferenciado por Tipo de Veículo**

Definir apropriadamente o limite de velocidade de um determinado local contribui sensivelmente para o aumento da segurança do trânsito. Na maioria dos países, a definição dos limites de velocidade gerais para os diferentes tipos de vias compete ao governo nacional, através da legislação pertinente. Geralmente, esta legislação permite que as autoridades de trânsitos regionais estabeleçam limites diferentes daqueles ali estabelecidos, para atender situações locais e específicas.

Uma dessas situações diz respeito aos diferentes tipos de veículos existentes. Ao se comparar veículos leves e pesados que trafeguem na mesma velocidade, constata-se que os veículos pesados necessitam de distâncias maiores para conseguir parar

plenamente o veículo, devido às diferenças no tamanho, no sistema de frenagem e na estabilidade deste tipo de veículo em relação aos veículos leves. Desta forma, observa-se que determinados locais aplicam limites de velocidade de acordo com o tipo do veículo, diferenciando veículos leves (grupo formado principalmente por carros de passeio e motos) e veículos pesados (grupo formado principalmente por ônibus e caminhões). As justificativas para esta diferenciação seguem os princípios da segurança do trânsito e são possíveis de serem observadas tanto do ponto de vista teórico quanto prático.

Conforme já mencionado no capítulo 2, a energia cinética de um veículo no momento da colisão tem influência direta na gravidade do acidente. Pela fórmula da energia cinética percebe-se facilmente que quanto maior for a massa desse veículo, como no caso dos ônibus e caminhões, maior será também a sua energia cinética. Como no momento do impacto, esta energia precisa ser dissipada, aumenta-se a probabilidade de ferir gravemente os envolvidos no acidente. Para compensar este aumento na massa dos veículos pesados, torna-se necessário reduzir suas velocidades. Sob esse aspecto, limites de velocidade inferiores para veículos pesados buscam a redução desta energia cinética.

Baseado nestes princípios, diversos países adotaram limites de velocidade diferenciados por tipo de veículo. O país que mais se dedica a estudar os impactos e efeitos do limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo na segurança do trânsito são os Estados Unidos. Onze estados norte americanos fazem algum tipo de diferenciação no limite de velocidade entre automóveis e caminhões em rodovias interestaduais rurais: Arkansas, California, Idaho, Illinois, Indiana, Michigan, Montana, Ohio, Oregon, Texas e Washington, sendo que o Texas ainda aplica esta diferenciação em outros tipos de vias (NCSL, 2007).

Um estudo realizado em 2004 pela Federal Highway Administration (FHWA) comparou as velocidades médias dos veículos e a taxa de acidentes em estados com e sem o limite de velocidade diferenciado. A conclusão deste estudo não conseguiu evidenciar os efeitos na segurança do trânsito do limite de velocidade diferenciado. As conclusões mais significativas mostraram que estados com limite de velocidade diferenciado possuíam uma índice 26% maior de colisões de automóveis na traseira de caminhões quando comparados com estados com limite de velocidade uniforme. Em contrapartida, estados com limites de velocidade diferenciados possuíam índices menores de colisões de caminhões na traseira de automóveis (57%), colisões laterais

(41%) e outros tipos de colisões (103%) quando comparados a estados com limite de velocidade uniforme. As taxas de acidentes tiveram uma tendência de crescimento durante o período de 10 anos do estudo, independentemente se o estado possuía um limite de velocidade diferenciado ou uniforme (McCARTHY, 2005).

Na Alemanha, os caminhões, ônibus e automóveis puxando trailers são limitados a 80 km/h nas Autobahns, enquanto aos automóveis recomenda-se um limite de 130 km/h. Este procedimento é comum em toda a Europa, conforme mostra a tabela 5.1, com limites que variam, geralmente, para caminhões e outros veículos pesados, entre 80 e 90 Km/h, e para automóveis, entre 120 e 130 km/h (McCARTHY, 2005).

**Tabela 5.1 Limites de velocidade das vias expressas européias**

País	Caminhões (km/h)	Carros (km/h)
<b>Bélgica</b>	90	90 / 120
<b>Dinamarca</b>	80	110
<b>Finlândia</b>	80	120
<b>França</b>	90	130
<b>Alemanha</b>	80	130 (recomendado)
<b>Grécia</b>	> 5t: 90 + trailer: 70	120
<b>Holanda</b>	80	100 / 120
<b>Irlanda</b>	80	100 / 120
<b>Itália</b>	3.5t – 12t: 100 >12t ou + trailer: 80	130
<b>Polônia</b>	80	130
<b>Portugal</b>	Até 3.5t: 110 > 3.5t: 90 + trailer: 80	120
<b>Espanha</b>	90	120
<b>Suécia</b>	80	110
<b>Reino Unido</b>	< 7.5t: 113 + trailer: 97 + 2 trailers 64	97 /113

Fonte: MAN TRUCKER'S WORLD (2010)

No Brasil, também é comum a aplicação do limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo em diversas rodovias. Conforme definido no CTB, fica a critério do órgão de trânsito com jurisdição sobre a via definir se a diferenciação é aplicável, bem como os limites de velocidade para cada categoria, informando tais fatos aos motoristas através de sinalização própria (figura 5.1). Basicamente, esta diferenciação abrange os veículos pesados, tais como caminhões e ônibus, e os veículos leves, tais como automóveis e motocicletas.



Figura 5.1: Sinalização na Rodovia RJ 124

Quando a fiscalização eletrônica de velocidade é utilizada nas rodovias em que o limite de velocidade é diferenciado, como forma de forçar a obediência aos limites impostos, o FEV não pode se limitar a medir a velocidade do veículo. Neste caso, é preciso classificá-lo no momento de sua passagem pelo instrumento, pois esta classificação determinará, juntamente com a velocidade medida, se o veículo cometeu alguma infração por excesso de velocidade. As três tecnologias mais utilizadas para a medição de velocidade dos veículos (radares, sensores óticos e os laços indutivos) permitem algum tipo de classificação veicular. Considerando que no Brasil, o sistema de fiscalização é composto majoritariamente por instrumentos de laços indutivos, essa dissertação dará enfoque, em função de sua predominância, à classificação veicular realizada pelos mesmos, que é baseada na medição do comprimento dos veículos.

### 5.3 Medição de Comprimento dos Veículos Através dos Laços Indutivos

A velocidade de um corpo em movimento é obtida através da seguinte fórmula:

$$V = D / T$$

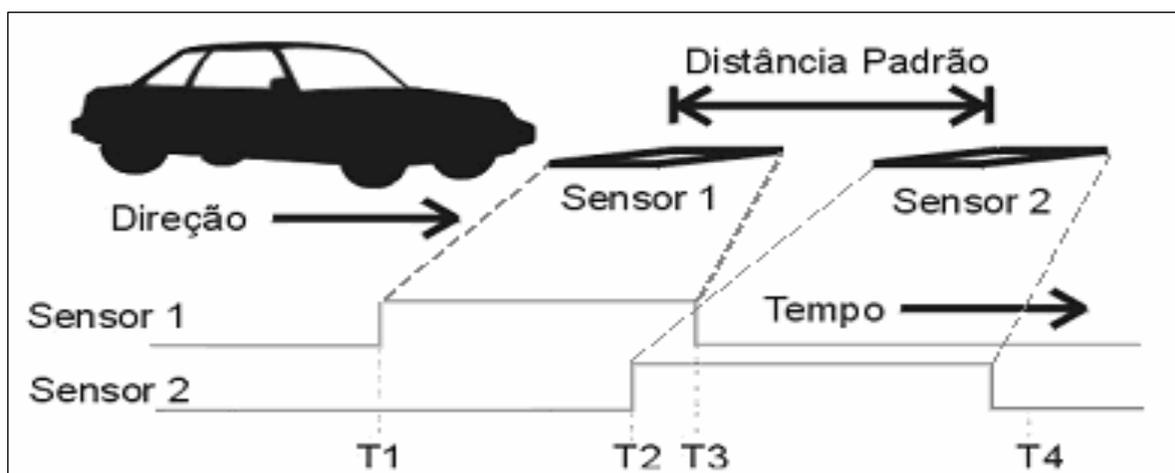
Onde:

V: Velocidade, [m/s];

D = Distância, [m];

T = Tempo, [s].

Nos instrumentos de laços indutivos, o cálculo da velocidade é realizado através da medição do tempo entre o acionamento (detecção de presença) do primeiro sensor (T1) e do segundo sensor (T2), conforme representados na figura 5.2. Para as explicações do método de medição de comprimento, este será o tempo  $T_{12}$ . Assim, o cálculo da velocidade se resume à medição do parâmetro tempo, já que a distância entre os sensores é fixa.



Fonte: SIQUEIRA, 2006

Figura 5.2 Medição de velocidade usando laços indutivos

Uma vez obtida a velocidade, o cálculo do comprimento (X) do veículo passa pela determinação do tempo em que o veículo iniciou o acionamento de um dos sensores (T1) e finalização deste acionamento (T3). Este tempo será chamado de  $T_{13}$ , sendo bem diferente do tempo  $T_{12}$ , já que este é medido entre os sensores e o tempo  $T_{13}$  é medido enquanto o veículo está sobre o sensor. O comprimento obtido deve ser subtraído da dimensão do laço na direção longitudinal da pista (h), pois durante o tempo de acionamento do sensor o veículo percorre uma distância equivalente à soma do seu comprimento e da dimensão do laço na direção longitudinal da pista (ANDREOTTI, 2001 apud SIMONI, 2008). Assim, o comprimento do veículo é dado pela fórmula:

$$X = (V \cdot T_{13}) - h.$$

Onde:

X: Comprimento do veículo, [m];

V: Velocidade, [m/s];

$T_{13}$ : Tempo de ativação do sensor, [s];

h: Largura do laço indutivo, [m];

A figura 5.3 ilustra o processo de medição do comprimento de um veículo através dos laços indutivos.

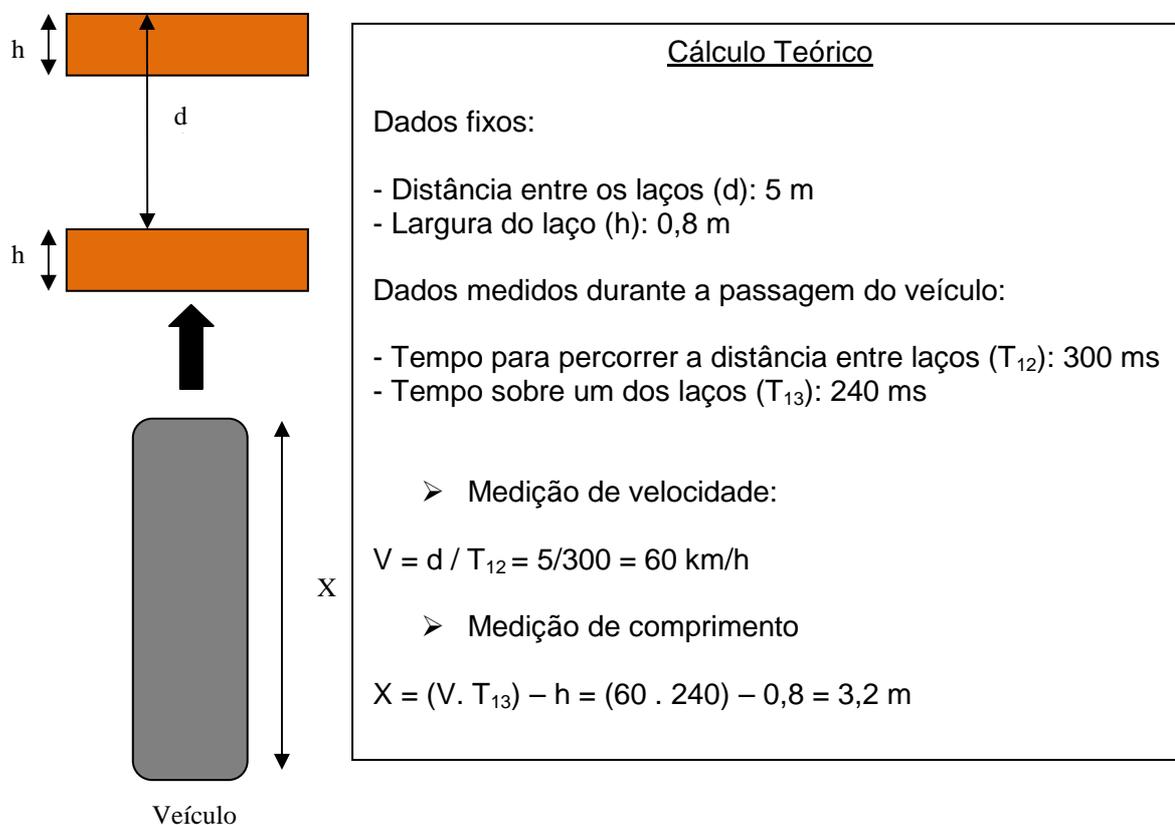


Figura 5.3 Medição de comprimento de veículos usando laços indutivos

Esta etapa por si só deveria ser suficiente para o cálculo do tamanho do veículo. Porém, é preciso levar em conta outros fatores. Primeiro, ao se medir qualquer grandeza cometem-se erros, que resultam em uma diferença entre o resultado da medição e o verdadeiro valor desta grandeza. No caso de um instrumento medidor de velocidade que utiliza laços indutivos, estes erros afetam a medição dos tempos  $T_{12}$  e  $T_{13}$ , afetando conseqüentemente o cálculo da velocidade e do comprimento do veículo.

Se considerarmos que a velocidade real de um veículo é de 60 km/h, o tempo  $T_{12}$  medido por um instrumento com distância entre laços de 5 m deve ser 300 ms (figura 5.3). Caso, na prática, essa medição forneça para o tempo  $T_{12}$  um valor de 290 ms (erro de 10 ms), o cálculo final da velocidade resultará em 62,1 km/h (erro de 2,1 km/h). Isso será suficiente para que o cálculo do comprimento também saia errado, já que este erro no cálculo da velocidade será propagado. Porém, é preciso considerar

que o tempo  $T_{13}$  também é medido e pode conter erros. No caso acima, para um comprimento real de 3,2 m, o tempo  $T_{13}$  deve ser de 240 ms. Supondo o erro de  $T_{13}$  com o mesmo valor e tendência de  $T_{12}$ , ou seja, um erro negativo de 10 ms, o tempo  $T_{13}$  medido será de 230 ms. Com estes valores, o comprimento calculado é de 3,17 m. Considerando que para o cálculo do comprimento, a velocidade e o tempo  $T_{13}$  se multiplicam, e que, em função dos erros, um aumenta e outro diminui, há uma compensação no erro gerado no cálculo final do comprimento, que neste caso é relativamente baixo, de apenas 3 cm. Para um erro positivo de 10 ms ( $T_{13}$  igual a 250 ms), o erro no comprimento é superior a 30 cm.

Outros fatores contribuem para dificultar uma melhor precisão na medição de comprimento dos veículos efetuada pelos instrumentos de laços indutivos. O primeiro deles é o fato deste comprimento medido se referir somente ao comprimento das partes magnéticas do veículo, ou seja, não são detectadas, por exemplo, extensões de carrocerias de madeira após o término do chassi, já que apenas as partes metálicas conseguem ser detectadas (SIMONI, 2008).

Além disso, existem problemas inerentes ao modo como os campos magnéticos dos sensores indutivos reagem a cada massa metálica. O principal deles é que os sensores, por melhor que sejam construídos, nunca reagem da mesma forma que o seu par, considerando o mesmo veículo. Muitas vezes, o tempo de permanência sobre o primeiro sensor é diferente do tempo sobre o segundo sensor, mesmo considerando-se tratar de um mesmo veículo a uma mesma velocidade na passagem sobre os sensores. Uma diferença significativa entre esses valores compromete o cálculo do comprimento do veículo.

Em certas situações, a própria configuração do tráfego dificulta o correto processamento do comprimento dos veículos. As principais são: motos trafegando ao lado de veículos, veículos com vários eixos de rodas, veículos com reboque, caminhões com várias carretas acopladas a um só cavalo (conhecidos como “trem-minhão”) ou com cavalo sem carreta acoplada.

Existe ainda um fator complicador específico nos caso da maioria dos caminhões, que é o prolongamento da carroceria ao final do veículo, após seu último eixo, acima da altura dos campos magnéticos dos sensores indutivos, e, portanto, não detectado como massa metálica. Desta forma, além da etapa de cálculo já apresentada, tornam-se necessárias outras, visando um aumento na precisão da classificação.

Testes práticos realizados em janeiro de 2009 pela empresa Atlanta Tecnologia de Informação Ltda, desenvolvedora do instrumento medidor de velocidade SMS 1.0, aprovado pelo Inmetro através da Portaria n.º 118, de 27 de outubro de 1999 (INMETRO, 1999), mostram a dificuldade em se obter altos índices de acerto na classificação automática de veículos executando-se apenas o cálculo do comprimento do veículo. Para os testes, foram utilizados três equipamentos, instalados em diferentes pontos da Rodovia Presidente Dutra, mais conhecida como Via Dutra, rodovia de elevada importância por efetuar a ligação entre as principais metrópoles brasileiras, Rio de Janeiro e São Paulo.

Para a obtenção do comprimento real dos veículos, dois procedimentos foram adotados: para os carros de passeio foi montada uma planilha com o comprimento dos principais veículos, retirados das especificações técnicas de cada modelo nos sites de diversos fabricantes.

Já para os ônibus e caminhões isto não era possível, em função do comprimento variável das diferentes carrocerias. Assim, em uma parede lateral da via foi construída uma escala de 25 m com divisão de 1 m, criando-se uma espécie de “régua gigante”. Todos os veículos tiveram sua imagem capturada perpendicularmente à via, fazendo com que os veículos aparecessem de lado na imagem, com a escala no fundo, o que permitiu aos responsáveis pela análise das imagens, estimarem o comprimento dos veículos.

Assim, para cada imagem registrada, eram gerados dois valores: um informando o comprimento do veículo medido pelo instrumento e o outro o comprimento considerado real para aquele respectivo veículo. Para cada um destes valores, os veículos eram classificados de acordo com as seis classes adotadas pela Agência Nacional de Transportes Terrestres e pela Nova Dutra, concessionária responsável pela Via Dutra:  **$C1 \leq 5 m > C2 \leq 10 m > C3 \leq 15 m > C4 \leq 20 m > C5 \leq 25 m > C6$** .

Caso as classes correspondentes a ambos os valores fossem iguais, a imagem era considerada aprovada. Caso contrário, era reprovada. Para cada um dos três locais avaliados, os seguintes resultados foram obtidos:

- Equipamento Atlanta AT-SMS00296
  - Local: BR 116 - ROD. PRES. DUTRA KM 130 + 500 - CAÇAPAVA - SP

Imagens analisadas:	9200
Imagens reprovadas:	2340
Imagens aprovadas:	6860
Índice de aprovação:	<b>74,57%</b>

- Equipamento Atlanta AT-SMS00328
  - Local: BR 116 - ROD. PRES. DUTRA KM 224 + 350 - GUARULHOS - SP

Imagens analisadas:	4750
Imagens reprovadas:	1030
Imagens aprovadas:	3720
Índice de aprovação:	<b>78,32%</b>

- Equipamento Atlanta AT-SMS00329
  - Local: BR 116 - ROD. PRES. DUTRA KM 224 + 350 - GUARULHOS – SP  
(sentido inverso ao SMS00328)

Imagens analisadas:	1980
Imagens reprovadas:	1390
Imagens aprovadas:	590
Índice de aprovação:	<b>29,80%</b>

Mesmo considerando o índice de aprovação extremamente baixo deste último local um caso a parte, já que, segundo a empresa, o mesmo apresenta congestionamentos diários, gerando um problema de fluxo parado sobre os sensores, os índices de

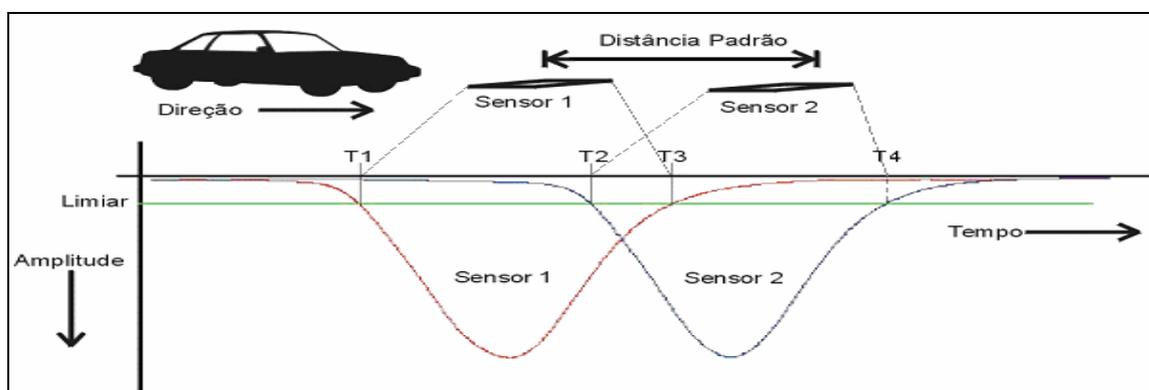
aprovação dos demais locais não conseguem ser superior a 80%, o que dificulta o uso destas informações, até mesmo para dados estatísticos.

Fica evidente que a adoção do comprimento como forma de classificar os veículos e a sua medição utilizando laços indutivos possui aspectos positivos e negativos. De positivo, o aproveitamento de toda a estrutura já utilizada para a medição de velocidade, altamente baseada nos laços indutivos, a simplicidade na metodologia do cálculo e o baixo custo atrelado a este tipo de tecnologia. De negativo, a falta de padronização nos valores de comprimento para classificação dos diferentes tipos de veículos, a necessidade de processamentos mais avançados para obtenção de alta precisão e a falta de legislação com critérios mais específicos para esta aplicação.

#### 5.4 Perfil Magnético

Conforme explicado no Capítulo 3, a passagem de um veículo pela área de influência de um laço indutivo gera uma alteração nas características do conjunto sensor-veículo, permitindo a detecção de sua presença. Esta detecção pode ocorrer de forma binária ou analógica

Na forma binária, a detecção de um veículo ocorre quando a variação do campo eletromagnético ultrapassa determinado limiar. A linha de limiar, observada na figura 5.4, representa a variação necessária do sinal para a detecção de um veículo. Este princípio é utilizado nos sistemas binários. Quando a variação ultrapassa o limiar, é informada a presença do veículo. Quando o sinal retorna abaixo do limiar, é informada a saída do veículo (CALIXTO, 2006).



Fonte: CALIXTO (2006)

Figura 5.4 Perfis magnéticos gerados por um veículo nos laços indutivos

Nos sistemas que verificam a presença de veículos de forma analógica, a variação do sinal é quantificada e armazenada ao longo do tempo. Assim, sabe-se a intensidade do sinal causada por diferentes veículos e diferentes partes de um mesmo veículo

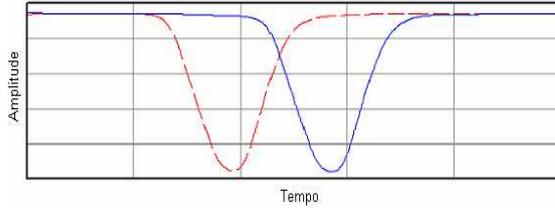
As curvas da figura 5.4 representam a variação analógica gerada pelo veículo nos dois sensores indutivos, e são chamadas de perfil magnético ou assinatura magnética. O eixo das ordenadas representa a variação da indutância do conjunto sensor-veículo e o eixo das abscissas representa o tempo em milésimos de segundos (CALIXTO, 2006).

A variação da indutância é diretamente proporcional à área metálica sobre o sensor, e inversamente proporcional à distância desta área em relação ao sensor (GOODRIDGE, 2003 apud SIMONI, 2008). O assoalho dos veículos de passeio tem uma grande influência na variação de indutância do sensor, e como sua área de abrangência se estende por praticamente todo o veículo, o perfil magnético resultante é praticamente simétrico (figura 5.5a).

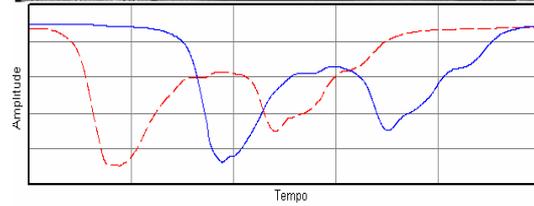
Já nos veículos que não possuem assoalho metálico em sua parte inferior, como os caminhões e as carretas, os componentes metálicos distribuídos ao longo de seus comprimentos produzem variações pontuais (figuras 5.5c e 5.5d), que podem ser observadas na forma de picos no perfil magnético (SIMONI, 2008).

O uso desta ferramenta traz vantagens exatamente nas duas questões avaliadas por esta dissertação: a medição de velocidade e a classificação dos veículos. Conforme mostra a Figura 5.4, a passagem do veículo pelos sensores gera curvas defasadas no tempo. Esta defasagem representa o tempo gasto pelo veículo para percorrer a distância entre os sensores. Se as curvas forem deslocadas de forma que fiquem sobrepostas, o deslocamento total para que ocorra esta sobreposição será equivalente ao tempo de trajeto do veículo. Um algoritmo de correlação pode ser utilizado para encontrar o ponto de melhor sobreposição das curvas (SMITH, 1999 apud SIMONI, 2008).

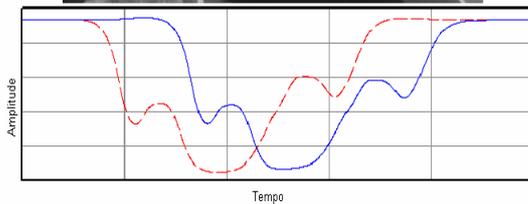
a)



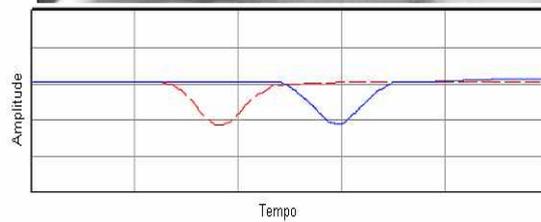
b)



c)



d)



Fonte: SIQUEIRA (2006)

Figura 5.5: Foto e perfil magnético de: a) automóvel; b) caminhão; c) ônibus; d) moto

## 5.5 Estudos Realizados

A análise do perfil magnético vem sendo utilizado já há algumas décadas como uma importante ferramenta para gestão do trânsito. BOHNKE e PFANNERSTILL (1986) propuseram sua aplicação na reidentificação de seqüências de veículos. SUN *et al.* (1998) apresentaram um sistema para medição de tempos de viagem e densidade usando perfil magnético. Para a aplicação específica de classificação veicular, alguns estudos internacionais foram publicados mostrando a viabilidade da utilização do perfil magnético.

- GAJDA e SROKA (2000)
  - Categorias classificatórias: carro, trailer, ônibus urbano, ônibus articulado;
  - Índice de acerto: 77% a 95%
  
- GAJDA e STENCEL (1997)
  - Categorias classificatórias: carro, trailer, caminhão, ônibus urbano, ônibus articulado;
  - Índice de acerto: 71% a 95%
  
- ANDREOTTI (2001)
  - Categorias classificatórias: carro, carreta, caminhão furgão, camionete, furgão, ônibus, moto;
  - Índice de acerto: 97,5%.
  
- SUN *et al.* (2000)
  - Categorias classificatórias: carro, utilitário, camionete, limusine, ônibus, caminhão de 2 eixos, caminhão com mais de 2 eixos;
  - Índice de acerto: 84% a 91

É preciso levar em consideração que cada estudo utilizou técnicas de processamento dos dados e categorias classificatórias diferentes, escolhidas com a função de resolver situações específicas propostas pelos autores.

### **5.5.1 Pesquisa nacional**

O Núcleo de Transportes – NUCLETRANS, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, desenvolveu um programa para análise e reconhecimento da assinatura de cada veículo, com a aplicação de técnicas modernas de processamento de sinais, como a transformada rápida de Fourier (FFT).

Segundo BARBOSA *et al.* (2004), a vantagem no uso da FFT é que este método permite a transformação de sinais complexos em apenas poucos termos, simplificando a tarefa de comparação de dados. Mesmo para veículos idênticos, as assinaturas nunca são exatamente iguais uma das outras. Porém, a classificação correta do veículo fica facilitada, já que as curvas geradas precisam ser apenas parecidas para gerarem transformadas idênticas. Os resultados obtidos indicam que o

uso da FFT para identificação do veículo demonstrou ser eficaz para os fins propostos.

A Empresa Perkons S.A. (CALIXTO, 2006) desenvolveu um sistema para classificação de veículos através de lógica fuzzy. A primeira etapa consistiu na coleta, em diferentes locais e condições de fluxo, de mais de vinte mil conjuntos de perfis magnéticos e imagens dos veículos, gerando um banco de dados e a posterior criação de categorias conforme semelhança percebida nos diversos padrões de perfis magnéticos. Baseado em regras fuzzy, o sinal gerado pelo veículo é tratado, classificando-o de acordo com as categorias pré-definidas. Visando atender aos conceitos estabelecidos no CTB e às necessidades comerciais, as categorias escolhidas foram: automóvel, moto, ônibus e caminhão. Para validação do sistema foram analisados 9327 veículos.

A tabela 5.2 apresenta os resultados finais. A taxa de acerto é a quantidade total de veículos classificados corretamente em relação ao total de veículos daquela classe. A taxa de alarme falso são aqueles veículos que não deveriam ter sido classificados em determinada classe, mas o foram. Esse índice é medido em relação ao total de veículos de todas as classes. A taxa de não detecção é a quantidade de veículos que deveriam ter sido classificados em determinada classe e foram classificados em outra qualquer.

Nos percentuais totais, a diferença entre a quantidade de não detecção e alarme falso é sutil. Isso se deve a veículos classificados como indefinidos. Eles são considerados para o cálculo de não detecção, pois deixou de contar veículos nas categorias para serem computados com esse status. Porém para o caso de alarme falso eles não são considerados, pois não agregam quantidade falsa a nenhuma categoria.

**Tabela 5.2 Resultados percentuais obtidos pelo instrumento - empresa Perkons**

	Automóvel	Moto	Ônibus	Caminhão	Total
Taxa de Acerto	99,46%	99,56%	96,71%	95,95%	98,71%
Taxa de Alarme Falso	0,49%	0,02%	0,22%	0,39%	1,15%
Taxa de Não Detecção	0,54%	0,43%	3,29%	4,05%	1,29%

Fonte: CALIXTO (2006)

A empresa Atlanta, pertencente ao ramo de fiscalização eletrônica de velocidade, também realiza a classificação veicular através da análise do perfil magnético. No sistema adotado pela empresa, a medição do comprimento do veículo, apresentada no item 5.1, é apenas a primeira etapa do processo de classificação. Após esta fase, a curva do perfil magnético, criada pela perturbação causada pela massa metálica no campo magnético do sensor, é normalizada em relação ao tempo e a velocidade, sendo gerado um valor numérico que funciona como um código magnético do veículo.

De acordo com números fictícios apresentados pela empresa, as motos possuem um código magnético que varia entre 200 e 600, os carros de passeio entre 700 e 1100, os caminhões entre 900 e 1800, enquanto códigos acima de 2000 são erros provenientes de sensores com defeito, tráfego parado sobre os sensores ou motos ao lado de veículos.

Pelo exposto, fica evidente que o grande problema ocorre quando o código magnético se posiciona entre 900, que é o mínimo para ônibus e caminhão, e 1100 que é o máximo para automóvel. Nesta faixa, se enquadram pequenos caminhões baús e micro-ônibus com a massa metálica alta e mais distante do pavimento que se confundem com grandes camionetes utilitárias, que são veículos muito longos com a massa metálica muito próxima ao pavimento. Para minimizar este problema, a empresa ainda aplica mais um procedimento, antes de finalizar a classificação.

Esta etapa final baseia-se puramente em estatística dinâmica, ou seja, no aprendizado do fluxo pelo próprio equipamento. Assim, nesta etapa, é executado um filtro baseado em rede neural que aprende com o tempo. Quanto mais tempo o equipamento está trabalhando naquele local, mais ele aprende sobre o fluxo da via e faz a última correção na medida do tamanho baseado na tendência do local. Ao final da primeira etapa, comparando-se os dados reais com as medidas obtidas, a taxa de acerto média global estava em 74%. Após a aplicação da etapa intermediária, a taxa de acerto média global subiu para 92% e após a etapa final para 95%.

Efetuando-se a comparação para cada local analisado, os seguintes resultados foram obtidos:

- Equipamento Atlanta AT-SMS00296  
- Local: BR 116 - ROD. PRES. DUTRA KM 130 + 500 - CAÇAPAVA – SP

Fim da 1ª etapa		Fim da etapa final	
Imagens analisadas:	9200	Imagens analisadas:	9200
Imagens reprovadas:	2340	Imagens reprovadas:	400
Imagens aprovadas:	6860	Imagens aprovadas:	8800
Índice de aprovação:	<b>74,57%</b>	Índice de aprovação:	<b>95,65%</b>

- Equipamento Atlanta AT-SMS00328  
- Local: BR 116 - ROD. PRES. DUTRA KM 224 + 350 - GUARULHOS – SP

Fim da 1ª etapa		Fim da etapa final	
Imagens analisadas:	4750	Imagens analisadas:	4750
Imagens reprovadas:	1030	Imagens reprovadas:	240
Imagens aprovadas:	3720	Imagens aprovadas:	4510
Índice de aprovação:	<b>78,32%</b>	Índice de aprovação:	<b>94,95%</b>

- Equipamento Atlanta AT-SMS00329  
- Local: BR 116 - ROD. PRES. DUTRA KM 224 + 350 - GUARULHOS – SP

Fim da 1ª etapa		Fim da etapa final	
Imagens analisadas:	1980	Imagens analisadas:	1980
Imagens reprovadas:	1390	Imagens reprovadas:	270
Imagens aprovadas:	590	Imagens aprovadas:	1710
Índice de aprovação:	<b>29,80%</b>	Índice de aprovação:	<b>86,36%</b>

## 5.6 Considerações Finais

Os desafios impostos pelas questões relacionadas ao planejamento e gerenciamento do trânsito, cada vez mais complexos, impuseram à necessidade de busca de soluções inteligentes e compatíveis com a realidade. O uso de equipamentos

eletrônicos se mostrou útil em diversas aplicações, especialmente na questão da segurança viária, através dos fiscalizadores eletrônicos de velocidade.

Uma vez instalados, os FEV's não precisam ficar restritos à captura de imagens de veículos que excedem a velocidade, pois utilizar os fiscalizadores eletrônicos de velocidade apenas para fins de controle de velocidade não atinge todos os possíveis benefícios advindos destes equipamentos. Com o avanço tecnológico, informações diversas relativas a todos os veículos que passam pelo instrumento podem ser armazenadas, permitindo a criação de um extenso banco de dados com alta precisão e confiabilidade.

MONTEIRO (2004), por exemplo, propõe a estruturação de um sistema de gerenciamento do tráfego urbano utilizando as informações coletadas pelos fiscalizadores eletrônicos de velocidade. Já IZAMARI (2009) apresenta metodologias capazes de, a partir da velocidade medida na passagem por um FEV, fazer uma medição estimada ou presumida do tempo de viagem dos veículos, parâmetro que pode ser utilizado como medida da qualidade do serviço do tráfego em um determinado trecho de via e orientar estudos de planejamento e operação de trânsito.

Outros exemplos mostram do ponto de vista prático, a potencialidade do uso das informações advindas dos fiscalizadores eletrônicos de velocidade. Segundo DUARTE (2009), a empresa Atlanta possui equipamentos instalados nos Estados da Paraíba, Ceará, Pernambuco, Goiás, Paraná, Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro. Conforme já mencionado em 5.1, uma destas vias é a Rodovia Presidente Dutra. Ao longo dos 402 km de extensão da via, estão instalados 28 fiscalizadores eletrônicos de velocidade fabricados pela empresa Atlanta e administrados pela empresa Data Traffic. O limite de velocidade varia em função das condições específicas de cada local, possuindo trechos com limite de velocidade único para todos os tipos de veículos, bem como trechos com limite diferenciado.

Os relatórios gerados por cada instrumento são repassados regularmente pela Data Traffic à Nova Dutra, concessionária responsável pela administração da rodovia. Estes relatórios apresentam gráficos e tabelas com o fluxo de veículos divididos por diversos fatores, tais como data, hora, faixa de trânsito, faixa de velocidade, número de veículos de acordo com o seu comprimento. As tabelas 5.3, 5.4 e 5.5 apresentam exemplos de dados fornecidos pela Data Traffic à Nova Dutra, visando um melhor gerenciamento da via. Tais dados são referentes ao período entre 08/06/09 e

31/06/09, relativos ao FEV localizado no km 227, pista norte, cujo limite de velocidade é 40 km/h.

**Tabela 5.3 Número de veículos por data – Via Dutra km 227, pista norte**

Data	Quantidade de Veículos	Data	Quantidade de Veículos
08/06/09	8413	20/06/09	10841
09/06/09	9346	21/06/09	10392
10/06/09	10248	22/06/09	11126
11/06/09	8769	23/06/09	11553
12/06/09	9846	20/06/09	12934
13/06/09	10700	24/06/09	9778
14/06/09	10235	25/06/09	13235
15/06/09	11096	26/06/09	11328
16/06/09	11292	27/06/09	10035
17/06/09	13093	28/06/09	10974
18/06/09	9629	29/06/09	11943
19/06/09	12901	30/06/09	3091
20/06/09	10841	31/6/2009	12934
		<b>Total</b>	<b>252798</b>

Fonte: DUARTE (2009)

**Tabela 5.4 Número de veículos por hora - Via Dutra km 227, pista norte**

Hora	Quantidade de Veículos	Hora	Quantidade de Veículos
0h	4.776	12h	12.635
1h	4.637	13h	12.963
2h	5.243	14h	14.105
3h	6.059	15h	15.936
4h	8.095	16h	16.043
5h	8.707	17h	14.429
6h	10.824	18h	13.721
7h	11.871	19h	12.393
8h	12.281	20h	10.468
9h	12.747	21h	8.230
10h	12.488	22h	6.292
11h	12.362	23h	5.493
		<b>Total</b>	<b>252798</b>

Fonte: DUARTE (2009)

**Tabela 5.5 Nº de veículos por faixa de velocidade - Via Dutra km 227, pista norte**

Velocidade (km/h)	Total
De 0 à 10	5
De 10 à 20	3.173
De 20 à 30	44.683
De 30 à 40	172.816
De 40 à 50	25.968
De 50 à 60	4.726
De 60 à 70	1.288
De 70 à 80	116
De 80 à 90	10
De 90 à 100	4
De 100 à 110	1
De 110 à 120	2
De 120 à 130	2
De 130 à 140	0
De 140 à 150	1
>150	3
<b>Total</b>	<b>252798</b>

Fonte: DUARTE (2009)

Tais dados permitem a empresa que administra a via utilizar todos esses relatórios no auxílio do planejamento da manutenção e expansão da rodovia, do cálculo das tarifas de pedágio e da programação de desvios e interdições. As tabelas 5.3 e 5.4, por exemplo, indicam os melhores dias e horários para a realização de obras e manutenção da via. Já a tabela 5.5 apresenta um indicativo do perfil de velocidade dos veículos que trafegam pelo local e auxilia na adoção de ações voltadas a segurança do tráfego

Porém, mesmo com todo esse potencial, a principal função dos fiscalizadores eletrônicos de velocidade permanece sendo a de inibir o excesso de velocidade, através da emissão de registros fotográficos dos veículos flagrados acima do limite de velocidade da via para posterior elaboração e envio de um auto de infração ao motorista infrator. Nas vias com limite de velocidade diferenciado, a inclusão da classificação automática de veículos permite o monitoramento da velocidade de cada tipo específico de veículo.

Os instrumentos de fiscalização eletrônica de velocidade que utilizam laços indutivos, predominantes no Brasil, realizam esta classificação veicular através da medição do seu comprimento ou da análise de seu perfil magnético, porém, ainda sem critérios

bem estabelecidos que indiquem qual a capacidade técnica mínima que tais instrumentos devem possuir

Tendo em vista que o objetivo deste estudo é estabelecer procedimentos que permitam avaliar a capacidade técnica dos instrumentos que realizam a fiscalização eletrônica de velocidade associada à classificação automática de veículos, no capítulo seguinte faz-se a apresentação de uma proposta visando atender este objetivo.

## **6. PROPOSTA DE PROCEDIMENTO PARA USO DA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE VEÍCULOS ASSOCIADA A FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE**

### **6.1 Considerações Iniciais**

O sistema brasileiro de fiscalização eletrônica de velocidade vem alcançando resultados significativos na redução do número de vítimas dos acidentes de trânsito e, muito em função destes resultados, ampliando a parcela da população que apóia o uso de FEV's para controle da velocidade. Grande parte desse sucesso se deve a solidez da legislação expedida em torno do assunto, estabelecendo regras para a utilização dos FEV's e definindo critérios mínimos de qualidade para estes instrumentos com a intenção de garantir que as medições realizadas pelos mesmos sejam confiáveis.

Obviamente, este sistema não é ainda perfeito. Uma destas imperfeições reside exatamente na questão das vias com limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo. Conforme mostrado no capítulo anterior, nestas vias a fiscalização eletrônica de velocidade deve possuir a função adicional de classificação automática de veículos (CAV), capacitando o instrumento a classificar os veículos de acordo com o seu tipo no momento de sua passagem pelo instrumento, e conseqüentemente, avaliar se determinado tipo de veículo estava em excesso para o limite definido para seu respectivo tipo. Desta forma, classificar corretamente os veículos é etapa essencial para a caracterização da infração pro excesso de velocidade.

Porém, a legislação existente é omissa na questão da classificação automática de veículos, o que faz com que os órgãos com circunscrição sobre as vias e os fabricantes de instrumentos adotem critérios próprios, sem padronização e sem a garantia de qualidade mínima do instrumento no que diz respeito especificamente a CAV.

### **6.2 Situação Atual**

As questões relativas ao uso da fiscalização eletrônica de velocidade em vias com limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo podem ser divididas em 3 itens: escolha das categorias classificatórias, taxa de detecção e índice de acerto dos equipamentos e tratamento dos registros fotográficos.

a) Escolha das categorias classificatórias

O Código de Trânsito Brasileiro, em seu Capítulo IX – Dos Veículos, define em seu artigo 96 uma classificação veicular, que pode ser quanto à tração, quanto à espécie e quanto à categoria. Especificamente, quanto à espécie, os veículos são subdivididos ainda em veículos de passageiros (12 classes), de carga (9 classes), misto (3 classes), de competição, de tração (4 classes), especial e de coleção, conforme tabela 6.1.

**Tabela 6.1 Subclassificação quanto à espécie do CTB**

II - Passageiros (a)	II - Carga (b)	II - Misto (c)	II - Tração (e)
1 – Bicicleta	1 – Motoneta	1 – Camioneta	1 – Caminhão Trator
2 – Ciclomotor	2 – Motocicleta	2 – Utilitário	2 – Trator de Rodas
3 – Motoneta	3 – Triciclo	3 – Outros	3 – Trator de Esteira
4 – Motocicleta	4 – Quadriciclo		4 – Trator Misto
5 – Triciclo	5 – Caminhonete		
6 – Quadriciclo	6 – Caminhão		
7 – Automóvel	7 – Reboque / semi		
8 – Microônibus	8 – Carroça		
9 – Ônibus	9 – Carro-de-mão		
10 – Bonde			
11 – Reboque / semi			
12 – Charrete			

Ainda de acordo com o CTB, no Anexo I – Dos conceitos e Definições, as principais classes de veículos são definidas como:

- Veículo de carga - veículo destinado ao transporte de carga, podendo transportar dois passageiros, exclusive o condutor.
- Veículo de passageiros - veículo destinado ao transporte de pessoas e suas bagagens.
- Veículo misto - veículo automotor destinado ao transporte simultâneo de carga e passageiro.

- Motocicleta - veículo automotor de duas rodas, com ou sem side-car, dirigido por condutor em posição montada.
- Automóvel - veículo automotor destinado ao transporte de passageiros, com capacidade para até oito pessoas, exclusive o condutor.
- Camioneta - veículo misto destinado ao transporte de passageiros e carga no mesmo compartimento.
- Caminhonete - veículo destinado ao transporte de carga com peso bruto total de até três mil e quinhentos quilogramas.
- Microônibus - veículo automotor de transporte coletivo com capacidade para até vinte passageiros.
- Ônibus - veículo automotor de transporte coletivo com capacidade para mais de vinte passageiros, ainda que, em virtude de adaptações com vista à maior comodidade destes, transporte número menor.

Assim, fica evidente que a forma básica utilizada pelo CTB para diferenciar os veículos é através da distinção entre transporte de carga ou de passageiros e suas respectivas capacidades. A legislação opta por não utilizar critérios físicos para realizar tal distinção, tais como o comprimento, peso ou efeito sonoro, pela dificuldade em definir os limites fronteiros para cada um desses parâmetros e garantir que todos os veículos de um mesmo tipo se enquadrem dentro dos eventuais limites estabelecidos, em função da extensa variedade de veículos atualmente produzidos.

A inexistência destes parâmetros faz com que cada órgão com jurisdição sobre a via tenha liberdade para escolher seus próprios critérios para classificar os veículos. Um destes critérios é baseado no comprimento dos veículos. Porém, sem definições explícitas a respeito do assunto, cada órgão define os valores de comprimento que julga apropriado. DUARTE (2009) cita que, geralmente, o valor escolhido é de 6 m, ou seja, abaixo desse valor o veículo é classificado como automóvel ou moto e acima é classificado como ônibus ou caminhão.

As planilhas contidas nos anexos C e D apresentam as dimensões dos principais modelos de automóveis e caminhões, respectivamente, e mostram a dificuldade de se

definir um valor específico para o comprimento que sirva como um limite confiável para critério de classificação. Fornecida pela empresa Atlanta, a tabela apresenta os comprimentos totais das principais marcas de automóveis e caminhões que circulam pelo Brasil. Os valores foram retirados das especificações técnicas fornecidas pelos fabricantes através de seus respectivos sites. É possível observar que o menor comprimento para um caminhão fornecido no anexo D é de 5,4 m (modelos 35S14 Furgone e 35S14 Gran Furgone, da Iveco). No anexo C, observa-se pelo menos 5 modelos de automóveis (Dodge RAM 500, Ford F250 Cabine Simples e Cabine Dupla, GMC Suburban, KIA Besta) com valores de comprimento superiores a 5,4 m, além de outros com valores inferiores, porém próximos a 5,4 m. Isto mostra a dificuldade de se definir um sistema classificatório baseado exclusivamente no comprimento, visto que a faixa de valores para automóveis e caminhões se cruza. Portanto, a escolha de um limite inapropriado pode resultar em erros de classificação.

Outra dificuldade diz respeito à definição do limite de velocidade adequado para cada tipo específico de veículo. Tradicionalmente, o grupo com limite de velocidade mais alto é formado por automóveis e motos, enquanto o grupo com limite de velocidade mais baixo é formado por ônibus e caminhões. Porém, para os demais tipos de veículos esta definição não é clara, especialmente para veículos que possuem características mistas de transporte de carga e de pessoas, tais como as caminhonetes.

A Resolução Contran n.º 340, de 25 de fevereiro de 2010 (Anexo B), trouxe esclarecimentos a essa questão. A partir desta publicação, as vias que possuírem limite de velocidade diferenciado somente poderão se referenciar a dois grupos: veículos leves e pesados. A Resolução esclarece ainda os tipos de veículos que compõem cada um dos grupos:

- Veículos leves - ciclomotor, motoneta, motocicleta, triciclo, quadriciclo, automóvel, utilitário, caminhonete e camioneta;
- Veículos pesados - ônibus, microônibus, caminhão, caminhão-trator, trator de rodas, trator misto, chassi-plataforma, motor-casa, reboque ou semireboque e suas combinações.

Apesar de esta nomenclatura ter correlação com o peso dos veículos, constata-se que medição da massa de veículos em movimento ainda é um processo sujeito a muitos erros, especialmente em altas velocidades. Desta forma, a legislação não obriga que

os equipamentos se baseiem neste critério para classificar os veículos, apenas os agrupa em nomenclaturas que remetem a este fator. A obrigatoriedade do uso em todo território nacional de uma mesma nomenclatura melhorará o entendimento da questão. Isto fará com que, independente critério adotado pelo instrumento eletrônico para classificar ao veículo, ao final de seu processo de classificação, ele enquadre o veículo dentro de uma das duas categorias previstas pela Resolução.

#### b) Taxa de detecção e índice de acerto do equipamento

A escolha do instrumento responsável por fiscalizar a velocidade em um determinado local compete ao órgão com jurisdição sobre via. Por se tratar da aquisição de bens (no caso, os instrumentos em si) e serviços (instalação e manutenção dos instrumentos) por parte da Administração Pública, esta escolha é realizada através de uma licitação, que visa garantir a observância do princípio constitucional da isonomia, possibilitando a participação de qualquer empresa que se julgue habilitada, e selecionar a proposta mais vantajosa para a Administração, ou seja, aquela que garante o atendimento as exigências técnicas do edital pelo menor preço.

Existe, porém, um pré-requisito básico para que um fiscalizador eletrônico possa ser utilizado em sua função precípua de monitoramento da velocidade dos veículos, que é a aprovação do modelo perante o Inmetro. O Regulamento Técnico Metrológico dos instrumentos medidores de velocidade, aprovado pela Portaria Inmetro n.º 115, de 29 de junho de 1998 (INMETRO, 1998), estabelece uma série de exames e ensaios aos quais o protótipo apresentado pelo fabricante deve ser obrigatoriamente submetido. Ao final deste processo, é concedida ao modelo uma portaria de aprovação, documento que atesta que determinado modelo foi capaz de cumprir todas as exigências técnicas e metrológicas do regulamento. Uma vez instalado, o instrumento é periodicamente submetido a verificações por parte do Inmetro, que visam observar se o mesmo mantém suas características metrológicas e executa as medições de velocidade dentro dos parâmetros regulamentares.

Esse conjunto de ações dá ao cidadão a certeza de que a medição de velocidade de seu veículo é o resultado final de uma série de avaliações feitas por um órgão independente e competente para tal, aumentando, portanto, a confiabilidade desta medição. Com isso, todos tendem a aceitar com mais facilidade o uso dos FEV's, pois percebem que serão punidos aqueles, e tão somente aqueles, que efetivamente estavam trafegando acima do limite de velocidade permitido.

Em vias com limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo, para se ter a certeza de que serão punidos todos aqueles que estão em excesso de velocidade, não basta que a medição de velocidade seja confiável. Esta deve ser acompanhada por um sistema de classificação veicular preciso. Porém, não há mecanismos para garantir que isso na prática ocorra.

Um sistema de classificação veicular perfeito seria aquele que conseguisse detectar todos os veículos que passassem pelo equipamento, bem como acertar a classificação de todos os veículos. Isso significaria que 100% dos veículos que trafegaram pelo local foram identificados e corretamente classificados. Fica evidente que quanto maior for a taxa de detecção e o índice de acerto do equipamento, no que diz respeito à classificação veicular, maior será o número de veículos monitorados em relação à obediência ao limite de velocidade estabelecido para sua categoria, aumentando, por conseguinte, a segurança do trânsito.

É desejável, portanto, que o instrumento escolhido para realizar as tarefas de fiscalização da velocidade e classificação dos veículos seja aquele que, tecnicamente, se mostre capaz de obter altas taxas de detecção veicular e altos índices de acerto na classificação. Porém, diferentemente da medição de velocidade, não há testes ou exigências por parte de qualquer órgão governamental que vise comprovar se determinado instrumento é capaz de oferecer um sistema de classificação veicular tecnicamente aceitável. A grande prejudicada neste caso é a própria sociedade, pois veículos considerados pesados podem estar sendo incorretamente classificados como veículos leves, fazendo com que o instrumento opte por não efetuar o registro dessa infração.

#### c) Tratamento dos registros fotográficos

O tratamento dos dados se refere ao critério adotado pelo instrumento para armazenar os registros fotográficos referentes aos veículos em excesso de velocidade, bem como a forma de processamento adotada pelos órgãos responsáveis por validar esses registros, transformando-os em autos de infração.

As possibilidades de tratamento desses dados podem ser mais bem entendidas através de um exemplo prático: uma via com limite de velocidade de 90 km/h para veículos pesados e 110 km/h para veículos leves. Numa via como esta, o veículo

monitorado pelo fiscalizador eletrônico de velocidade pode ser enquadrado em três situações distintas:

➤ Situação 1: velocidade medida pelo instrumento inferior a 90 km/h

Neste caso, a classificação veicular realizada pelo instrumento é irrelevante, pois a velocidade é suficiente para caracterizar que este veículo não cometeu uma infração por excesso de velocidade, seja ele leve ou pesado. Assim, este veículo não deve ser registrado fotograficamente e mesmo que o veículo tenha sido classificado erroneamente, ninguém será prejudicado.

➤ Situação 2: velocidade medida pelo instrumento entre 90 km/h e 110 km/h

Neste caso, a velocidade do veículo não é suficiente para caracterizar a ocorrência da infração, pois é preciso observar a classificação desse veículo. Se o instrumento classificá-lo como leve, o registro fotográfico torna-se desnecessário, pois não há infração. Classificando-o como pesado, a infração está caracterizada, devendo ser feito o registro fotográfico desse veículo. Porém, a ocorrência de erros neste processo de classificação tem conseqüências indesejáveis.

Se o veículo era leve e foi erroneamente classificado como pesado, será realizado um registro de um veículo que não estava em excesso de velocidade. Torna-se necessário uma análise visual para detectar eventuais erros.

Já se o veículo era pesado e foi classificado erroneamente como leve, será descartado um registro de um veículo que deveria ser multado. Para evitar esta situação, o instrumento poderia optar por registrar todos os veículos que estivessem trafegando com velocidade dentro do intervalo de 90 a 110 km/h, para permitir a confirmação visual daqueles classificados como leve e o posterior descarte desse registro. Porém, isto geraria um gigantesco trabalho, já que a imensa maioria dos veículos leves trafegaria exatamente dentro deste intervalo, acarretando em um número excessivo de registros para análise visual. Além disso, seria incoerente com o próprio sistema de classificação, pois o tornaria desnecessário, já que toda classificação poderia ser feita posteriormente, seja visualmente ou até mesmo através da confirmação da classe do veículo em função de sua placa.

➤ Situação 3: velocidade medida pelo instrumento superior a 110 km/h

Neste caso, a classificação é também, de certa forma, irrelevante, pois independente da classe do veículo, este registro fotográfico deverá ser feito. A classe do veículo terá impacto apenas na definição da gravidade da infração, já que de acordo com o artigo 218 do CTB esta gravidade varia em função de quão superior é a velocidade medida do veículo em relação a velocidade máxima da via. Desta forma, um veículo pesado a 120 km/h é enquadrado em uma infração mais grave do que um veículo leve na mesma velocidade. Porém, para essa questão, a confirmação da classificação realizada pelo instrumento também poderá ser realizada visualmente.

Um registro fotográfico de um veículo em excesso de velocidade realizado por um FEV não é, por si só, considerado um auto de infração. Compete ao agente de trânsito local competente validar este registro, após verificar a consistência dos dados contidos no mesmo, transformando-o num auto de infração a ser encaminhado ao motorista infrator. Portanto, a análise visual dos registros já faz parte do processo de validação e verificar se a classificação realizada pelo instrumento corresponde ao veículo fotografado é apenas mais um dos dados a serem avaliados. De qualquer forma, é gerado um retrabalho, pois é preciso ratificar visualmente uma decisão que deveria ser automaticamente tomada pelo instrumento. Isso não exclui a possibilidade de alguém receber uma multa indevida em função de um erro de classificação, porém a torna bastante remota.

Dentre as situações descritas, a mais crítica é aquela relativa ao descarte dos veículos classificados como leves com velocidade medida dentro do intervalo que compreende o limite de velocidade dos veículos pesados e dos leves. Esta questão pode ser mais bem entendida, observando-se como são tratados os registros fotográficos provenientes dos FEV's instalados na Via Dutra.

DUARTE (2009) explica que os instrumentos da empresa Atlanta instalados no local, apesar de realizarem a classificação, estão programados para registrar todos os veículos cuja velocidade medida seja superior a 90 km/h, como forma de se eximir de qualquer responsabilidade legal na questão da classificação veicular. Assim, fica ao encargo do pessoal de análise de imagem, descartar os registros dos veículos não infratores. Considerando o grande número de imagens para analisar, a empresa responsável pelo serviço opta pelo descarte automático, utilizando um software que

analisa a própria classificação realizada pelo instrumento, descartando aqueles classificados como leves. Teoricamente, o que sobra deste descarte, deveria ser somente registros de veículos pesados que trafegassem entre 90 e 110 km/h, porém dentre estes veículos existem ainda veículos leves que foram considerados pesados. Nesta etapa, as imagens são analisadas uma a uma para ratificação da classificação efetuada pelo instrumento

DUARTE (2009) apresenta a análise realizada em dois instrumentos distintos. No primeiro, de 108 registros analisados pós-descarte, foram encontrados seis veículos leves erroneamente classificados como pesados, o que representa 5,5% do total. No segundo, de 268 registros analisados pós-descarte, foram encontrados cinco veículos leves erroneamente classificados como pesados, o que representa 1,8% do total. Se tais erros ocorrem na classificação de veículos leves como pesados, presume-se que o contrário também pode ocorrer, ou seja, veículos pesados sendo classificados leves e sendo sumariamente descartados. Em um sistema de classificação veicular com baixo índice de acerto, pode estar sendo descartado um número significativo de veículos pesados em excesso de velocidade, o que coloca em risco a segurança do trânsito e justifica a realização de uma avaliação técnica nos instrumentos que aplicam a CAV.

### **6.3 Definição do Responsável pela Avaliação do Instrumento**

A primeira etapa deste processo consiste em definir o organismo responsável por atestar que determinado instrumento possui a capacidade técnica desejada para realizar a classificação dos veículos. Alguns requisitos devem nortear a escolha deste organismo:

- Competência técnica: o órgão deve ser dotado de estrutura e pessoal qualificado para realizar a avaliação do instrumento;
- Experiência como avaliador: preferencialmente, deve ser escolhido um órgão que já possua experiência em avaliar a capacidade de instrumentos ou produtos em atender exigências específicas;
- Confiança: o órgão deve possuir junto à sociedade uma credibilidade que permita a todos confiar no resultado final da avaliação;

Levando em consideração os critérios acima, sugere-se que esta responsabilidade fique a cargo do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), autarquia federal criada em 1973 e, atualmente, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, cuja missão é prover confiança à sociedade brasileira nas medições e nos produtos, através da metrologia e da avaliação da conformidade, promovendo a harmonização das relações de consumo, a inovação e a competitividade do País (CONMETRO, 2008).

As principais atividades desenvolvidas pelo Inmetro estão relacionadas com as áreas de (INMETRO, 2010b):

- Metrologia Legal: área da metrologia referente às exigências legais, técnicas e administrativas relativas às unidades de medidas, aos instrumentos de medir a as medidas materializadas;
- Metrologia Científica e Industrial: trata dos padrões de medição internacionais e nacionais, dos instrumentos laboratoriais e das pesquisas e metodologias científicas relacionadas ao mais alto nível de qualidade metrológica;
- Avaliação de Conformidade: processo sistematizado, com regras preestabelecidas, devidamente acompanhado e avaliado, de forma a propiciar adequado grau de confiança de que um objeto atende a requisitos estabelecidos por normas ou regulamentos, com o menor custo possível para a sociedade;
- Acreditação de Organismos e Laboratórios: reconhecimento formal de que um laboratório ou um organismo de certificação ou inspeção atendeu aos requisitos previamente definidos e demonstrou ser competente para realizar suas atividades;
- Ponto focal de Barreiras Técnicas: defesa dos interesses comerciais brasileiros e manutenção de um centro de informações imprescindíveis a todos que desejam obter conhecimentos sobre os requisitos técnicos cujo cumprimento é necessário para a exportação.

Cada uma dessas áreas impacta de forma ampla o cotidiano do cidadão brasileiro. Especificamente, na área de segurança do trânsito, diferentes instrumentos e produtos

possuem algum tipo de controle por parte do Inmetro. Dentro desse contexto estão incluídos pneus, capacetes, cadeiras infantis para automóveis, registradores de avanço de semáforo e parada sobre faixa de pedestre, etilômetros (popularmente conhecidos como bafômetro), cronotacógrafos (registradores de velocidade obrigatórios em ônibus e caminhões) e fiscalizadores eletrônicos de velocidade. Para cada um desses instrumentos ou produtos, são realizados ensaios e análises apropriados e específicos que visam garantir que os mesmos estão aptos a cumprir sua função e, conseqüentemente, contribuir para a redução do número de vítimas derivadas do trânsito.

A confiança adquirida pelo Inmetro junto à sociedade pode ser avaliada segundo pesquisas de opinião realizadas desde 1996. Na última, realizada em 2007, constatou-se que o nível de conhecimento da população brasileira a respeito do Inmetro é de 73%, chegando a 96% entre aqueles que concluíram o nível superior. Entre o público que reconhece a marca do Inmetro, o índice de confiança no instituto é de 93,81% (NA MEDIDA, 2008).

A experiência já adquirida dentro da área de segurança do trânsito, bem como o índice de confiança da população, qualificam o Inmetro para ser o órgão também responsável pela avaliação dos classificadores automáticos de veículos

#### **6.4 Modelo Referencial**

Considerando que a classificação automática de veículos está associada à fiscalização eletrônica de velocidade, sugere-se que o procedimento de avaliação a ser adotado para a CAV tenha como referência o modelo aplicado aos FEV's. Este modelo, similar ao aplicado aos demais instrumentos de medição regulamentados pelo Inmetro, é composto basicamente por duas etapas: a aprovação de modelo e as verificações.

O controle metrológico legal exercido pelo Inmetro através das etapas anteriormente citadas nos diversos instrumentos de medição regulamentados visa à garantia metrológica, ou seja, a credibilidade dos resultados fornecidos por esses instrumentos.

##### **6.4.1 Aprovação de modelo**

A aprovação de modelo é a decisão de caráter legal, baseada no relatório de apreciação técnica, reconhecendo que o modelo de um instrumento de medição

satisfaz as exigências regulamentares e pode ser utilizado no campo regulado fornecendo resultados confiáveis durante um período de tempo definido (INMETRO, 2007).

Cada modelo de FEV de cada fabricante deve ser submetido ao procedimento de aprovação de modelo, já que nenhum instrumento pode ser comercializado ou exposto a venda, sem corresponder ao modelo aprovado (INMETRO, 1998).

A apreciação técnica do modelo (ATM), citada na definição da aprovação de modelo, consiste em exames e ensaios sistemáticos do desempenho de um ou vários exemplares de um modelo identificado de um instrumento de medição, em relação às exigências documentadas, a fim de determinar se o modelo pode ou não ser aprovado, e cujo resultado está contido no relatório de apreciação técnica (INMETRO, 2007). A figura 6.1 apresenta o fluxograma das principais fases que compõem a apreciação técnica de um modelo.

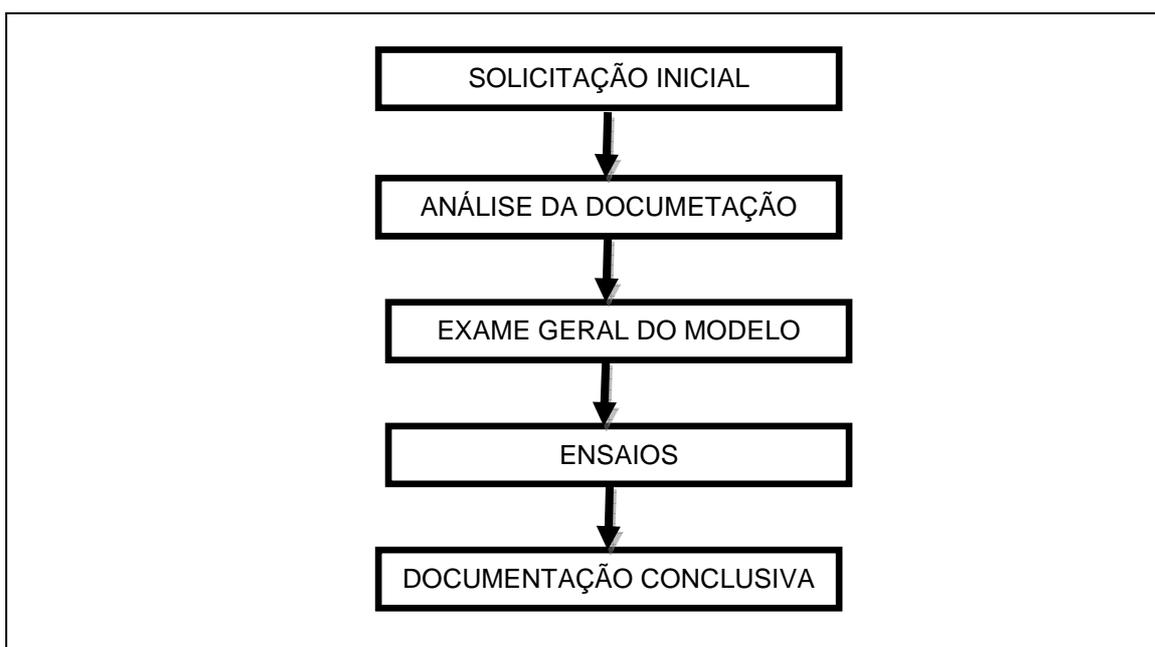


Figura 6.1: Fluxograma das fases da ATM

A fase de ensaios é inegavelmente a mais importante, pois é aquela onde o modelo é efetivamente testado e onde ele demonstra sua capacidade de funcionar corretamente, mesmo sob condições adversas. No caso dos fiscalizadores eletrônicos de velocidade, os ensaios realizados durante a apreciação técnica, bem como demais exigências, estão contidas no Regulamento Técnico Metrológico (RTM) aprovado pela Portaria Inmetro n.º 115, de 29 de junho de 1998 (INMETRO, 1998).

#### 6.4.1.1 Ensaio aplicáveis aos FEV's durante a ATM

Os ensaios visam reproduzir as situações reais, tais como intempéries e interferências, aos quais serão submetidos os instrumentos quando instalados nos logradouros públicos. Durante todos os ensaios previstos, o instrumento deve funcionar normalmente, sem apresentar erros de medição de velocidade. São realizados ensaios laboratoriais e em condições reais de tráfego.

##### a) Ensaio laboratoriais

Com o auxílio de um simulador de velocidade acoplado ao instrumento, são realizados ensaios em laboratório que visam simular fatores que possam afetar o seu desempenho. Nesta etapa, o instrumento é submetido a ensaios climáticos (variação de umidade e temperatura), de variação da tensão de alimentação e de susceptibilidade a descargas eletrostáticas, a transientes elétricos na linha de alimentação e a campos eletromagnéticos radiados. Os erros máximos admissíveis durante os ensaios laboratoriais são de  $\pm 1$  km/h para velocidades de até 100 km/h e  $\pm 2$  km/h para velocidades acima de 100 km/h (INMETRO, 1998).

##### b) Ensaio em condições reais de tráfego

Neste ensaio, o instrumento sob análise é instalado em uma via, escolhida pelo fabricante do instrumento, de forma a reproduzir a situação real de funcionamento do instrumento, ou seja, a avaliação é realizada não mais com velocidades simuladas, e sim com velocidades medidas efetivamente de um veículo. Para tanto, são selecionadas velocidades que se iniciam em 30 km/h e vão subindo em intervalos de 10 km/h, até a velocidade máxima permitida no local, sendo que para cada velocidade são realizadas, no mínimo, 10 medições (INMETRO, 1998).

O veículo utilizado no ensaio é equipado com um padrão eletrônico digital, denominado cronotacômetro. Este equipamento é acoplado a um transdutor, componente que transforma em pulsos elétricos as rotações mecânicas da roda do veículo, permitindo a indicação da velocidade do veículo através da leitura dos pulsos emitidos. O cronotacômetro, para ser utilizado com as incertezas adequadas à aplicação em questão, deve ser calibrado de modo a indicar corretamente a velocidade do veículo (SIQUEIRA, 2006).

A velocidade indicada pelo cronotacômetro no momento da passagem do veículo pelo sensor é comparada com a velocidade medida pelo instrumento. Os erros máximos admissíveis deste ensaio são de  $\pm 3$  km/h para velocidades de até 100 km/h e  $\pm 3\%$  para velocidades acima de 100 km/h (INMETRO, 1998).

Após obter êxito em todos os ensaios previstos no RTM, é elaborada uma Portaria de Aprovação do modelo, sendo este o documento que dá publicidade ao atendimento de todas as exigências regulamentares por parte de determinado modelo.

#### **6.4.2 Verificação**

A aprovação de modelo, apesar de importante e necessária, não é suficiente para garantir que, ao longo do tempo, determinado instrumento permanecerá atendendo as exigências regulamentares, pois podem ser realizadas modificações no processo de fabricação do instrumento, ou mesmo durante sua instalação, que comprometam o seu perfeito funcionamento e a correção de suas medições. Visando garantir a continuidade da segurança metrológica, após a aprovação de modelo, os instrumentos são submetidos às verificações.

A verificação de um instrumento de medição é o procedimento que compreende o exame, a marcação e/ou a emissão de um certificado de verificação e que constata e confirma que o instrumento de medição satisfaz as exigências regulamentares (INMETRO, 2007). A execução das verificações é de responsabilidade dos Órgãos delegados do Inmetro nos Estados Brasileiros e deve ser aplicada, no caso dos fiscalizadores eletrônicos de velocidade a cada instrumento antes do mesmo entrar em uso e, após isso, em períodos de, no máximo, 12 meses (INMETRO, 1998).

Os procedimentos para a realização da verificação nos fiscalizadores eletrônicos de velocidade estão descritos em norma elaborada pelo Inmetro (INMETRO, 2001) e incluem uma inspeção geral para observar se o instrumento mantém as características do modelo aprovado e um ensaio em condições reais de tráfego, similar aquele realizado na aprovação do modelo, exceto pelo número de medições realizadas, que é de 5 medições, e pelos erros máximos admissíveis que são de  $\pm 5$  km/h para velocidades de até 100 km/h e  $\pm 5\%$  para velocidades acima de 100 km/h (INMETRO, 1998).

## 6.5 Modelo Proposto

Propõe-se que quando a função de classificação automática de veículos estiver associada à fiscalização eletrônica de velocidade, ou seja, no monitoramento de vias com limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo, essa também seja controlada pelo Inmetro dentro dos mesmos moldes aplicáveis aos FEV's. Este controle conteria uma avaliação anterior a comercialização do instrumento, ainda em sua fase de fabricação, o que corresponderia à etapa da aprovação de modelo, e avaliações periódicas após a entrada do instrumento em uso, com o mesmo já instalado, o que corresponderia à etapa das verificações.

A intenção destas etapas é a mesma esperada para os FEV's, ou seja, constatar que determinado instrumento é capaz de atender a todas as exigências regulamentares e cumprir corretamente sua função de classificar os veículos.

A utilização dos termos aprovação de modelo e verificação não pode ser aplicada automaticamente no caso da classificação veicular, já que estes termos são pertencentes ao universo da Metrologia Legal, área relacionada aos instrumentos que fornecem como resultado final algum tipo de medição. Mesmo que o processamento interno utilizado pelo instrumento para realizar a classificação veicular envolva algum tipo de medição, tal como a medição do comprimento do veículo, seu resultado final não se caracteriza por ser um número e sim uma informação que pode estar certa ou errada. Porém, a fim de facilitar o entendimento e a correlação com os procedimentos adotados para os FEV's, os termos aprovação de modelo e verificação também serão utilizados para a CAV nesta dissertação. Ressalta-se que a definição da nomenclatura mais adequada para as etapas a serem previstas para o controle da classificação veicular deve ficar a cargo do Inmetro.

A questão da nomenclatura e demais exigências devem ser estabelecidas em regulamentação própria e específica de forma a unificar as regras e dar publicidade a todos de seu conteúdo. Sugere-se que o regulamento não imponha o uso específico de alguma tecnologia, visto que, conforme mostrado no capítulo 4, existem diversas técnicas de classificação veicular disponíveis. Isto amplia a possibilidade de pesquisa por parte dos fabricantes, no sentido de buscar sempre o aprimoramento técnico, sem precisar ficar restrito a alguma tecnologia.

Independente da tecnologia escolhida, o importante é a capacidade desta tecnologia em fornecer resultados corretos de classificação. A fase de ensaios é a mais adequada para avaliar esta capacidade. Assim, esta dissertação focará exatamente esta fase, detalhando os procedimentos do ensaio e os critérios de aprovação no mesmo.

### **6.5.1 Metodologia dos Ensaios**

Conforme já mencionado anteriormente, um classificador de veículos perfeito seria aquele que classificasse corretamente todos os veículos, ou seja, 100% de índice de acerto. Porém, antes efetuar qualquer medição ou classificação, o instrumento precisa detectar o veículo. O ideal, também neste caso, é que todos os veículos sejam detectados, garantindo um monitoramento completo da via. Se de cada 100 veículos que passam pelo instrumento, apenas 50 são detectados, não é possível dizer que o instrumento está cumprindo eficazmente a sua função, mesmo que as medições de velocidade e as classificações veiculares estejam corretas, pois um grande número de veículos deixou de ser efetivamente monitorado.

Entretanto, garantir que todos os veículos sejam detectados é extremamente difícil, não só pelas limitações tecnológicas, como pela dinâmica do próprio tráfego, que é composto por diversos modelos de veículos e envolve ultrapassagens, frenagens, acelerações e veículos muito próximos um do outro, que muitas vezes ocorrem exatamente na área de detecção do sensor, confundindo-o. Ensaios acompanhados pelo autor desta dissertação, em função de seu trabalho no Inmetro realizando a aprovação de FEV's, mostraram que determinados instrumentos possuem uma baixa capacidade de processamento de dados. Isto faz com que o instrumento, após detectar um veículo e iniciar seu processo de medição de velocidade, fique sobrecarregado, ficando apto para realizar uma nova detecção somente após um intervalo de 3 segundos. Em vias de tráfego elevado, este tempo é suficiente para que alguns veículos não sejam detectados.

Desta forma, os instrumentos devem possuir tecnologia capaz de interpretar as diferentes situações do tráfego e com boa capacidade de processamento dos dados, evitando casos de não detecção veicular. Ainda assim, não é razoável exigir que os instrumentos detectem 100% dos veículos e sim números que se aproximem o máximo possível deste valor, dentro de um equilíbrio entre o que é possível e o que é desejável.

Propõe-se que todas essas questões acima expostas sejam avaliadas através da determinação da taxa de detecção veicular do instrumento. A taxa de detecção corresponderia ao número de veículos que foram efetivamente detectados dividido pelo número de veículos que passaram pelo sensor do instrumento. Conforme explicado, para um instrumento de monitoramento do tráfego este é um parâmetro muito importante. Propõe-se ainda que tal taxa seja determinada em todos os fiscalizadores eletrônicos de velocidade, independente de estarem associados ou não a um sistema de classificação, sendo este um critério para sua aprovação.

Uma vez detectado o veículo, é preciso garantir a correção da medição da velocidade e da classificação do veículo. Conforme mencionado, a confiabilidade da medição de velocidade efetuada por um FEV já é avaliada através de procedimentos estabelecidos pelo Inmetro. Porém, as questões relativas à classificação veicular não possuem qualquer tipo de controle. Para tal, é proposta a criação do índice de acerto classificatório.

Este índice corresponderia ao número de veículos que foram corretamente classificados dividido pelo número de veículos que foram detectados pelo instrumento. Para efeitos desse índice, considera-se que o instrumento acertou a classificação se o tipo do veículo foi corretamente classificado como leve ou pesado, de acordo com os critérios estabelecidos pela Resolução Contran n.º 340, de 25 de fevereiro de 2010. Caso o veículo seja detectado e o instrumento não consiga realizar sua classificação, será considerado como se o instrumento tivesse errado, para efeitos do índice de acerto.

A melhor forma de avaliar o instrumento quanto aos parâmetros acima definidos é realizando um ensaio prático, com as condições reais de tráfego ao qual o instrumento será submetido. Estes ensaios devem ocorrer na aprovação do modelo e nas verificações.

#### *6.5.1.1 Aprovação de modelo*

Considerando que a aprovação de modelo seria etapa obrigatória antes da sua comercialização, é necessário estipular um nível de exigência tal, que garanta que somente serão aprovados instrumentos capazes de, quando instalados e efetivamente

em uso, cumprir a sua função de monitoramento das vias com limite de velocidade diferenciado por tipo de veículo.

O local a ser escolhido para a instalação do instrumento a ser avaliado deve se aproximar ao máximo das condições reais de tráfego e de uso do instrumento e, portanto, deve possuir algumas características que atendam essa situação:

- Fluxo de tráfego de moderado a intenso: é preciso que, eventualmente, as possíveis interações entre os veículos, tais como ultrapassagens e frenagens, ocorram na área de detecção do sensor para observar o comportamento do instrumento. Um fluxo baixo de veículos faz com que, praticamente, todos os veículos entrem sozinhos na área de detecção;
- Variedade de veículos: é preciso observar o comportamento mediante os diversos tipos de veículos estabelecidos no CTB (Tabela 7). Apesar da classificação se restringir ao fato do veículo ser leve ou pesado, é possível que o instrumento apresente problemas para um tipo específico, classificando sempre aquele tipo erroneamente. Mesmo considerando que determinados tipos de veículos, tais como camionetas e microônibus, por exemplo, possuem uma baixa proporção dentro da frota veicular brasileira, o ideal é que todos os principais tipos de veículos espécies existentes fossem classificados. Porém, mesmo com a liberdade de escolher qualquer local, não é possível garantir que tal situação ocorrerá, em função das características variáveis do tráfego ou então será preciso aguardar um tempo demasiadamente longo para que todas as espécies sejam classificadas em algum momento. Assim, neste quesito, é preciso bom senso, aceitando locais que possuam se não todos, pelo menos, uma boa variabilidade de tipos de veículos;
- Número de faixas de trânsito monitoradas: é preciso que o local escolhido tenha o mesmo número máximo de faixas de trânsito que o instrumento se propõe a monitorar simultaneamente, de forma a avaliar a sua capacidade de processamento, medindo a velocidade e classificando mais de um veículo ao mesmo tempo. O número máximo de faixas de trânsito que um instrumento FEV é capaz de monitorar simultaneamente é descrito na portaria de aprovação de modelo, sendo, geralmente, quatro faixas;

Duas opções se tornam possíveis na questão da escolha do local. Na primeira, este local seria fixo, ou seja, todos os ensaios seriam realizados em uma mesma via, escolhida pelo Inmetro. Como a instalação do instrumento pode requerer, especialmente no caso dos instrumentos de laços indutivos, interrupção do tráfego e corte do asfalto, seria necessário que o Inmetro estabelecesse uma parceria com o órgão com jurisdição sobre a via para autorização de uso do local. Dentre as vantagens, estaria a possibilidade de escolher vias que atendessem todas as características desejadas, funcionando como uma espécie de campo de provas. Porém, isto obrigaria os fabricantes a deslocarem equipamentos e pessoal especializado para o local, dificultando a logística e aumentando custos.

A outra opção seria deixar a critério do fabricante a escolha do local para o ensaio. Com isso, os fabricantes teriam a facilidade de escolher um local mais próximo a sua sede, diminuindo deslocamentos e custos. Porém, o local mais adequado para o fabricante não é necessariamente um local que possua as características necessárias para o ensaio. Caso o Inmetro autorize esta opção, é preciso considerar que nem todas as condições desejadas podem ser alcançadas plenamente, sendo necessário um pouco de flexibilidade nesta avaliação. Sugere-se uma avaliação prévia por parte do Inmetro, que pode ser realizada através de vídeo disponibilizado pelo fabricante. Vale ressaltar que o ensaio em condições reais de tráfego realizado durante a aprovação de modelo dos fiscalizadores eletrônicos de velocidade já é realizado em local escolhido pelo fabricante.

Uma vez definido o local, o instrumento deverá ser instalado e posto em funcionamento, junto com uma câmera de vídeo panorâmica, que permitirá identificar todos os veículos que passaram pelo instrumento durante o período do ensaio. O instrumento deverá ser ajustado de forma que todos os veículos sejam fotografados, sem um limite de velocidade específico. Propõe-se que, no mínimo, para cada faixa de trânsito sejam analisados 1000 veículos.

Para obter a taxa de detecção do instrumento, deve-se observar o vídeo fornecido pela câmera panorâmica e para cada veículo identificado na imagem, deve haver uma foto do respectivo veículo, o que caracterizará que o instrumento o detectou. Propõe-se que para ser considerado aprovado, o instrumento deverá possuir taxa de detecção igual ou superior a 95%. Em ensaios que contaram com a participação do autor desta dissertação, já foram observados instrumentos que apresentaram taxas de detecção

superiores a 95%. Desta forma, o valor proposto é perfeitamente passível de ser atendido.

Para obter o índice de acerto do instrumento, deve-se observar cada foto registrada pelo instrumento, identificar visualmente o tipo do veículo, enquadrando-o dentro da categoria leve ou pesado, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Contran, e comparar com a classificação realizada pelo instrumento. Segundo CALIXTO (2006), a empresa Perkons, fabricante nacional, teve um desempenho mínimo de 95% como índice de acerto para a categoria específica dos caminhões, sendo de 98% o índice de acerto médio considerando todas as categorias avaliadas (moto, automóveis, ônibus e caminhões). Considerando que, para efeitos de cálculo do índice de acerto aqui proposto, não será mais necessário acertar o tipo específico do veículo e sim se o mesmo é leve ou pesado, propõe-se que para ser considerado aprovado, o instrumento deverá possuir índice de acerto igual ou superior a 98%.

#### *6.5.1.2 Verificação*

A verificação visa observar se o instrumento mantém, ao longo do tempo de uso, as características do modelo aprovado, evitando assim que eventuais modificações em partes do instrumento que, de alguma forma, participam do processo de classificação, possam fazer com que o instrumento deixe de cumprir sua função precípua com a eficácia requerida. Propõe-se que a verificação seja executada pelos órgãos delegados pelo Inmetro nos Estados Brasileiros e ocorra antes da entrada em uso do instrumento e periodicamente a cada doze meses, nos mesmos moldes da verificação realizada nos FEV's, devendo inclusive, por uma questão de praticidade, ambas serem realizadas em conjunto.

Para os instrumentos que utilizam a tecnologia dos laços indutivos, não há como escolher o local do ensaio, uma vez que este tipo de instrumento é fixo. Assim, o ensaio deve ser realizado no próprio local de instalação, independente das características que o local e o tráfego possuem. Desta forma, não há como controlar as variáveis relativas a essa questão. Obviamente, se o instrumento está monitorando uma via com limite diferenciado por tipo de veículo, é porque ambos os tipos (leves e pesados) trafegam por essa via em quantidades consideráveis.

Propõe-se que, no mínimo, para cada faixa de trânsito sejam analisados 50 veículos. O procedimento para a obtenção da taxa de detecção e do índice de acerto, bem

como seus respectivos valores, devem ser iguais aqueles propostos para a aprovação do modelo.

Não é razoável que, caso o instrumento não obtenha êxito em alguma verificação, este tenha o seu funcionamento impedido, pois os eventuais prejuízos causados pelos erros de classificação, que resultariam na falta do controle de velocidade para alguns poucos veículos, seriam inferiores a falta de controle de velocidade para todos os veículos, colocando em risco a segurança da via de forma muito mais radical. Assim, como punição, propõe-se que tal fato seja comunicado ao Inmetro, que deverá impedir a instalação de novos instrumentos, até que as devidas correções e esclarecimentos sejam prestados pelo fabricante. Somente após obter êxito em nova verificação, este impedimento poderá ser suspenso.

## 7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

No Brasil, as estatísticas de diferentes fontes mostram que os acidentes de trânsito constituem um grave problema para a sociedade, atingindo números alarmantes. A Engenharia de Tráfego visa, portanto, proporcionar as pessoas e aos veículos uma movimentação mais segura e eficiente.

O excesso de velocidade praticado pelos motoristas é considerado um dos fatores de risco que mais contribui para a ocorrência de acidentes de trânsito. Mesmo quando o excesso de velocidade não tem relação direta com a ocorrência do acidente, suas conseqüências serão percebidas na gravidade do acidente, já que quanto maior for a velocidade, maior será a energia cinética dissipada pelo veículo no momento da colisão. Estudos mostram que para cada aumento de 1,6 km/h na velocidade média do tráfego, há um aumento de 5% no número de acidentes.

Desta forma, torna-se necessária a adoção de medidas que, de alguma forma, visem controlar a velocidade dos motoristas e, conseqüentemente, reduzir o número de acidentes. A imposição de limites de velocidades de acordo com as características de cada via é uma das formas mais eficazes de realizar este controle. Para garantir o respeito a esses limites, os fiscalizadores eletrônicos de velocidade vêm sendo utilizados com resultados extremamente satisfatórios. Experiências realizadas na Inglaterra, Alemanha, Noruega, Austrália e Nova Zelândia apontaram para um decréscimo significativo no número de acidentes e vítimas fatais em locais monitorados. Com relação ao Brasil, o controle de velocidade por meio dos FEV's apresenta resultados tão ou mais significativos do que os obtidos no exterior, atingindo taxas de até 60% de redução do número de vítimas.

Em nome da segurança do trânsito, algumas vias possuem limites de velocidade diferenciados por tipo de veículo, ou seja, veículos considerados pesados, tais como ônibus e caminhões, possuem limites de velocidades menores aqueles estabelecidos para veículos considerados leves, tais como automóveis e motos. Esta diferença se baseia nas características operacionais e físicas dos veículos pesados, que influenciam em sua dirigibilidade e aumentam a gravidade dos acidentes.

Em vias com limite diferenciado, o instrumento responsável pela fiscalização eletrônica de velocidade deve possuir uma função adicional, qual seja: a classificação automática de veículos. Falhas na detecção dos veículos e erros na classificação têm

impacto direto na segurança do trânsito. Um veículo não detectado significa um veículo não monitorado. Se o FEV não distingue as velocidades por tipo de veículo não há como identificar todos os infratores quando a velocidade máxima admissível varia por tipo de veículo. Portanto, habilitar o instrumento de fiscalização para identificar os distintos tipos de veículos é fundamental para incluir todos os motoristas infratores nas penalidades estabelecidas no Código de Trânsito, necessitando ser realizada por instrumento que prove possuir capacidade técnica para a função e apresente satisfatórios índices de acerto classificatórios e taxas de detecção veicular.

Dentre as tecnologias utilizadas em instrumentos de fiscalização eletrônica de velocidade, se destacam os de laços indutivos, empregados em maior quantidade no Brasil. Este tipo de tecnologia realiza a classificação veicular baseando-se na medição do comprimento dos veículos. Esse procedimento é suscetível a muitos erros, em função das dificuldades inerentes a medição desse comprimento. Além disso, no Brasil ainda não há a classificação de veículos por faixas de comprimento.

Avanços tecnológicos permitem que, atualmente, esta classificação seja realizada através da análise do perfil magnético dos veículos, ou seja, do gráfico gerado pela variação da indutância do conjunto sensor-veículo ao longo do tempo. Considerando que o gráfico de determinado tipo de veículo tende a seguir um padrão específico, é possível definir a classificação comparando-se este gráfico gerado no momento da passagem do veículo com os gráficos padrões armazenados no instrumento. Estudos mostram que diversas empresas nacionais do ramo já possuem esta tecnologia desenvolvida, com índices de acerto elevados. Entretanto, ainda não há um valor oficial que sirva de referência para definir o limite de acerto mínimo admissível. Somente após a definição deste valor, é possível avaliar, através dos ensaios e procedimentos adequados, se os sistemas de classificação veicular associados aos FEV's possuem a capacidade técnica necessária para atender as exigências estabelecidas pelas normas.

No capítulo 6 apresentam-se propostas de valores mínimos de referência que permitam esta avaliação. Para os instrumentos de fiscalização eletrônica de velocidade, é sugerida a determinação da taxa de detecção veicular, que deverá ser superior ou igual a 95%. Para os instrumentos de fiscalização eletrônica de velocidade que possuem a função de classificação veicular associada, é sugerida a determinação do índice de acerto classificatório, que deverá ser superior ou igual a 98%. Na avaliação do índice de acerto, já deverá ser considerada a Resolução Contran n.º

340, de 25 de fevereiro de 2010, que estabelece apenas duas categorias classificatórias para as vias com limite de velocidade diferenciado: veículos leves e pesados.

Além disso, são também propostos procedimentos que possibilitem avaliar se os instrumentos são capazes de atender aos valores mínimos aqui sugeridos. Este processo de avaliação é focado nos ensaios em condições reais de tráfego, que inclui as etapas de aprovação de modelo e de verificação, detalhadas no capítulo 6 suas metodologias e os critérios para obtenção de êxito nos ensaios. Propõe-se ainda que todo esse processo de avaliação fique a cargo do Inmetro, por ser o órgão oficial com vasta experiência no ramo.

Assim, são fornecidos os elementos básicos necessários para possibilitar o início do processo de avaliação da capacidade técnica dos instrumentos sugeridos, ainda que em caráter provisório. A partir da aplicação das propostas aqui apresentadas, espera-se que as rodovias com limites de velocidade diferenciado por tipo de veículo sejam efetivamente monitoradas, garantindo assim maior segurança para o trânsito.

Recomenda-se que trabalhos futuros explorem as seguintes questões:

- Identificar e avaliar os conflitos adicionais no tráfego provocados pela adoção de limites de velocidades diferenciadas para determinados tipos de veículos, compartilhando as mesmas faixas de rolamento. Se por um lado, o estabelecimento de um valor mais baixo para a velocidade dos veículos pesados proporciona mais segurança, por evitar desastres mais graves, por outro, velocidades diferenciadas, num mesmo ambiente de tráfego, ampliam a faixa de dispersão das mesmas, o que exige mais atenção dos motoristas e desconforto devido o maior número de ocorrências de frenagens, acelerações e ultrapassagens; Essas ocorrências, por sua vez, aumentam a frequência de riscos de acidentes; Portanto, seria conveniente identificar seus efeitos na segurança do tráfego;
- Estudar a necessidade de ensaios laboratoriais durante a aprovação de modelo dos instrumentos que realizam a classificação automática de veículos. Considerando que a medição de velocidade pode ser afetada por interferências eletromagnéticas, é preciso avaliar se este mesmo tipo de interferência ou outra qualquer pode também afetar o processo de classificação. Caso esse fato

venha ocorrer, torna-se necessário ainda desenvolver um simulador que reproduza em laboratório as características dos veículos leves e pesados;

- Realizar aplicações práticas dos procedimentos aqui propostos para avaliar a viabilidade da metodologia apresentada e dos valores da taxa de detecção e índice de acerto, com objetivo de identificar os devidos ajustes indispensáveis em função dos resultados obtidos;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMCET **ver** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MONITORAMENTO E CONTROLE ELETRÔNICO DO TRÂNSITO

ALVES, R. M. R.; FERNANDES, T., L., 2002, **Estudo das características gerais de operação das barreiras eletrônicas nas rodovias goianas**, Monografia de Especialização em Transportes Urbanos, Universidade de Brasília.

ANDERSSON G.; LARSSON J., 2005, **Automatic Speed Cameras 2002-2003 in Sweden**, in Proceedings of Road Safety on Four Continents, Warsaw, Poland.

ANDREOTTI, M. T., 2001, **Sensoriamento indutivo para veículos automotores**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica do Paraná

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MONITORAMENTO E CONTROLE ELETRÔNICO DO TRÂNSITO, 2002, **O que pensa o brasileiro sobre o sistema de monitoramento de trânsito**, Disponível em: <[http://www.abramcet.com.br/Pesquisas/pesquisa\\_brasil\\_2002.pdf](http://www.abramcet.com.br/Pesquisas/pesquisa_brasil_2002.pdf)>. Acesso em 17 abr. 2010

BARBOSA, H. M. *et al.*, 2004, **Sistema de identificação de veículos por meio de laços de indução: um projeto integrado de ensino e desenvolvimento tecnológico**. Anais do XX Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte, ANPET, Florianópolis, p. 661-670.

BÖHNKE, P., PFANNERSTILL, E., 1986, **A system for the automatic detection of traffic situations**. ITE Journal, vol. 56.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Código de Trânsito Brasileiro**. 3. ed. Brasília, 2008, 232 p.

BRASIL. Secretaria de Assuntos Estratégicos. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2006, **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras**. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/destaque/impactos\\_acidentetransito%20\(Livro%2001\).pdf](http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/destaque/impactos_acidentetransito%20(Livro%2001).pdf)>. Acesso em: 06 jan. 2010.

CALIXTO, S. A., 2006, **Classificação de veículos através de sistemas fuzzy**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica do Paraná.

CANELL, A. E. R., 2001, **Reduzindo acidentes: O Papel da Fiscalização de Trânsito e do Treinamento dos Motoristas**. Disponível em: <<http://www.iadb.org/IDBDocs.cfm?docnum=419375>> Acesso em: 22 dez. 2009

CARVALHO, F. J. M.; PORTUGAL, S. A, 1999, **Apostila do curso de medidores de velocidade para veículos automotores**. 1. ed. Rio de Janeiro: INMETRO.

CETSP **ver** COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO

CNM **ver** CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS, 2009, Mapeamento das mortes por acidente de trânsito no Brasil Disponível em: <[http://www.perkons.com.br/arquivos/estudos/Estudo\\_CNM\\_Mapeamento\\_mortes\\_acidentes\\_transito\\_Brasil.pdf](http://www.perkons.com.br/arquivos/estudos/Estudo_CNM_Mapeamento_mortes_acidentes_transito_Brasil.pdf)> Acesso em: 19 jun 2010

CONMETRO **ver** CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL

CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2008, **Diretrizes Estratégicas Para a Metrologia Brasileira 2008 – 2012**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/diretrizesEstrategicas.pdf>> Acesso em: 20 abr 2010

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Resolução Nº 146, de 27 de agosto de 2003. **Dispõe sobre requisitos técnicos mínimos para a fiscalização da velocidade de veículos automotores, reboques e semi-reboques, conforme o Código de Trânsito Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>>. Acesso em 05 mar. 2010.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO, 2010, **Multas, penalidades e recursos**, Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/>> . Acesso em: 13 jun 2010

CTB **ver** BRASIL. Ministério das Cidades

CUNHA, K. R. M. G., 2005, **Velocidade de segurança na percepção dos condutores em diferentes ambientes viários**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.

DER **ver** RIO DE JANEIRO. Fundação Departamento de Estradas e Rodagem.

DUARTE, M. J. M., **Gráficos Dutra** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <fabio@pet.coppe.ufrj.br> em 04 set. 2009

DUMONT, J. et al., 2010, **Determination of speed limits and related factors and their impacts on safety**, Proceedings of the 20th Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference, Ontario.

ELVIK, R., CHRISTENSEN, P., AMUNDSEN, A., 2004, **Speed and road accidents: an evaluation of the power model**, Oslo, December, ISSN 0802-0175.

EVANS, L., 2004, **Traffic Safety**. Science Serving Society.

FAGUNDES, A. C., 2006, **Europa usa radares para domar o trânsito**. Abramcet News, São Paulo, n. 10, p. 4-5.

FHWA – Federal Highway Administration, 2007, **A summary of vehicle detection and surveillance technologies used in intelligent transportation systems**. FHWA Intelligent Transportation Systems Program Office, USA.

FRAMARIM, C. S.; CARDOSO G.; LINDAU L. A., 2003, **O impacto dos controladores eletrônicos de velocidades na redução dos acidentes**. Anais do XVII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte, ANPET, Rio de Janeiro, v.1, p. 530-541.

FREUDDENHAMMER, W., 2005, **Caught on camera**, Traffic Technology International Annual Review, p. 65-66.

FULLER, R. *et al.*, 2008, **Understanding Inappropriate High Speed: A Qualitative Analysis**, Disponível em: <<http://www.dft.gov.uk/pgr/roadsafety/research/rsrr/theme2/analysis.pdf>>. Acesso em: 17 jun 2010

GAJDA, J., SROKA, R., 2000, **The vehicle classification by parametric identification of measured signals**. Proceedings of XVI IMEKO World Congress, v. IX, pg 199-204, Vienna.

GAJDA, J., STENCEL, M., 1997, **Identification of road vehicle types using a inductive detector**. Proceedings of XIV IMEKO World Congress, Tampere - Finland.

GOLD, P. A., 2003, **Fiscalização eletrônica de velocidade**, Disponível em: <<http://www.perkons.com.br/?page=estudos-e-pesquisas&pageid=13>>. Acesso em: 12 abr. 2010

GUINGO, B. C. *et al.*, 2004, **KAPTA – Um sistema de reconhecimento automático de placa de veículos e suas aplicações potenciais**. Anais do XVIII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte, ANPET, Florianópolis, p. 651-660.

IDRIS, **Get me to the bus on time**, 2005, Disponível em: <<http://www.idris-technology.com/published-articles/>>. Acesso em: 12 nov. 2009

INMETRO **ver** INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 1998, Portaria Inmetro n.º 115, de 29 de junho de 1998. **Estabelece as condições a que devem satisfazer os medidores de velocidade de veículos automotivos**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC000537.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2010

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 1999, Portaria n.º 118, de 27 de outubro de 1999. **Aprova, em caráter provisório, o modelo SMS 1.0 de medidor de velocidade de veículos automotivos**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/pam/pdf/PAM000115.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2001, **NIE-DIMEL-034: norma interna específica para verificação e inspeção de medidores de velocidade para veículos automotores**. Rio de Janeiro, RJ, 2001. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/metlegal/docDisponiveis.asp>. Acesso em: 20 abr. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2007, **Vocabulário internacional de termos de metrologia legal: portaria INMETRO n.º 163, de 06 de setembro de 2005**, 5. ed., Rio de Janeiro, ed. SENAI.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2010a, **Portarias de aprovação de modelo de instrumentos de medição**, Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/legislacao/consulta.asp?seq\\_classe=2&sig\\_classe=PAM](http://www.inmetro.gov.br/legislacao/consulta.asp?seq_classe=2&sig_classe=PAM)>. Acesso em 20 abr. 2010

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2010b, **O que é o Inmetro**, Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em 20 abr. 2010

INTERNATIONAL TRAFFIC SAFETY DATA AND ANALYSIS GROUP, 2009, **Risk indicators**, Disponível em: <http://www.internationaltransportforum.org/irtad/pdf/risk.pdf>> Acesso em: 14 abr. 2010

IPEA **ver** BRASIL. Secretaria de Assuntos Estratégicos. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

IRTAD **ver** INTERNATIONAL TRAFFIC SAFETY DATA AND ANALYSIS GROUP

IZAMARI, C. M. P., 2009, **Metodologia para o uso da telemática existente para medição de tempo de viagem – estado da arte e análise de aplicabilidade**.

LOPES, M. M. B., 2006, **Fiscalização eletrônica da velocidade de veículos no trânsito: caso de Niterói**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transporte, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LOPES, M. M. B, PORTO JUNIOR, W., 2007, **Fiscalização eletrônica da velocidade de veículos no trânsito: caso de Niterói**. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE TRANSPORTE PÚBLICO E URBANO, 14., 2007, Rio de Janeiro.

MACEDO, M. B., FERNANDES, R. E., 2002, **Estudo do impacto da implantação de barreiras eletrônicas na br 060, trecho sete curvas**. Monografia (Especialização em Transporte Urbano), Universidade de Brasília, Brasília, 97 p.

MAN TRUCKER'S WORLD, 2010, **Different countries – different rules**. Disponível em: <[http://www.man-truckers-world.co.uk/en/CURRENT/Service/Speed\\_limits\\_in\\_Europe\\_.jsp](http://www.man-truckers-world.co.uk/en/CURRENT/Service/Speed_limits_in_Europe_.jsp)>. Acesso em: 04 maio 2010

McCARTHY, K. E., 2005, **Trucks - Speed limits and lane restrictions**. Disponível em: <<http://www.cga.ct.gov/2005/rpt/2005-R-0814.htm>>. Acesso em: 4 mai. 2009

MIMBELA, L. E. Y., KLEIN, L. A., 2007, **Summary of vehicle detection and surveillance technologies used in intelligent transportation systems**. Disponível em: <<http://www.nmsu.edu/~traffic/>>. Acesso em: 06 jan 2010

MING, S. H., 2007, **Fiscalização eletrônica de trânsito**. Disponível em: <<http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/fiscalizacao-eletronica-do-transito.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2010

MONTEIRO, P. R. S., 2004, **Gestão de tráfego com o uso de dispositivos eletrônicos de controle de velocidade**. Dissertação(Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia.

NA MEDIDA: jornal interno do Inmetro e da Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade. Rio de Janeiro: [s.n.], n. 34, maio 2008.

NATIONAL CONFERENCE OF STATES LEGISLATURE, 2007, **Stated Maximum Posted Speed Limit Laws**. Disponível em: <<http://www.ncsl.org/print/transportation/l-speedlimit07.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2009.

NEVADA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2001, **Development of a low-cost automatic vehicle classification system**, Disponível em:

<[http://www.nevadadot.com/reports\\_pubs/Research\\_Pubs/pdfs/ResearchReports/1997/97\\_018.pdf](http://www.nevadadot.com/reports_pubs/Research_Pubs/pdfs/ResearchReports/1997/97_018.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2009

NCSL **ver** NATIONAL CONFERENCE OF STATES LEGISLATURE.

NDOT **ver** NEVADA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION.

OECD **ver** ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

OMS **ver** ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2006, **Country reports on road safety performance.**

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2004, **Road safety: a public health issue**, Disponível em: <[http://www.who.int/features/2004/road\\_safety/en/](http://www.who.int/features/2004/road_safety/en/)>. Acesso em: 06 jan. 2010

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2008, **Speed management: a road safety manual for decision-makers and practitioners**, Geneva, Global Road Safety Partnership, Disponível em: <[http://www.who.int/roadsafety/projects/manuals/speed\\_manual/en/](http://www.who.int/roadsafety/projects/manuals/speed_manual/en/)>. Acesso em: 13 abr. 2010

PAINE, M. et al., 2007, **In-vehicle intelligent speed advisory systems**, Proceedings of 20th ESV, Disponível em: <<http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-01/esv/esv20/07-0247-W.pdf>>. Acesso em: 14 jun 2010

PATTERSON, T. L., FRITH, W. J. e SMALL, M. W., 2000, **Down with speed: a review of the literature, and the impact of speed on new zealanders.** Accident Compensation Corporation and Land Transport Safety Authority, Wellington, NZ.

PEREIRA, L. F., 2005, **Um procedimento de apoio a decisão para escolha de sistemas de controle de tráfego considerando a coleta automatizada de dados.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia.

PERKONS, 2010, **Mercado de fiscalização eletrônica avança e conquista papel fundamental nos sistemas de gestão do trânsito**, Disponível em: <<http://www.perkons.com/index.php?page=noticias&sub=ultimasnoticias&subid=7935>> Acesso em: 13 jun 2010

POR VIAS SEGURAS, 2010, **Velocidade e distância de parada**, Disponível em: <[http://www.vias-seguras.com/publicacoes/manual\\_transito\\_6\\_ao\\_9\\_ano\\_rj/aula\\_9\\_velocidade\\_e\\_distancia\\_de\\_parada](http://www.vias-seguras.com/publicacoes/manual_transito_6_ao_9_ano_rj/aula_9_velocidade_e_distancia_de_parada)>. Acesso em 15 jun 2010

PREVEDOUROS, P. D., 2003, **Automated tolls for Greece: systems review and performance with AVC**, Disponível em: <<http://www.eng.hawaii.edu/~panos/tolls.pdf>>. Acesso em: 12 nov 2009

RIO DE JANEIRO. Fundação Departamento de Estradas e Rodagem - DER, 2010, **Localização de Radares e Lombadas**, Disponível em: <[http://www.der.rj.gov.br/lombadas\\_radares.asp](http://www.der.rj.gov.br/lombadas_radares.asp)>. Acesso em: 13 jun 2010

ROSPA **ver** THE ROYAL SOCIETY FOR THE PREVENTION OF THE ACCIDENTS

SAIGG, M., 2006, **Vigilância que salva vidas**, Disponível em: <<http://www.itsb.org.br/BancodeDadsBD/VigilanciaQueSalvaVidas.doc>>. Acesso em: 14 abr. 2010

SIMONI, L., 2008, **Contagem de eixos de veículos com sensores indutivos** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica do Paraná

SIQUEIRA, F. C. M., 2006, **Verificação Metrológica em medidores de velocidade para veículos automotores do tipo fixo, uma nova metodologia**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense.

SUN, C., RITCHIE, S. G. e OH, S., 2000, **Inductive classifying artificial network for vehicle type categorization**. Califórnia Path Research Report, UCB-ITS-WP-00-26, Berkeley.

SUN, C., RITCHIE, S. e TSAI, W., 1998, **Algorithm Development for Derivation of Section-Related Measures of Traffic System Performance**. Transportation Research Record 1643.

SWOV, 2010, **The relation between speed and crashes**, Disponível em: <[http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS\\_Speed.pdf](http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS_Speed.pdf)>, Acesso em: 15 jun 2010

TDS **ver** TRANSPORT DATA SYSTEMS

THE ROYAL SOCIETY FOR THE PREVENTION OF THE ACCIDENTS, 2005, **Speed and road accidents**. Disponível em: <[http://www.rosipa.com/roadsafety/info/speed\\_camera\\_factsheet\\_0806.pdf](http://www.rosipa.com/roadsafety/info/speed_camera_factsheet_0806.pdf)>. Acesso em: 07 jan. 2010

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2004, **Equipment for collecting traffic load data**. Washington: National Cooperative Highway Research Program, 58 p.

TRANSPORT DATA SYSTEMS, 2009, **The ABC's of AVC**, Disponível em: <[http://www.transportdatasystems.com/abcs\\_of\\_avc.php](http://www.transportdatasystems.com/abcs_of_avc.php)>. Acesso em: 11 jun 2010

TRB **ver** TRANSPORTATION RESEARCH BOARD

VELLOSO, M., 2006, **Identificação dos fatores contribuintes dos atropelamentos de pedestres em rodovias inseridas em áreas urbanas: O caso do Distrito Federal**. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Disponível em: <[http://www.transportes.unb.br/arquivos\\_pdf/monicasoaresvelloso.pdf](http://www.transportes.unb.br/arquivos_pdf/monicasoaresvelloso.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2010

YAMADA, M. G., 2005, **Impacto dos radares fixos na velocidade e na acidentalidade em trecho da Rodovia Washington Luís**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

WASHINGTON DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2005, **WSDOT Pavement Guide**, Disponível em: <<http://training.ce.washington.edu/PGI/>>. Acesso em: 3 nov 2009

WSDOT **ver** WASHINGTON DEPARTMENT OF TRANSPORTATION.

## **ANEXO A – REGULAMENTO TÉCNICO METROLÓGICO A QUE REFERE-SE À PORTARIA INMETRO N.º 115 DE 29 DE JUNHO DE 1998.**

### **1. OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO**

1.1 O presente regulamento tem por objetivo estabelecer as condições mínimas a que devem satisfazer os medidores de velocidade para veículos automotivos utilizados nas medições que envolvem as atividades previstas no item 8 da Resolução n.º 11/88, de 12 de outubro de 1988, do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - CONMETRO.

1.2 Este regulamento se aplica aos radares doppler, medidores de velocidade que utilizam sensores de superfície e medidores de velocidade óticos, seus dispositivos complementares e acessórios.

### **2. UNIDADES DE MEDIDA**

2.1 Para a velocidade, o quilômetro por hora (km/h).

2.2 Para tempo, a hora (h), minuto (min) e o segundo (s).

### **3. DEFINIÇÕES**

3.1 Instrumento automático: instrumento que não necessita da interferência de operador em qualquer das fases de funcionamento.

3.2 Instrumento não automático: instrumento que necessita do controle do operador.

3.3 Medidor de velocidade: instrumento responsável pela medição de velocidade de veículos automotivos.

3.4 Medidores fixos: medidor de velocidade instalado em local definido e em caráter permanente.

3.5 Medidores estáticos: medidor de velocidade instalado em um veículo parado ou em um suporte apropriado.

3.6 Medidores moveis: medidor de velocidade instalado em um veículo em movimento que procede a medição ao longo da via.

3.7 Radar: medidor de velocidade que, empregando ondas contínuas na faixa de microondas, transmite e recebe, operando pelo princípio Doppler.

3.7.1 Radar portátil: medidor de velocidade, no qual o feixe de microondas é direcionado manualmente ao longo da via para atingir um veículo alvo.

3.7.2 Radar fixo ou estático: medidor de velocidade instalado de forma permanente ou em suporte apropriado no qual o feixe de microondas é direcionado com um ângulo conhecido, na via.

3.7.3 Radar móvel: medidor de velocidade instalado em veículo em movimento.

3.8 Medidor que utiliza sensores de superfície: medidor de velocidade cujo elemento sensor encontra-se localizado sob ou sobre a superfície da via de tal modo que quando um veículo passa sobre este elemento alguma mudança em suas propriedades físicas é produzida propiciando a medição da velocidade do veículo.

3.9 Medidor ótico: medidor de velocidade que usa feixe de luz na região visível ou infravermelho.

3.9.1 Medidor ótico portátil: medidor de velocidade que consiste de um feixe único de luz direcionado para um veículo alvo. A energia refletida é detectada e processada para determinar a velocidade do veículo.

3.9.2 Medidor ótico fixo ou estático: medidor de velocidade que consiste de dois ou mais feixes de luz que são direcionados e detectados por sensores separados, ou refletidos por outros sensores na superfície da rodovia, ou por um refletor construído com este propósito. A velocidade é determinada pela medição do intervalo do tempo entre a interrupção dos feixes causada pela passagem do veículo.

3.10 Dispositivo indicador: indica a velocidade do veículo controlado e, para os instrumentos instalados nos veículos em movimento, também a velocidade do veículo no qual está instalado.

3.11 Dispositivo seletor de velocidades: permite identificar as velocidades superiores a um valor pré-determinado.

3.12 Dispositivo registrador: permite o registro do veículo infrator, seja por meio fotográfico ou eletrônico.

3.13 Efeito Doppler: variação de freqüência, entre a emitida pela antena do instrumento medidor e a refletida pelo veículo sob controle, proporcional à velocidade deste veículo.

3.14 Nível de severidade: É um coeficiente que caracteriza o nível do fator ou fatores de influência que atuam no instrumento.

#### 4. PRESCRIÇÕES METROLÓGICAS

4.1 Os medidores de velocidade devem funcionar normalmente e apresentar medições que satisfaçam o presente regulamento quando submetidos às seguintes condições:

a) temperaturas ambientes de -10°C a 55°C.

b) tensão elétrica de alimentação entre -10% a +20% da tensão nominal para corrente contínua e entre -15% a +10%, para corrente alternada.

c) descargas eletrostáticas de 8 KV por contato e 15 KV pelo ar, e freqüência de repetição de 0,1 Hz.

d) radiações eletromagnéticas com intensidade de campo de 10 V/m em freqüências entre 80 MHz a 1000 MHz.

e) transientes na linha de alimentação: para os instrumentos com alimentação elétrica em corrente alternada será aplicado trem de pulsos, positivos e negativos, com duração de 15 ms em intervalo de repetição de 300 ms constituído por pulsos de amplitude de 1 KV, 5ns de subida e duração 50 ns com impedância de 50 Ω.

- Para os instrumentos que se utilizam da alimentação do veículo automotivo será procedido ensaio de transientes elétricos de acordo com a ISO n.º 7637-1.

f) umidade relativa do ar entre 10% e 95%.

#### 4.2 Erros máximos admitidos

4.2.1 Erros máximos admitidos em apreciação técnica de modelo em laboratório.

a) Para medidores de velocidades com indicação analógica

± 1,5 km/h para valores medidos até 100 km/h

± 1,5% para valores medidos superiores a 100 km/h

A informação registrada não deve diferir em mais de 1 km/h da indicação do instrumento.

b) Para medidores de velocidades com indicação digital

± 1 km/h para valores medidos até 100 km/h

± 2 km/h para valores medidos superiores a 100 km/h

A informação registrada deve coincidir com a indicação do instrumento.

#### 4.2.2 Erros máximos admitidos na apreciação técnica de modelo em condições de uso.

± 3 km/h para valores medidos até 100 km/h

± 3% para valores medidos superiores a 100 km/h

4.2.3 Os erros máximos admitidos nas verificações metrológicas de medidores de velocidade, são os constantes na tabela 1, abaixo.

TABELA 1 - Erros máximos admitidos

Verificação	Medidor de velocidade fixo ou estático		Medidor de velocidade móvel	
	Vel ≤ 100 km/h	Vel > 100 km/h	Vel ≤ 100 km/h	Vel > 100 km/h
Verificação inicial	± 3 km/h	± 3%	± 5 km/h	± 5%
Verificação periódica/eventual	± 5 km/h	± 5%	± 7 km/h	± 7%

4.2.4 Os erros máximos admitidos para medição em serviço são ± 7 km/h para velocidades até 100 km/h e ± 7% para velocidades acima de 100 km/h.

## 5. PRESCRIÇÕES TÉCNICAS

5.1 Os medidores de velocidade, os dispositivos complementares e acessórios devem ser fabricados com materiais de resistência adequada e possuir características capazes de assegurar a estabilidade desses instrumentos nas condições normais de uso.

5.1.1 Os diversos dispositivos, utilizados com o instrumento, devem ser propriamente identificados.

5.2 Códigos, mensagens e expressões fornecidas no dispositivo indicador deverão ser identificados no manual de operações.

5.3 O valor da divisão deverá ser no máximo 1 km/h.

5.4 Todo o instrumento deverá vir acompanhado do seu manual de operação, em língua portuguesa, contendo descrição de instalação e utilização, visando o bom desempenho do instrumento.

5.5 Os medidores de velocidade automáticos devem ser dotados de dispositivo seletor de velocidades que permita ajustar previamente a velocidade de controle.

5.6 Os medidores de velocidade devem indicar a velocidade do veículo controlado e, para os instrumentos instalados nos veículos em movimento, também a velocidade do veículo no qual encontra-se instalado.

5.6.1 A determinação da velocidade dos veículos deve realizar-se de forma concomitante.

5.7 Quando o medidor de velocidade for utilizado em veículo em movimento, só deverá medir a velocidade dos veículos que se aproximem ou se afastem com a mesma direção de deslocamento do veículo medidor.

5.8 O medidor de velocidade utilizado em um lugar fixo deve medir a velocidade dos veículos em seu sentido de deslocamento.

5.9 O medidor de velocidade pode ser projetado para medir velocidade em ambos os sentidos.

5.10 Os medidores de velocidade devem ser providos com botão liga/desliga, indicador de estabilidade de tensão e/ou indicador de bateria.

5.11 O instrumento deve ser provido com um auto diagnóstico, independente do circuito de medição capaz de verificar as funções e o bom funcionamento de todos os circuitos desde a entrada até a saída do medidor de velocidade.

5.11.1 O auto diagnóstico pode ser automático quando o medidor de velocidade é ligado, e deve também ser disponível por acionamento manual.

5.11.2 Quando no auto diagnóstico é acionado um dispositivo de registro, este deve identificar claramente a situação de teste.

5.11.3 Os instrumentos que utilizam sensores de superfície estão dispensados de obrigatoriedade do auto diagnóstico.

5.12 O medidor de velocidade deve incorporar dispositivo que permita a simulação de uma ou mais velocidades representativas de velocidades medidas na prática.

5.13 Dígitos segmentados devem ter todos os seus segmentos testados a fim de verificar seu pleno funcionamento.

5.14 O medidor de velocidade cuja operação é não autônoma deve ter a última velocidade medida visível no mostrador até que seja manualmente apagada.

5.14.1 Não deve ser possível retornar ao mostrador alguma leitura feita anteriormente, quando o mostrador é apagado.

5.15 O medidor de velocidade automático deve ser inicializado em tráfego e tomadas as precauções de operação/instalação cabíveis ensejando uma medição confiável.

5.16 Nos medidores de velocidade desprovidos de registro, as indicações devem ser legíveis para dois operadores simultaneamente, nas condições de utilização.

5.17 O registro do veículo infrator deve ser procedido de forma clara e inequívoca pelo dispositivo registrador acoplado ao instrumento medidor de velocidade.

5.17.1 A identificação do veículo infrator deve ser complementada com as seguintes informações:

- a) a velocidade instantânea do veículo, em km/h
- b) dia, mês e ano
- c) hora e minuto
- d) identificação do local e velocidade máxima permitida

5.18 Os radares devem satisfazer as seguintes exigências:

5.18.1 Quando dois ou mais veículos com velocidades distintas entrarem na área de medição, o medidor de velocidade não deverá fornecer resultado de medida.

5.18.2 A potência do lóbulo principal de emissão deverá ser superior pelo menos em 15 dB à dos lóbulos secundários, com diferença de pelo menos 30 dB entre o lóbulo principal e o lóbulo oposto (traseiro).

5.18.3 O ângulo formado pelo eixo do lóbulo principal de emissão dos radares, instalados em um lugar fixo, em relação a via deverá ser verificado por meio de um dispositivo apropriado. Este dispositivo deverá ter uma exatidão de pelo menos meio grau (0,5°) de ângulo.

5.18.4 A velocidade teórica, em função da frequência  $fd$  do sinal simulado de Doppler, será calculado

$$Vd = \frac{0,5 \times fd \times \lambda}{\cos \alpha}$$

por, onde  
 $\lambda$  = comprimento de onda de emissão do radar

$\alpha$  = ângulo de incidência do feixe de microondas

5.18.5 Atenuações do sinal de potência radiada do medidor de velocidade até seu limite de recepção, assim como limitações de duração da transmissão, não devem provocar erro na medição.

5.18.6 O ângulo de radiação transmitida, para radar fixo ou estático, deve estar entre 10° a 30° em relação ao eixo longitudinal da via, devendo ser claramente marcado na antena.

5.18.7 Nos radares portáteis a largura que compreende a meia potência do feixe não deve exceder um ângulo de 24°. O primeiro lóbulo secundário deve ter pelo menos 20 dB abaixo do lóbulo principal, com diferença de pelo menos 30 dB entre o lóbulo principal e o lóbulo oposto (traseiro).

5.18.8 Quando o instrumento é destinado a funcionar dentro de um veículo, o fabricante deve fornecer um meio de verificar se a câmera e a antena estão propriamente alinhadas.

5.19 Aos medidores de velocidade podem ser conectados dispositivos complementares e acessórios desde que:

- a) o perfeito funcionamento do instrumento não seja afetado e
- b) estes dispositivos sejam apreciados e aprovados.

5.20 Quando for utilizado dispositivo indicador sonoro, deverá ser possível sua atenuação ou desativação.

5.21 Os medidores de velocidade óticos portáteis devem ser providos de um dispositivo de mira em alinhamento real com o feixe de luz.

5.22 A potência do feixe de luz (LASER) não deve exceder a classe I especificada na Norma BSI 7192, de 1989.

## 6. MARCAÇÃO

6.1 Devem ser selados todos elementos onde o acesso possa provocar erros de medição ou redução da segurança metrológica.

6.2 Todo medidor de velocidade deve prover local adequado, para fácil aposição e visualização das marcas de verificação.

## 7. INSCRIÇÕES OBRIGATÓRIAS

7.1 Todas as inscrições e identificações do instrumento serão procedidas em língua portuguesa.

7.2 O medidor de velocidade deve portar de maneira legível e indelével, as seguintes informações:

- a) marca ou nome do fabricante;
- b) importador e respectivo país de origem;
- c) designação do modelo e número de fabricação;
- d) número da portaria de aprovação do modelo.

## 8. CONTROLE METROLÓGICO

### 8.1 Aprovação de modelo

8.1.1 Nenhum medidor de velocidade pode ser comercializado ou exposto à venda, sem corresponder ao modelo aprovado, bem como sem ter sido aprovado em verificação inicial.

8.1.1.1 O fabricante ou o seu representante legal deve colocar à disposição do órgão metrológico competente executor das verificações, os meios adequados para a realização dos ensaios, caso estes sejam executados nas instalações do fabricante ou do seu representante legal.

8.1.2 Cada modelo de medidor de velocidade de cada fabricante deve ser submetido ao procedimento de aprovação de modelo. Para tanto, o fabricante ou seu representante legal deve submeter ao INMETRO 0,1 (um) protótipo de medidor de velocidade em conformidade com o modelo a ser aprovado.

8.1.3 A apreciação técnica do modelo consiste nas seguintes etapas principais: exame da documentação, exame preliminar e ensaios do protótipo.

8.1.3.1 Exame da documentação: verifica-se, se a documentação apresentada está completa e se o manual de operação do medidor de velocidade inclui as seguintes informações:

- a) o princípio de funcionamento do medidor de velocidade;
- b) diagrama de blocos;
- c) especificações técnicas de funcionamento;
- d) informação sobre as principais causas de erros;
- e) condições, limitações, restrições do instrumento.

8.1.3.2 Exame preliminar: verifica-se, se o modelo foi fabricado de acordo com as exigências deste regulamento, em exames visuais e funcionais, assim como: qualidade dos materiais, identificações, clareza das indicações, inscrições obrigatórias, dimensões dos caracteres dos indicadores, funcionamento dos diversos dispositivos operacionais.

### 8.1.4 Ensaios do protótipo

Serão realizados ensaios laboratoriais e em condições de tráfego real.

8.1.4.1 Ensaio da antena: verifica-se o diagrama de radiação da antena, a estabilidade da frequência da onda emitida e a estabilidade da potência de saída radiada para os medidores de velocidade que utilizam o efeito Doppler.

8.1.4.2 Ensaio do ângulo de instalação da antena: verifica-se o ângulo de instalação da antena, para medidor de velocidade que utilize o princípio Doppler.

8.1.4.3 Ensaio de simulação de velocidade: verifica-se a exatidão da medição para diversas velocidades dentro da faixa de indicação do instrumento.

8.1.4.4 Comprovação do alcance da medição: verifica-se a distância máxima que o instrumento realiza a medição, de acordo com este regulamento.

8.1.4.5 Ensaio do dispositivo de discriminação de sentido: verifica-se o funcionamento do dispositivo de seleção do sentido de medição.

8.1.4.6 Ensaio do sistema de registro fotográfico ou vídeo: verifica-se se a indicação informada está dentro do erro máximo permitido, conforme item 4.2.

8.1.4.7 Ensaio climático: serão procedidos ensaios de determinação dos erros de indicação em função das variações de temperatura e umidade de acordo com o nível de severidade, constantes da tabela 2 abaixo

TABELA 2 - Ensaio climático

Ensaio →	Frio	Referência	Calor úmido	Calor seco
Nível de severidade	2	-	2	3
Temperatura (°C)	- 10	20	40	55
Umidade (%)	-	60	93	40

8.1.4.8 Ensaio da influência da variação de tensão: serão procedidos ensaios nos limites da faixa da tensão de alimentação, de acordo com 4.1, b.

8.1.4.9 Ensaio de compatibilidade eletromagnética: serão procedidos os ensaios de compatibilidade eletromagnética de acordo com as prescrições do item 4.1, letras c, d, e.

8.1.4.10 Ensaio em condições reais de tráfego: deverão ser selecionadas velocidades desde 30 km/h até a máxima permitida. Para cada velocidade serão realizadas no mínimo 10 medições em cada sentido.

8.1.4.11 Qualquer alteração nos componentes dos medidores de velocidade implicará em nova aprovação de modelo.

8.1.4.12 A adaptação de qualquer equipamento não previsto na aprovação de modelo somente será admitida com a autorização prévia do INMETRO.

8.1.4.13 As modificações que impliquem alteração de um modelo aprovado, não devem ser efetuadas sem a prévia autorização do INMETRO.

8.1.5 Os erros máximos admitidos nos ensaios de apreciação técnica do modelo são os previstos no subitens 4.2.1 e 4.2.2 deste Regulamento.

## 8.2 Verificação inicial

8.2.1 É de responsabilidade do fabricante ou do importador, a apresentação do instrumento para verificação inicial, em local apropriado, designado pelo Órgão Metrológico competente.

8.2.2 A verificação inicial consistirá de:

- a) comprovação da conformidade do instrumento ao modelo aprovado;
- b) ensaio de simulação de velocidade.

8.2.2.1 Para medidores que dependem de instalação incidirá uma verificação metrológica antes da colocação em uso constando de:

- a) comprovação da correta instalação e ajuste do instrumento e
- b) ensaio em condições reais de tráfego.

8.2.3 Os erros máximos admitidos nas verificações iniciais são os previstos no subitem 4.2.3 deste Regulamento.

### 8.3 Verificações periódicas

8.3.1 As verificações periódicas, de caráter obrigatório, serão efetuadas anualmente.

8.3.1.1 Nas verificações periódicas serão procedidos os seguintes ensaios:

- a) inspeção geral para ver se o instrumento conserva as características originais de fabricação e está de acordo com as demais exigências regulamentares;
- b) ensaio em condição de tráfego real e
- c) ensaio de simulação da velocidade.

8.3.1.2 É de responsabilidade do detentor do instrumento, a apresentação do mesmo para verificação periódica.

### 8.4 Verificação eventual

8.4.1 Sempre que houver reparo, alteração dos sensores de superfície, ou rompimento da marca de selagem do INMETRO, o instrumento deve ser submetido a uma verificação eventual.

8.4.1.1 Nas verificações eventuais serão procedidos os ensaios constantes do item 8.3.1.1

8.4.1.2 É de responsabilidade do detentor do instrumento, apresentar solicitação para verificação eventual.

8.5 Todo medidor de velocidade está sujeito à inspeção metrológica.

8.6 Os erros máximo admitidos nas verificações periódicas e eventuais são os previstos no subitem 4.2.3 deste Regulamento.

8.7 Os erros máximos admitidos na inspeção metrológica são os previstos no subitem 4.2.4 (erros máximos admitidos para medição em serviço).

## 9. CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO

9.1 Todo medidor de velocidade deve manter as características construtivas, operacionais e metrológicas do modelo aprovado e estar com seus elementos e dispositivos em perfeitas condições de conservação e funcionamento.

9.1.1 Todas as inscrições obrigatórias, unidades, símbolos, legendas e indicações devem se apresentar clara e facilmente legíveis.

9.1.2 Os caracteres das indicações devem permanecer alinhados, perfeitamente legíveis e não apresentar falhas parciais ou totais.

9.2 É responsabilidade do detentor do instrumento zelar pela sua correta manutenção através das firmas permissionárias do serviço de instalação e conserto.

9.3 As marcas de verificação e selagem devem ser mantidas em perfeitas condições.

## 10. DISPOSIÇÕES GERAIS

10.1 Os medidores de velocidade para veículos automotivos atualmente em uso, que não tenham o seu modelo aprovado continuarão a ser utilizados desde que atendam ao disposto no item 8.6 deste RTM.

10.2 Os medidores de velocidade para veículos automotivos reconicionados deverão ser submetidos a nova verificação metrológica por parte do órgão Metrológico competente e estar de acordo com o prescrito no item 8.6 deste RTM.

10.3 Os permissionários autorizados a realizar manutenção e a efetuar reparos devem solicitar a presença de técnicos do INMETRO, para a necessária inspeção de suas instalações e aprovação de suas bancadas de ensaio.

10.4 Para efeito deste RTM o importador assemelha-se ao fabricante.

## **ANEXO B – RESOLUÇÃO CONTRAN N.º 340, 25 DE FEVEREIRO DE 2010**

Referenda a Deliberação 86 que altera a Resolução CONTRAN n.º 146/03, estabelecendo critérios para informação complementar à placa R-19

O CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN, no uso das atribuições que lhe confere o art. 12, I, da Lei n.º 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro, e conforme o Decreto n.º 4.711, de 29 de maio de 2003, que dispõe sobre a coordenação do Sistema Nacional de Trânsito;

Considerando o disposto no art. 92 do CTB que determina que o CONTRAN estabeleça as normas e regulamentos a serem adotados em todo o território nacional quando da implementação das soluções adotadas pela Engenharia de Tráfego, assim como padrões a serem praticados por todos os órgãos e entidades do Sistema Nacional de Trânsito;

Considerando a necessidade de uniformizar a informação complementar ao sinal R-19 “Velocidade máxima permitida” para os casos em que, estudos técnicos demonstrem a necessidade de estabelecer e fiscalizar velocidades máximas permitidas distintas para determinados tipos de veículos no mesmo local ou trecho da via;

Considerando que o uso de várias denominações de veículos para um mesmo limite de velocidade dificulta a compreensão da mensagem pelo condutor;

Considerando a disposição do § 2º do art. 280 do CTB que determina a necessidade do CONTRAN regulamentar previamente a utilização de instrumento ou equipamento hábil para o registro de infração;

Considerando as disposições da Resolução n.º 146, de 23 de agosto de 2003 do CONTRAN, com alterações dadas pela Resolução n.º 214, de 13 de novembro do CONTRAN, e do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume I – Sinalização Vertical de Regulamentação, instituído pela Resolução n.º 180 do CONTRAN, de 26 de agosto de 2005;

### **RESOLVE:**

Art. 1º Referendar em sua integridade a Deliberação n.º 86, de 25 de novembro de 2009, do Presidente do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, publicada no DOU, de 26 de novembro de 2009.

Art. 2º Acrescer os §§ 5º, 6º e 7º ao art. 5º da Resolução CONTRAN n.º 146, de 27 de agosto de 2003, com a seguinte redação:

]

*“§ 5º Quando o local ou trecho da via possuir velocidade máxima permitida por tipo de veículo, o sinal de regulamentação R-19 “Velocidade Máxima Permitida” deverá estar acompanhado da informação complementar, na forma do Anexo V desta Resolução.”*

*“§ 6º Para fins de cumprimento do estabelecido no parágrafo anterior, os tipos de veículos registrados e licenciados devem estar classificados conforme as duas denominações descritas a seguir:*

*I- “VEÍCULOS LEVES” correspondendo a ciclomotor, motoneta, motocicleta, triciclo, quadriciclo, automóvel, utilitário, caminhonete e camioneta.*

*II- “VEÍCULOS PESADOS” correspondendo a ônibus, microônibus, caminhão, caminhão-trator, trator de rodas, trator misto, chassi-plataforma, motor-casa, reboque ou semireboque e suas combinações.*

§ 7º “VEÍCULO LEVE” tracionando outro veículo equipara-se a “VEÍCULO PESADO” para fins de fiscalização.

Art. 3º Acrescer o Anexo V à Resolução CONTRAN nº 146, de 27 de agosto de 2003.

Art. 4º Esta Resolução entra em vigor na data da sua publicação.

Alfredo Peres da Silva  
Presidente

Rui César da Silveira Barbosa  
Ministério da Defesa

Rone Evaldo Barbosa  
Ministério dos Transportes

Paulo Sérgio França de Sousa Júnior  
Ministério dos Transportes

Esmeraldo Malheiros Santos  
Ministério da Educação

José Antônio Silvério  
Ministério da Ciência e Tecnologia

Rudolf de Noronha  
Ministério do Meio Ambiente

Elcione Diniz Macedo  
Ministério das Cidades

Anexo V – Exemplo de sinalização Regulamentação de velocidades distintas para diferentes tipos de veículos no mesmo trecho da via



**Observações:**

- As placas ilustradas são exemplos para atendimento ao disposto nesta Resolução, podendo ser estabelecidos outros limites de velocidades, devidamente justificados por estudos técnicos.
- A diagramação das placas deve seguir o disposto na Resolução CONTRAN que trata de Sinalização Vertical de Regulamentação.

**ANEXO C – COMPRIMENTO DOS PRINCIPAIS MODELOS DE AUTOMÓVEIS UTILIZADOS NO BRASIL**

<b>MODELO</b>	<b>COMPRIMENTO</b>	<b>ALTURA</b>	<b>LARGURA</b>
<b>AUDI</b>			
<b>A3</b>	4286	1423	1765
<b>A4</b>	4527	1628	1766
<b>A6</b>	4796	1453	1953
<b>A8</b>	5034	1438	2007
<b>Q7</b>	5086	1737	1983
<b>S3</b>	4159	1415	1848
<b>S4</b>	4586	1415	1781
<b>S6</b>	4833	1443	1850
<b>S8</b>	5034	1418	2007
<b>TT</b>	4041	1345	1856
<b>BMW</b>			
<b>M3</b>	4471	1415	1739
<b>M5</b>	4784	1432	1800
<b>M6</b>	4871	1372	1855
<b>316</b>	4433	1393	1698
<b>318</b>	4433	1393	1698
<b>320</b>	4520	1421	1817
<b>325</b>	4520	1421	1817
<b>323</b>	4471	1415	1739
<b>328</b>	4471	1415	1739
<b>330</b>	4471	1415	1739
<b>335</b>	4520	1421	1817
<b>520</b>	4775	1435	1800
<b>525</b>	4775	1435	1800
<b>528</b>	4775	1435	1800
<b>530</b>	4775	1435	1800
<b>535</b>	4775	1435	1800
<b>540</b>	4775	1435	1800
<b>545</b>	4775	1435	1800
<b>550</b>	4841	1468	1846
<b>645</b>	4820	1373	1855
<b>650</b>	4820	1373	1855
<b>740</b>	4984	1435	1862
<b>745</b>	5029	1492	1902
<b>760</b>	5169	1492	1902
<b>X3</b>	4565	1674	1853
<b>X5</b>	4667	1715	1872
<b>Z3</b>	4050	1293	1740
<b>Z4</b>	4113	1287	1781
<b>Z8</b>	4400	1317	1830

MODELO	COMPRIMENTO	ALTURA	LARGURA
<b>CHEVROLET</b>			
ASTRA HATCH	4199	1431	1709
ASTRA SEDAN	4342	1425	1709
ASTRA WAGON	4051		1689
BLAZER	4642	1640	1690
BONANZA	4830	1880	1990
CALIBRA	4492		1688
CARAVAN	4812	1486	1760
CAVALIER	4378	1318	1676
CELTA	3748	1342	1600
CHEVETTE HATCH	4120	1320	1570
CHEVETTE SEDAN	4120	1320	1570
CHEVY 500	4183	1330	1570
CORSA HATCH	3822	1432	1646
CORSA PICK UP	3700	1380	1600
CORSA SEDAN	4170	1432	1646
CORSA WAGON	4056	1448	1608
D10	4820	1780	2000
D20 CAB SIMPLES	4830	1880	1990
D20 CAB DUPLA	4820	1780	2000
KADETT	4073		1800
LUMINA	4930	1660	1880
MERIVA	4042	1573	1944
MONTANA	4430	1420	1954
MONZA	4336	1357	1668
MONZA HATCH	4264	1359	1658
OMEGA	4900	1440	1842
OPALA	4800	1430	1908
PRISMA	4127	1452	1645
S10 CAB SIMPLES	4780	1650	1079
S10 CAB DUPLA	5257	1600	1734
OMEGA SUPREMA	4738		1933
TIGRA	3922	1330	1596
TRACKER	4215	1990	1740
VECTRA	4495	1415	1707
VECTRA GT	4281	1465	1753
VERANEIO	5094	1748	1997
ZAFIRA	4317	1629	1742
<b>CHRYSLER</b>			
300C	5000	1483	1881
300M	4999	1415	1892
CARAVAN	4733	1740	1950
GRAN CARAVAN	5070	1740	1950
NEON	4390	1421	1711
PT CRUISER	4288	1601	1705
<b>CITROEN</b>			
BERLINGO	4108	1802	1719
C3	3850	1519	1667

<b>C4</b>	4274	1458	1769
<b>C4 PALLAS</b>	4770	1512	1773
<b>C5</b>	4618	1476	1770
<b>C6</b>	4908	1464	1860
<b>C8</b>	4720	1750	2190
<b>XANTIA</b>	4524	1400	1755
<b>XANTIA BREAK</b>	4524	1400	1755
<b>XSARA</b>	4188	1405	1705
<b>XSARA BREAK</b>	4354	1420	1698
<b>PICASSO</b>	4276	1660	1751
<b>DODGE</b>			
<b>DAKOTA</b>	4980	1740	1816
<b>DURANGO</b>	4914	1803	1811
<b>RAM 2500</b>	5780	1990	2030
<b>VIPER</b>	4475	1133	1923
<b>FIAT</b>			
<b>BRAVA</b>	4180	1430	1740
<b>DOBLO</b>	4354	1957	1763
<b>ELBA</b>	4037	1450	1548
<b>ELBA WEEKEND</b>	4037	1450	1548
<b>FIORINO</b>	4159	1873	1622
<b>IDEA</b>	3930	1680	1690
<b>MAREA</b>	4393	1450	1741
<b>MAREA WEEKEND</b>	4490	1535	1741
<b>PALIO</b>	4130	1470	1610
<b>PALIO WEEKEND</b>	4142	1460	1627
<b>PANORAMA</b>	3734	1350	
<b>PREMIO</b>	4037	1440	1548
<b>PUNTO</b>	4030	1505	1687
<b>SIENA</b>	4135	1425	1634
<b>STILO</b>	4253	1535	1756
<b>STRADA</b>	4398	1505	1890
<b>TEMPRA</b>	4354	1394	1702
<b>TIPO</b>	3958	1450	1700
<b>UNO</b>	3644	1445	1540
<b>UNO FURGAO</b>	3693	1445	1548
<b>UNO PICK UP</b>	4159	1622	1622
<b>MODELO</b>	<b>COMPRIMENTO</b>	<b>ALTURA</b>	<b>LARGURA</b>
<b>FORD</b>			
<b>CURRIER</b>	4457	1477	1685
<b>ECOSPORT</b>	4240	1672	1734
<b>ESCORT HATCH</b>	4136	1416	1700
<b>ESCORT SEDAN</b>	4136	1394	1700
<b>ESCORT WAGON</b>	4300	1416	1700
<b>EXPLORER</b>	4681		1783
<b>F1000</b>	4860	1820	2030
<b>F250 CAB SIMPLES</b>	5346	1933	2370
<b>F250 CAB DUPLA</b>	6243	1950	2370
<b>FIESTA HATCH</b>	3908	1451	1675
<b>FIESTA SEDAN</b>	4205	1495	1903

<b>FOCUS HATCH</b>	4152	1481	1998
<b>FOCUS SEDAN</b>	4400	1480	1990
<b>FUSION</b>	4832	1417	1835
<b>MONDEO</b>	4556	1420	1745
<b>MONDEO WAGON</b>	4481		1747
<b>MUSTANG</b>	4610	1341	1823
<b>PAMPA</b>	4520	1321	1676
<b>RANGER CAB SIMPLES</b>	4792	1722	1763
<b>RANGER CAB ESTEND</b>	4792	1722	1763
<b>RANGER CAB DUPLA</b>	5125	1779	1763
<b>TAURUS SEDAN</b>	4877	1796	1796
<b>TAURUS WAGON</b>	4870	1410	1800
<b>THUNDERBIRD</b>	4732	1323	1829
<b>VERONA</b>	4230		1690
<b>VERSAILLES</b>	4560		1700
<b>ROYALE</b>	4560	1700	1700
<b>GMC</b>			
<b>CADILLAC ESCALADA</b>	5052	1885	2004
<b>CADILLAC STS</b>	5105	1407	1905
<b>SUBURBAN</b>	5570	1915	2001
<b>HONDA</b>			
<b>ACCORD</b>	4815	1466	1820
<b>CIVIC</b>	4489	1450	1752
<b>CIVIC HATCH</b>	4070	1350	1700
<b>CRV</b>	4520	1680	1820
<b>FIT</b>	3830	1525	1675
<b>HUMMER</b>			
<b>H2</b>	4820	2080	2062
<b>HYUNDAI</b>			
<b>ACCENT</b>	4200	1395	1670
<b>ATOS</b>	3495	1580	1495
<b>ELANTRA SEDAN</b>	4495	1420	1720
<b>GALLOPER</b>	4635	1970	1770
<b>SANTA FE</b>	4675	1795	1890
<b>SONATA</b>	4710	1410	1818
<b>TERRACAN</b>	4710	1795	1860
<b>TUCSON</b>	4325	1730	1830
<b>VERA CRUZ</b>	4840	1750	1938
<b>JAGUAR</b>			
<b>S-TYPE</b>	4861	1444	1819
<b>X-TYPE</b>	4672	1392	2003
<b>JEEP</b>			
<b>CHEROKEE</b>	4254	1625	1724
<b>COMMANDER</b>	4750	1785	2149
<b>CHEROKEE LAREDO</b>	4610	1760	1840
<b>KIA</b>			
<b>BESTA</b>	5470	2060	1810
<b>CARNIVAL</b>	4925	1735	1900
<b>CERATO</b>	4500	1470	1735
<b>CLARUS</b>	4731	1420	1770

<b>OPIRUS</b>	4979	1786	1850
<b>PICANTO</b>	3535	1480	1595
<b>SEPHIA</b>	4510	1415	1720
<b>SHUMA</b>	4525	1415	1720
<b>SORENTO</b>	4567	1730	1863
<b>SPORTAGE</b>	4325	1655	1735
<b>LADA</b>			
<b>LAIKA SEDAN</b>	4006	1335	
<b>NIVA</b>	3720	1640	1682
<b>SAMARA</b>	4000	1330	1620
<b>LAMBORGHINI</b>			
<b>DIABLO ROADSTER</b>	4470	1115	2040
<b>GALLARDO</b>	4300	1165	1900
<b>LAND ROVER</b>			
<b>DEFENDER</b>	4600	1790	2040
<b>DISCOVERY</b>	4835	1841	2190
<b>FREELANDER</b>	4500	1720	2180
<b>RANGE ROVER</b>	4950	1863	2191
<b>RANGE ROVER SPORT</b>	4788	1762	2170
<b>MAZDA</b>			
<b>626</b>	4575	1430	1710
<b>PROTEGE</b>	4440	1419	1709
<b>MERCEDES BENZ</b>			
<b>CLASSE A</b>	3575	1598	1719
<b>CLASSE B</b>	4270	1604	1975
<b>C 180</b>	4526	1426	1728
<b>C 200</b>	4532	1426	1977
<b>C 230</b>	4532	1426	1977
<b>C 240</b>	4526	1420	1968
<b>C 280</b>	4581	1447	2020
<b>C 320</b>	4526	1426	1728
<b>C 350</b>	4532	1730	1977
<b>C 43</b>	4520	1390	1960
<b>CL 500</b>	4993	1398	1857
<b>CL 600</b>	4993	1398	2104
<b>CL 63</b>	5084	1419	2139
<b>CL 65</b>	5084	1419	2139
<b>CLK 320</b>	4638	1413	1991
<b>CLK 350</b>	4638	1413	1991
<b>CLK 500</b>	4638	1413	1991
<b>G 320</b>	4662	1931	1760
<b>ML 320</b>	4680	1810	1830
<b>ML 350</b>	4638	1820	2126
<b>ML 430</b>	4680	1810	1830
<b>ML 500</b>	4638	1820	2126
<b>ML 55</b>	4635	1804	2126
<b>ML 63</b>	4812	1899	2127
<b>R 500</b>	4930	1659	2168
<b>S 500</b>	5206	1475	2115
<b>S 600</b>	5206	1473	2113

<b>S 55</b>	5163	1450	2092
<b>SL 500</b>	4532	1298	2033
<b>SL 55</b>	4535	1295	2033
<b>SL 65</b>	4535	1295	2033
<b>SLK 200</b>	4082	1297	1978
<b>SLK 230</b>	4000	1290	1720
<b>SLK 320</b>	4000	1290	1720
<b>SLK 350</b>	4082	1297	1978
<b>SLK 55</b>	4082	1297	1978
<b>mitsubishi</b>			
<b>AIRTREK</b>	4545	1630	1780
<b>ECLIPSE</b>	4455	1310	1750
<b>GALANT</b>	4630	1425	1740
<b>L200 CAB DUPLA</b>	5008	1800	1814
<b>L300</b>	4485	1975	1695
<b>LANCER</b>	4295	1395	1690
<b>OUTLANDER</b>	4640	1680	1800
<b>PAJERO GLS</b>	4795	1855	1875
<b>PAJERO FULL</b>	4280	1845	1875
<b>PAJERO SPORT</b>	4620	1730	1775
<b>PAJERO TR4</b>	4030	1720	1680
<b>SPACE WAGON</b>	4600	1650	1775
<b>NISSAN</b>			
<b>350 Z</b>	4315		1815
<b>FRONTIER CAB SIMPLES</b>	4859	1647	1689
<b>FRONTIER CAB DUPLA</b>	5077	1700	1826
<b>MAXIMA</b>	4770	1420	1770
<b>PATHFINDER</b>	4740	1865	1850
<b>PRIMERA</b>	4522	1410	1715
<b>SENTRA</b>	4567	1512	1790
<b>TIIDA</b>	4295	2600	1695
<b>XTERRA</b>	4530	1890	1790
<b>S-TRAIL</b>	4450	1770	1750
<b>ZX 300</b>	4305	1229	1791
<b>PEUGEOT</b>			
<b>106</b>	3680	1380	1652
<b>206</b>	3835	1432	1652
<b>206 SW</b>	4028	1460	1664
<b>306</b>	4030	1333	1680
<b>307</b>	4202	1510	1746
<b>307 SEDAN</b>	4479	1528	1762
<b>307 SW</b>	4430	1544	1757
<b>406</b>	4610	1360	1830
<b>407</b>	4676	1447	1811
<b>407 SW</b>	4763	1488	1811
<b>607</b>	4871	1460	1835
<b>806 ST</b>	4450	1830	1750
<b>807</b>	4727	1752	2194
<b>BOXER</b>	5005	2150	1998
<b>PARTNER</b>	4108	1801	1723

<b>RENAULT</b>			
CLIO HATCH	3770	1410	1630
CLIO SEDAN	4150	1435	1639
GRAN SCENIC	4498	1636	1810
KANGOO	3995	1860	1672
LAGUNA	4510	1430	1750
LAGUNA GRAN TOUR	4695	1443	1772
LOGAN	4247	1534	1740
MEGANE GRAN TOUR	4500	1467	1777
MEGANE HATCH	4164	1435	1698
MEGANE SEDAN	4498	1460	1777
SANDERO	4021	1528	2000
SCENIC	4169	1615	1719
TRAFFIC	4500	1905	1905
TWINGO	3430	1420	1630
<b>SEAT</b>			
CORDOBA	4163	1424	1640
CORDOBA VARIO	4163	1487	1640
IBIZA	3876	1422	1640
INCA	4207	1695	1695
<b>SSANGYANG</b>			
MUSSO	4656	1735	1864
MUSSO PICK UP	4935	1760	1864
REXTON	4720	1760	1870
<b>SUBARU</b>			
FORESTER	4450	1595	1735
IMPREZA SEDAN	4465	1440	1740
IMPREZA SW	4465	1485	1695
LEGACY OUTBACK	4720	1470	1730
LEGACY SEDAN	4665	1425	1730
<b>SUZUKI</b>			
GRAN VITARA	4215	1740	1780
<b>TOYOTA</b>			
BANDEIRANTES	3930	1998	1715
CAMRY SEDAN	4815	1480	1820
COROLLA	4270	1405	1690
CORONA	4490	1425	1710
FIELDER	4455	1530	1705
HILUX CAB DUPLA	5225	1810	1760
HILUX CAB SIMPLES	4850	1805	1690
HILUX SW	4695	1850	1840
LAND CRUISER	4850	1905	1875
RAV 4	4125	1695	1695
<b>TROLLER</b>			
T4	3940	1880	1850
<b>VOLKSWAGEN</b>			
BORA	4376	1431	1735
BRASILIA	4013	1438	1606
CROSSFOX	4082	1639	1689

<b>EUROVAN</b>	5107	1940	1840
<b>FOX</b>	3804	1544	1640
<b>FUSCA</b>	4206	1485	1540
<b>GOL</b>	3807	1411	1620
<b>GOLF</b>	4200	1450	1730
<b>JETTA</b>	4554	1459	1781
<b>KOMBI</b>	4397	1746	1746
<b>LOGUS</b>	4076	1695	1695
<b>NEW BEETLE</b>	4092	1511	1724
<b>PARATI</b>	4130	1410	1630
<b>PASSAT</b>	4675	1459	1740
<b>PASSAT VARIANT</b>	4669	1740	1750
<b>POINTER</b>	4076	1695	1695
<b>POLO CLASSIC</b>	4137	1442	1695
<b>POLO HATCH</b>	3897	1484	1650
<b>POLO SEDAN</b>	4190	1500	1650
<b>QUANTUM</b>	4637	1449	1700
<b>SANTANA</b>	4527	1402	1695
<b>SAVEIRO</b>	4441	1457	1628
<b>SPACEFOX</b>	4180	1576	1660
<b>TOUAREG</b>	4754	1726	1928
<b>VAN</b>	4207	1846	1695
<b>VOYAGE</b>	4072	1350	1601

**ANEXO D – DIMENSÕES DOS PRINCIPAIS MODELOS DE CAMINHÕES UTILIZADOS NO BRASIL**

<b>MODELO</b>	<b>COMPRIMENTO</b>	<b>ALTURA</b>	<b>LARGURA</b>
<b>VOLKSWAGEN</b>			
<b>DELIVERY</b>			
5140	6443	2568	2684
8150	7693	2558	2684
<b>WONDER</b>			
13170 E	9043	2822	2942
13180	9043	2822	2942
13180 E	9043	2822	2942
<b>CONSTELLATION</b>			
13180		2907	2997
15180		2907	2997
17250	9050	3398	2997
<b>TITAN TRACTOR 19320</b>	6085	3476	2997
19370	6085	3476	2997
24250			
25370	6989	3536	2997
31320	9864	2370	2997
31370	9864	3113	2997
<b>VOLKSBUS</b>			
5140 EOD	5540		
8120 OD	7002		
8150 EOD	6755		
9150 EOD	7652		
15190 EOD	10630		
17230 EOD			
17260 EOT	11797		
18320 EOT	8517		
<b>MERCEDES BENZ</b>			
<b>CAMINHÕES LEVES</b>			
ACCELO 715C	7134	2462	2176
ACCELO 915C	7134	2480	2176
ATEGO 1315	8765	2713	2486
ATEGO 1418	8765	2713	2486
ATEGO 1518	8765	2750	2486
ATEGO 1718	8765	2750	2486
ATEGO 1725	8765	2747	2486
ATEGO 1725 4x4	6965	2866	2485
ATEGO 1728	5985	2750	2575
ATEGO 2425 6x2	10715	2747	2486
<b>RODOVIÁRIO</b>			
AXOR 1933	6018	3352	2441
AXOR 2035	6018	3513	2441
AXOR 2040	6018	3515	2441

AXOR 2044	6018	3515	2441
AXOR 2533	10597	2926	2441
AXOR 2540	6818	3513	2441
AXOR 2544	6818	3513	2441
AXOR 2640	6818	3510	2441
AXOR 2644	6818	3510	2441
<b>FORA DE ESTRADA</b>			
AXOR 2826	9843	2972	2522
AXOR 2831	9843	2972	2522
AXOR 3340 BASCULANTE	6840	3180	2432
AXOR 3340 CAVALO	6818	3602	2432
AXOR 3340 PLATAFORMA	10290	3603	2432
AXOR 3344 BASCULANTE	6840	2576	3177
AXOR 3344 CAVALO	6818	3602	2432
AXOR 3344 PLATAFORMA	10290	3603	2432
AXOR 4140	6840	3180	2432
AXOR 4144	6840	3180	2432
<b>FORD</b>			
<b>CAMINHÕES LEVES</b>			
F350	5730		2023
F350 CAB DUPLA	6623		2023
F4000	6318		2023
CARGO 712	7010		2109
CARGO 815 E	7407		2109
<b>CAMINHÕES MÉDIOS 4X2</b>			
CARGO 1317 E	8454		2415
CARGO 1517 E	8454		2415
CARGO 1717 E	8424		2455
CARGO 1722 E	8424		2455
<b>CAMINHÕES MÉDIOS 6X2</b>			
CARGO 2422 E MAXTRUCK	10026		2455
CARGO 2428 E MAXTRUCK	10026		2455
<b>CAMINHÕES SEMI-PESADOS</b>			
CARGO 2622 E 6X4	9676		2455
CARGO 2628 E 6X4	9676		2455
CARGO 2632 E 6X4	9676		2455
CARGO 2932 E 6X4	7318		2455
CARGO 5032 E 6X4	9676		2455
<b>CAMINHÕES PESADOS</b>			
CARGO 4532 E MAXTON	6288		2455
<b>IVECO</b>			
35S14 FURGONE	5477	2270	1996
35S14 GRAN FURGONE	5477	2645	1996
45S14 GRAN FURGONE	5997	2755	1996
55C16 GRAN FURGONE	7012	2745	1996
55C16 MAXI FURGONE	7012	2930	1996
55C16 VETRATO	7012	2745	1996
450 E 32T CAVALLINO	6113	3106	2515
170 E 22 EURO CARGO 4X2 - CAB CURTA	6113	2946	2470

170 E 22 EURO CARGO 4X2 - CAB. LEITO	8385	2946	2470
230 E 22 EURO CARGO 6X2 - CAB. CURTA	9885	2946	2470
230 E 24 EURO CARGO 6X2 - CAB LEITO	9885	2946	2470
490 S 38T STRALIS	5935	3177	2497
490 S 42T STRALIS	5935	3765	2497
570 S 38T STRALIS	7108	3177	2506
570 S 42T STRALIS	7108	3765	2506
740 S 42TZ STRALIS	7075	3765	2506
380 T 38 TRAKKER (VEIC. RIGIDO)	9405	3260	2590
720 T 42T TRAKKER (VEIC. TRATOR)	7110	3260	2590
<b>VOLVO</b>			
<b>ATÉ 54 TONELADAS</b>			
VM 4X2 R	9040	2820	2444
VM 4X2 T	5982	2787	2473
VM 6X4 R	10265	2820	2444
VM 6X4 R	10335	2817	2517
<b>ATÉ 100 TONELADAS</b>			
FH 4X2 R	9455	3228	3204
FH 4X2 T	6020	3228	2486
FH 6X2 T	7090	3228	2486
FH 6X4 R	11405	3155	2523
FM 6X4 R	10305	2863	2530
FM 6X4 T	7135	2993	2530
FM 8X4 R	9555	2843	2530
<b>SCANIA</b>			
<b>CAVALO MECANICO</b>			
P420 CP14 6X4	6680	2920	2490
P420 CP19 6X4	6680	3164	2490
P340 CP19 4X2	6160	3126	2490
R380 4X2	6160	3365	2490
<b>CAVALO MECÂNICO</b>			
R380 6X2	7080	3302	2490
R380 4X2 COM 3º EIXO	7328	3365	2490
R420 4X2	6160	3365	2490
R420 6X2	7080	3302	2490
R420 6X4	7130	3365	2490
R420 4X2 COM 3º EIXOT	7328	3365	2490
R480 6X4	7130	3365	2490
<b>CAMINHÃO RÍDIGO</b>			
P420 CP14 6X4	10045	2945	2490
P420 CP19 6X4	10045	3189	2490
P420 CP14 8X4	7900	3082	2490
P340 CP14 4X2	9045	2830	2490
P340 CP19 4X2	9045	3070	2490
R420 4X2	9045	3401	2490