

ELY BERNARDI

**Os sistemas de identificação veicular, em especial o
reconhecimento automático de placas**

**Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção de título de
Mestre em Engenharia**

**São Paulo
2014**

ELY BERNARDI

**Os sistemas de identificação veicular, em especial o
reconhecimento automático de placas**

**Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção de título de
Mestre em Engenharia**

**Área de Concentração:
Engenharia de Transportes**

**Orientador: Prof. Dr. Cláudio
Luiz Marte**

**São Paulo
2014**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Cláudio Luiz Marte, pelo grande estímulo transmitido e pela oportunidade de ter me colocado em contato, há alguns anos atrás, com um tema tão abrangente.

A meus colegas de trabalho no Instituto de Pesquisas Tecnológicas, que me instigaram a enfrentar esse desafio.

Aos colegas de trabalho que comigo participaram dos testes que motivaram esse estudo, em especial à Marlene, ao Douglas e ao Renato Curto, que me ajudaram em análises, descobertas e conclusões. À Lúcia Dozzi, pela colaboração em algumas análises.

Aos profissionais que dedicaram parte de seu tempo para responder à entrevista/questionário.

Ao Eduardo, à Laís, ao Virgílio, à Lourdes (*in memoriam*) e à Clery, que me apoiaram e me compreenderam, nos momentos em que precisei me dedicar com exclusividade à pesquisa e ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos mestres com os quais aprendi, ao longo da vida, ter a persistência necessária para alcançar objetivos maiores.

***“All, everything that I understand,
I understand only because I love.”
(Leo Tolstoy)***

RESUMO

Assunto bastante abordado quando se fala em sistemas inteligentes de transportes (ITS), a identificação veicular - utilizada na grande maioria das aplicações de ITS – deve ser entendida como um conjunto de recursos de hardware, software e telecomunicações que interagem para atingir, do ponto de vista funcional, o objetivo de, automaticamente, conseguir extrair e transmitir, digitalmente, a identidade dos veículos.

As tecnologias utilizadas para identificar um veículo podem envolver tanto sistemas embarcados que transmitem uma identidade digital, quanto os sistemas que, instalados na infraestrutura da via, reconhecem as placas veiculares utilizadas para identificação dos veículos circulantes nos mais diversos países.

Quando se trata da identificação automática por meio do reconhecimento da placa veicular, os estudos têm se concentrado sobremaneira nas tecnologias utilizadas para processamento de imagens, não abordando - em sua maioria - uma visão mais sistêmica, necessária para compreender de maneira mais abrangente todas as variáveis que podem interferir na eficácia dessa identificação. Associada a essa visão sistêmica é proposta uma classificação de tipos de falhas.

Com base num conjunto significativo de resultados obtidos em testes realizados em campo com sistemas de identificação automática de placas, voltados à fiscalização de veículos, estuda-se o comportamento de algumas variáveis. E por meio da análise de entrevistas realizadas, apontam-se os tipos de falhas mais frequentes encontradas durante a operação desses sistemas.

Com um melhor entendimento desses sistemas e dos limites de sua aplicação, pretende-se contribuir para que novos estudos sejam realizados, as falhas possam ser superadas e a identificação veicular seja adotada de maneira mais eficiente não somente nas atividades de operação e controle de tráfego, mas também, como contribuição às atividades de planejamento e projeto de sistemas de transportes.

Palavras-chave: Sistemas Inteligentes de Transportes. Identificação Automática de Veículos. Leitura Automática de Placas. Fiscalização Automática de Trânsito.

ABSTRACT

Automatic vehicle identification is an important feature of Intelligent Transportation Systems (ITS) and is used in most ITS applications. The identification process is comprised of a group of interacting resources that involves hardware, software and telecommunication to, digitally, extract and transmit the identity of vehicles.

At least two technologies may be used in the vehicle identification process: on-board devices, transmitting a digital identity, or systems installed on the road infrastructure which identify and read the license plate.

As far as vehicle license plate recognition is concerned, studies have been greatly focused on image processing technologies and have not addressed the problem in a more systemic approach which is needed to understand all variables that can interfere with the effectiveness of identification. Having this approach in mind, a layer model representation is proposed and then it is associated with a failure type classification.

Based on a significant set of results, obtained from field evaluations of systems with plate recognition capabilities for law enforcement, the influence of some variables was analyzed. Interviews conducted with the supply actors of such systems in Brazil pointed the most significant sources of failures that occur during operation.

A better understanding of these systems performance will help frequent failures to be overcome and may contribute to the development of new researches. The intention is to help vehicle identification to be more efficiently adopted not only in operating activities and traffic control, but also in activity planning and transportation system designs.

Keywords: ITS. Intelligent Transportation Systems. Automatic Vehicle Identification. License Plate Recognition. Enforcement Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de Reconhecimento Automático de Placas Veiculares (representação em modelo de camadas)	60
Figura 2 – Placa amassada e sombra parcial	64
Figura 3 – Erro de extração da placa em função da poluição visual	65
Figura 4 – Sombra parcial	65
Figura 5 – Reflexo solar	66
Figura 6 – Confusão de caracteres (1).....	66
Figura 7 – Confusão de caracteres (2).....	67
Figura 8 – Posicionamento da câmera ou do laço	68
Figura 9 – Ajuste; luminosidade, foco	68
Figura 10 – Equipamentos em testes na Rodovia Anchieta.....	74
Figura 11 – Equipamentos em testes na Av. Escola Politécnica.....	74

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comportamento de erros em função da velocidade (Caso I).....	77
Gráfico 2 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso I, ID=1).....	78
Gráfico 3 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso I, ID=2).....	78
Gráfico 4 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso I, ID=3).....	79
Gráfico 5 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso I, ID=4).....	79
Gráfico 6 - Comportamento de erros em função do horário (Caso I)	80
Gráfico 7 - Comportamento de erros em função do horário (Caso I, ID=1).....	80
Gráfico 8 - Comportamento de erros em função do horário (Caso I, ID=2).....	81
Gráfico 9 - Comportamento de erros em função do horário (Caso I, ID=3).....	81
Gráfico 10 - Comportamento de erros em função do horário (Caso I, ID=4).....	81
Gráfico 11 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso II)	84
Gráfico 12 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso II, ID=1)	84
Gráfico 13 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso II, ID=2)	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens de alguns tipos de sensores.....	36
Quadro 2 – Classificação de falhas, segundo suas fontes e camadas sistêmicas....	70
Quadro 3 – Caracterização da experiência dos profissionais entrevistados	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Leitura correta de placas (Caso I)	76
Tabela 2 – Leitura de placas em função da velocidade (Caso I).....	76
Tabela 3 – Identificação correta da placa (Caso II)	82
Tabela 4 – Leitura de placas em função da velocidade (Caso II).....	83
Tabela 5 – Índices de aproveitamento de imagens por infração, solução e caso	87
Tabela 6 – Câmera com OCR – índices obtidos	90
Tabela 7 – Intensidade de frequência para cada tipo de falha.....	97
Tabela A1 – Caso I - acertos e erros na leitura de placas faixas de velocidade	115
Tabela A2 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por horário	117
Tabela A3 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por velocidade (ID=1)	118
Tabela A4 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por horário (ID=1)	120
Tabela A5 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por velocidade (ID=2)	121
Tabela A6 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por horário (ID=2)	123
Tabela A7 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por velocidade (ID=3)	124
Tabela A8 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por horário (ID=3)	125
Tabela A9 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por velocidade (ID=4)	126
Tabela A10 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por horário (ID=4)	128
Tabela A11 – Caso II - acertos e erros na leitura de placas por velocidade	129
Tabela A12 – Caso II - acertos e erros na leitura de placas por velocidade (ID=1)	131
Tabela A13 – Caso II - acertos e erros na leitura de placas por velocidade (ID=2)	133

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	23
1.1.	Objetivo	24
1.2.	Metodologia	25
1.3.	Organização do texto	26
2.	OS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES	27
2.1.	Principais Aplicações.....	27
2.1.1.	Operação e gerenciamento de trânsito.....	28
2.2.	Sistemas de ITS Relacionados	31
2.2.1.	Radars baseados em laços indutivos para controle de velocidade	31
2.2.2.	Radars multifuncionais	32
2.2.3.	Sensores diversos para detecção de tráfego	33
2.2.4.	Semáforos inteligentes	36
2.2.5.	Circuito fechado de televisão (CFTV)	37
2.2.6.	Painéis de mensagens variáveis (PMV)	38
2.2.7.	Controles de acesso a determinadas áreas	39
2.2.8.	Controladores de fluxo em acessos a vias de maior fluxo	39
2.2.9.	Controladores de estacionamentos	40
2.2.10.	Sensores para detecção de altura de veículos	40
2.2.11.	Sistemas supervisores.....	40
2.2.12.	Comentários gerais.....	41
2.3.	Alguns Exemplos de Cidades que Utilizam Tecnologias de ITS	42
2.3.1.	Turim	43
2.3.2.	São Paulo	45
3.	SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO VEICULAR	49
3.1.	Tipos de Sistemas e Tecnologias Envolvidas.....	50
3.1.1.	Sistemas que utilizam “placas eletrônicas” (<i>tags</i> /RFID)	50
3.1.2.	Sistemas de reconhecimento automático de placas.....	51
3.2.	Exemplos no Brasil	52

4.	OS SISTEMAS DE RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE PLACAS	59
4.1.	Descrição Sistêmica no Modelo de Camadas	59
4.2.	Tecnologias Envolvidas	62
4.3.	Fatores que Influenciam a Qualidade	63
4.4.	Classificação de Falhas	69
5.	ANÁLISE EXPERIMENTAL	70
5.1.	Leitura de Placas com Radar Fixo	75
5.1.1.	Caso I, via urbana.....	75
5.1.2.	Caso II, rodovia.....	82
5.2.	Aproveitamento de Imagens de Veículos Infratores com Radar Fixo....	85
5.3.	Leitura de Placas com Câmera de Vídeo	89
6.	ENTREVISTAS REALIZADAS	93
6.1.	Roteiro Básico Inicial	93
6.2.	Questionário Aplicado	94
6.3.	Público-Alvo.....	95
6.4.	Informações sobre Frequência de Ocorrência das Falhas	96
6.5.	Análise Crítica dos Resultados	98
6.6.	Análise das Respostas Abertas	99
7.	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	101
	REFERÊNCIAS.....	104
	GLOSSÁRIO.....	109
	APÊNDICE A	115
	ANEXO A.....	135

1. INTRODUÇÃO

O trânsito nas grandes cidades, assim como os sistemas de transportes em geral, tem sido objeto especial de atenção tanto no Brasil como, também, em nível mundial. Destacam-se, em especial, a preocupação com a segurança no trânsito e a necessidade de melhorar a mobilidade urbana.

Após ser lançada pela Organização das Nações Unidas, em 2011, a Década de Ação pelo Trânsito Seguro 2011-2020, governos de todo o mundo têm se comprometido a adotar novas medidas para prevenir os acidentes no trânsito, nona causa de mortes em todo o mundo.

No Brasil, motivados pela ocorrência de grandes eventos esportivos mundiais e propulsionados pelo Plano Nacional de Mobilidade Urbana, de 2012, os investimentos e projetos para a melhoria dos meios de transportes e maior fluência do trânsito nas grandes cidades têm ocupado grande parte da preocupação de governantes e de profissionais da área de Transportes.

Nesse contexto, os estudos envolvendo sistemas inteligentes de transportes (ITS), que, potencialmente, podem contribuir para a redução de acidentes e para o aumento da mobilidade, recebem um novo estímulo para sua evolução e melhoria.

Dentre os variados serviços relacionados aos transportes que podem ser atendidos e melhorados utilizando-se soluções de ITS, destacam-se sobremaneira a operação e o controle do fluxo de veículos, assim como a fiscalização do cumprimento de regras de trânsito. Para esses serviços, as tecnologias de identificação automática de veículos têm sido, com sucesso, cada vez mais utilizadas. Mas a identificação automática é um recurso importante também para outros serviços, tais como: a detecção de veículos roubados e cargas desviadas; o controle de passagem em locais pedagiados; o gerenciamento da logística de veículos e cargas em trânsito; o gerenciamento de serviços de transporte público; e o fornecimento de informações de trânsito.

Nesta dissertação são tratados, principalmente, os sistemas de reconhecimento automático de placas de identificação veicular associados à fiscalização.

Como será constatado ao longo do texto, os recursos utilizados por esses sistemas têm sido, especialmente, abordados em estudos com foco nos métodos e algoritmos utilizados para identificar, extrair e processar imagens.

No entanto, sem que seja desenvolvido um olhar sistêmico sobre todos os componentes desses sistemas, corre-se o risco de, mesmo avançando nos índices de sucesso na segmentação e reconhecimento da imagem, ainda assim não alcançar o nível de resultado pretendido pelo serviço de ITS.

Nesta dissertação, espera-se – por meio de uma abordagem sistêmica, enriquecida com o tratamento de dados experimentais e com o resultado de entrevistas – contribuir para um melhor entendimento do comportamento desses sistemas, em especial daqueles equipamentos e sistemas dedicados à identificação automática de placas veiculares com a finalidade de fiscalização. Espera-se, também, contribuir para que se amplie a visão do potencial de utilização desses sistemas.

A seguir, encontram-se detalhados os objetivos do trabalho, assim como a metodologia adotada para atingir esses objetivos.

1.1. Objetivo

Assim, o objetivo central desta dissertação é o de contribuir para melhorar a eficácia e eficiência¹ dos sistemas de reconhecimento automático de placas de identificação veicular, por meio de um estudo desses sistemas, sob seus aspectos conceitual e prático, e, após análise de resultados experimentais e de entrevistas, obter conclusões sobre tipos de falhas encontradas e seu inter-relacionamento com fatores que possam ser relevantes na geração dessas falhas.

Como objetivos específicos, relacionam-se os seguintes:

1. Fazer uma revisão das tecnologias de identificação veicular.
2. Construir uma visão sistêmica dos sistemas de reconhecimento automático de placas de identificação veicular.
3. Classificar causas de falhas no processo de identificação.

¹Entende-se, aqui, eficácia de um sistema automático de reconhecimento de placas veiculares como o grau do seu acerto na leitura da placa e o pleno atendimento à função de ITS pretendida; por eficiência, entende-se a otimização de processos e tecnologia adotados, necessários para ser eficaz com o menor custo possível.

4. Utilizar dados experimentais e de entrevistas para identificar fatores decisivos para a obtenção dos melhores resultados com o uso desses sistemas.

1.2. Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos, foi adotada a metodologia de trabalho a seguir descrita.

Inicialmente, foi realizada pesquisa bibliográfica envolvendo aplicações de ITS, sistemas de identificação veicular e sistemas automáticos de reconhecimento de placa veicular. A pesquisa foi feita com base em artigos disponíveis no *Google Academics*, no IEEE, no Departamento de Transportes dos E.U.A., e em congressos de ITS realizados nos últimos anos.

Para elaborar um modelo sistêmico dos sistemas de reconhecimento automático de placas de identificação veicular, foi realizada uma análise funcional desses sistemas combinada com uma análise de requisitos apresentados nos últimos editais públicos para contratação desses serviços no estado de São Paulo.

A seguir, foi feita uma análise de dados experimentais, cuja fonte é o resultado de uma série de testes em campo realizados no âmbito de licitações públicas para a avaliação técnica das soluções apresentadas e que envolviam o reconhecimento automático de placas para fiscalização automática de trânsito. Esses dados foram coletados nos anos de 2008 a 2013, tanto em vias urbanas como em rodovias, com sistemas de diversos tipos: radares fixos, radares estáticos, radares móveis, barreiras eletrônicas e câmeras com reconhecimento ótico de caracteres (OCR). Foram analisados os erros e acertos cometidos pelos sistemas no processo de reconhecimento de placas e de identificação de infratores, assim como foram realizadas análises para inter-relacionar fatores que podem influenciar nos resultados e verificar se existem modelos padrão de comportamento dos dados.

Complementando a análise experimental, também foram realizadas entrevistas, em forma de questionários, de maneira a identificar os fatores mais decisivos para alcançar os melhores resultados durante a operação.

1.3. Organização do texto

Esta dissertação está organizada em sete capítulos, conforme caracterização que se segue.

Neste capítulo inicial, introdutório, são apresentados os objetivos da dissertação, a metodologia adotada para atingir esses objetivos e a forma como está organizado o texto.

O segundo capítulo trata dos Sistemas Inteligentes de Transportes - principais definições, conceitos, assim como principais aplicações e serviços relacionados. Nesse capítulo são, também, relatados alguns dois exemplos bem sucedidos de aplicações de ITS.

O terceiro capítulo aborda os Sistemas de Identificação Veicular, por meio de uma revisão das tecnologias e sistemas existentes e suas principais aplicações. Nesse capítulo são abordados diversos exemplos de aplicações recentes no Brasil.

No capítulo quatro, são apresentados os Sistemas de Reconhecimento Automático de Placas, por meio de um modelo sistêmico, proposto nesta dissertação. São abordadas as principais tecnologias utilizadas e diversos fatores que podem influenciar na qualidade dos resultados e também é apresentada uma proposta de classificação de falhas.

O quinto capítulo consiste na apresentação e análise de alguns estudos de caso experimentais, relativos a testes realizados em campo com diversos sistemas de fiscalização automática de trânsito e infrações administrativas, em variadas condições, abordando índices de sucesso obtidos em vias urbanas e rodovias além de uma tentativa de correlacionar fatores de influência nos resultados.

O capítulo seis é dedicado a apresentar e discutir os resultados de entrevistas realizadas com profissionais que trabalham com esses sistemas, registrando opiniões extraídas de sua experiência no dia-a-dia da operação.

No último capítulo, de número sete, são apresentadas as conclusões finais, contendo as principais contribuições alcançadas, assim como perspectivas para estudos e aplicações futuras.

Para finalizar, são apresentadas as referências utilizadas e um glossário de termos, abreviaturas e expressões utilizadas com mais frequência.

2. OS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES

Segundo a Sociedade Internacional de ITS (*Intelligent Transportation Systems Society*), entidade ligada ao IEEE, os sistemas inteligentes de transportes são aqueles que utilizam, com sinergia, diversas tecnologias (engenharia elétrica, eletrônica, tecnologia da informação e comunicação) e conceitos de engenharia de sistemas para desenvolver e implementar sistemas de transportes de quaisquer natureza (IEEE, 2010). Esse conceito, bastante abrangente, dá uma ideia da diversidade de conhecimentos necessários para a construção e operação de um sistema inteligente de transportes.

Por outro lado, também, nota-se a penetração desses sistemas em variados e abrangentes serviços relativos à circulação de pessoas, mercadorias e veículos em toda a rede de transportes.

A seguir, apresenta-se uma visão geral das aplicações de ITS, em especial, aquelas ligadas às operações e gerenciamento de tráfego urbano, ou seja, aqueles que tratam da manutenção da circulação de pessoas, mercadorias e veículos na rede de transportes dentro das cidades.

2.1. Principais Aplicações

As aplicações que fazem uso dos recursos de ITS podem ser classificadas de diversas formas. Na arquitetura de ITS brasileira (ABNT, 2011) procura-se refletir - nos domínios e grupos de serviços de ITS ali definidos - a evolução das práticas e das aplicações de transportes, de maneira ampla e abrangente, de forma a poder lidar tanto com as aplicações atualmente em uso quanto com as aplicações ainda emergentes. Essa norma fornece uma definição dos serviços primários e áreas de aplicação que podem ser providos aos usuários dos Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), identificando domínios de serviço (que possuem uma finalidade comum), dentro dos quais numerosos grupos são, então, definidos.

A seguir, é feito um detalhamento de um desses grupos, pela sua abrangência e pela frequência com que os serviços envolvidos utilizam o recurso de identificação automática de veículos. No entanto, em outros grupos também são encontrados serviços que utilizam a identificação automática de placas, tais como, para

estabelecer prioridade semafórica para veículos públicos ou de emergência ou mesmo para otimizar a operação do trânsito.

Destaca-se assim, a seguir, o grupo de serviços de ITS relativos às operações e gerenciamento de trânsito, que tratam da manutenção da circulação de pessoas, mercadorias e veículos em toda a rede de transportes, em especial dentro das cidades.

2.1.1. Operação e gerenciamento de trânsito

Os serviços relativos às operações e gerenciamento de trânsito, em especial nas cidades, são aqueles relativos às atividades de fiscalização, monitoramento e controle automatizados, aos processos de tomada de decisão em tempo real para lidar com incidentes e outros distúrbios na rede, além do gerenciamento da demanda de viagens, de forma a garantir total mobilidade aos usuários. Podem ser subdivididos em:

- Gerenciamento e controle dos fluxos de tráfego
- Gerenciamento de incidentes relacionados à rede de transportes
- Gerenciamento da demanda
- Gerenciamento da manutenção da infraestrutura
- Fiscalização do cumprimento de regras de trânsito

Gerenciamento e controle dos fluxos de tráfego

Numa região urbana, as atividades que envolvem o gerenciamento e o controle do fluxo são variadas, podendo-se destacar as seguintes:

- Priorização de rotas ao transporte público e a veículos de emergência.
- Variação, em tempo real, do sincronismo de semáforos.
- Variação da velocidade máxima permitida e/ou da direção do tráfego, em função do volume, da ocorrência de incidentes ou das condições ambientais.
- Gerenciamento de áreas de estacionamento.
- Gerenciamento de acesso a: terminais de transporte e ligações intermodais; túneis, pontes, viadutos; vias expressas e rodovias.

- Controle da emissão de gases poluentes.
- Gerenciamento de desvios em função da ocorrência de incidentes, obras de infraestrutura ou eventos especiais de grande porte, tais como, shows, jogos, corridas, exposições, passeatas.

Gerenciamento de incidentes relacionados à rede de transportes

Nesse grupo encontram-se atividades e serviços relacionados à detecção e resposta a incidentes ocorridos na rede de transportes, que tenham sido provocados pela própria rede, ou seja, não são tratados aqui, por exemplo, incidentes provocados por desastres naturais. Como exemplos desses serviços, podem ser citados:

- Detecção e confirmação de incidentes.
- Informações no local de ocorrência do incidente.
- Controle de patrulhas de serviço em circulação na rede para registrar e prestar assistência ao motorista e demais usuários no local do incidente.
- Envio de veículos policiais, de emergência e de manutenção para tratar de ferimentos, remover o incidente e restaurar a operação normal em tempo hábil.
- Análise da implicação do acidente em outros pontos da rede e tomada de decisão sobre as medidas cabíveis.
- Monitoramento da movimentação de materiais perigosos ao longo da rede de transportes.

Gerenciamento da demanda

O gerenciamento da demanda envolve o desenvolvimento e a implementação de estratégias de gerenciamento e controle que possam influenciar a demanda por viagens, por exemplo, em períodos diferentes do dia, pela disponibilização de modos variados de transporte, pela tarifação e pelo controle de acesso, ou seja, serviços tais como:

- Controle de acesso e circulação em áreas proibidas.
- Pedagiamento para circulação em áreas mais congestionadas ou com baixa qualidade do ar.

- Rodízio para circulação de veículos
- Tarifação de estacionamentos.
- Gerenciamento de tarifas do transporte público.

Gerenciamento da manutenção da infraestrutura

Este grupo de serviços abrange o gerenciamento da manutenção das vias e da infraestrutura de telecomunicações e de TI utilizada, como por exemplo,

- Gerenciamento da manutenção do pavimento.
- Gerenciamento da manutenção de obras de arte (pontes e viadutos).
- Gerenciamento da manutenção de sinais de trânsito.
- Manutenção dos serviços de utilidade pública utilizados pelos equipamentos de ITS.
- Planejamento do sincronismo e localização de obras viárias; coordenação com condições climáticas e ambientais.

Fiscalização do cumprimento de regras de trânsito

Como bem observado pela Associação Nacional de Transportes Públicos (2008) em seu Anuário 2007, a fiscalização rigorosa é parte indissociável de uma política de educação que pretenda humanizar o trânsito nas ruas e estradas brasileiras, uma vez que a impunidade dos comportamentos perigosos e, pior, dos crimes de trânsito é um dos principais obstáculos para a conscientização da população.

Por outro lado, a criação de restrições à circulação de veículos tem sido utilizada amplamente em metrópoles como São Paulo, como uma forma de minimizar os impactos da crescente frota de veículos circulantes e essas restrições também precisam ser fiscalizadas.

Assim, os serviços utilizados para garantir o cumprimento das leis e regras de trânsito, por meio da identificação e punição de veículos infratores, incluem:

- Fiscalização de infrações de trânsito: desobediência a sinais de trânsito, em especial, semáforos; excesso de velocidade; circulação proibida em determinados locais, dias ou horários; invasão de faixas de tráfego exclusivas, estacionamento em local e horários proibidos etc.

- Fiscalização de irregularidades administrativas: IPVA atrasado, licenciamento vencido, não realização de inspeção veicular etc.
- Controle do monitoramento de emissões veiculares.

2.2. Sistemas de ITS Relacionados

Todos os serviços e atividades relativos à operação e gerenciamento do trânsito podem ser facilitados sobremaneira quando se utiliza a integração de tecnologias envolvendo sensores, informática e telecomunicações para desenvolver sistemas inteligentes que tenham por objetivo realizar a coleta, o armazenamento, a transmissão e, por fim, a análise de dados, permitindo que - em tempo real – seja possível atuar sobre as informações coletadas, tanto no sentido de decidir e aplicar as medidas necessárias para melhorar o fluxo do tráfego, quanto para auxiliar os usuários com informações que lhes permitam tomar decisões sobre rotas alternativas ou até mesmo para garantir que a legislação seja cumprida.

Alguns dos principais sistemas de ITS que têm sido utilizados para auxiliar nesses serviços e atividades de gerenciamento e controle serão, a seguir, citados.

2.2.1. Radares baseados em laços indutivos para controle de velocidade

Muitas vezes vistos pelos usuários apenas como parte da “indústria da multa”, são ignorados os expressivos resultados que a utilização de radares com sensores para controle e detecção de velocidade tem obtido na redução da quantidade e gravidade de acidentes.

Quando associados a um painel que informa o usuário sobre a velocidade trafegada, têm sido chamados de barreira eletrônica (MING, 2006). Nesse caso, são utilizados principalmente nas vias de velocidade mais baixa, onde se faz necessária uma mudança de velocidade pontual, como escolas e locais de travessia de pedestres.

Na grande maioria dos casos, os radares utilizam como sensores de presença do veículo os laços indutivos, que são constituídos de uma ou mais voltas de um fio, enterrado num corte, em geral de forma retangular, realizado no pavimento; um cabo condutor faz a ligação desse fio com uma cabine de controle e uma unidade eletrônica localizada nessa cabine. O fio é excitado com sinais cujo intervalo de frequência varia de 10 KHz a 50 KHz e funciona como um elemento indutivo em

conjunto com a unidade eletrônica. Quando um veículo passa ou estaciona sobre o laço, a indutância do laço diminui, provocando um aumento na frequência de oscilação e fazendo com que a unidade eletrônica envie um pulso ao controlador, indicando assim a presença ou passagem do veículo (U. S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FHWA, 2000).

Normalmente, são instalados dois ou três laços por faixa de rolamento. Para obter a velocidade, calcula-se o quociente da distância entre os laços pelo tempo gasto para percorrê-la. No caso de dois laços, a velocidade pode ser obtida por uma única medida, ou por meio de duas medidas de tempo. No primeiro caso, o cronômetro é acionado quando o primeiro laço é sensibilizado pelo veículo, e 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 laços, 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 obtida por meio de duas medidas de tempo: entre o primeiro e segundo laço, e entre o segundo e terceiro laço (TEIXEIRA et al., 2009).

Para a captura de imagens dos veículos é utilizada, normalmente, uma câmera por faixa de rolamento. Acoplados às câmeras, há iluminadores para a operação em período noturno, que trabalham na banda superior do infravermelho, gerando iluminação não visível a olho nu e evitando ofuscamento. Uma segunda câmera, com visão panorâmica, é colocada para dirimir eventuais dúvidas sobre a faixa em que o veículo trafega.

2.2.2. Radares multifuncionais

Quando associados a câmeras de registro fotográfico, softwares de OCR (reconhecimento automático de caracteres) e sistemas de consulta a bases de dados – conforme tem ocorrido com os sistemas de radares fixos e barreira eletrônica, essa utilização dos laços indutivos torna-se bem mais ampla. Nesses casos, é possível fazer a identificação imediata do veículo, a análise de seu atendimento à legislação e normas vigentes (como por exemplo, regularidades administrativas, atendimento à proibição de circulação etc.) e a transmissão imediata dessa informação para uma central de processamento e controle.

Na cidade de São Paulo, a grande maioria dos mais de 300 sistemas baseados em laços indutivos em operação já possui esses recursos, possibilitando a fiscalização - além da velocidade - também da circulação dos veículos em dia de rodízio, da invasão de faixas exclusivas, da invasão das Zonas de Máxima Restrição à Circulação de caminhões (BERNARDI; MING, 2009) e, mais recentemente, da circulação de ônibus fretados.

Em paralelo, a passagem de veículos com irregularidades administrativas ou eventualmente roubados também pode ser detectada, bastando para isso que a base de dados acessada *on line* esteja atualizada com os Detrans e com a Polícia Militar.

O DER-SP adotou um sistema de radar fixo baseado em laços indutivos, com conexão à base de dados unificada do Estado, que associado a um sistema de transmissão automática sem fio (comunicação *wireless*) permite que, num computador de mão, a Polícia Militar Rodoviária receba informações sobre a passagem de veículos roubados ou irregulares.

Observa-se que, segundo a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP, 2008), nas maiores metrópoles do País estima-se que cerca de 30% a 40% da frota circulante apresente algum tipo de irregularidade na documentação.

2.2.3. Sensores diversos para detecção de tráfego

Apesar dos radares baseados em laços indutivos serem hoje a tecnologia mais amplamente utilizada e a que apresenta melhor aproveitamento no mundo todo, várias outras tecnologias de sensores estão disponíveis e vêm sendo também utilizadas para detectar a passagem de veículos, realizar a contagem de veículos e classificá-los.

Os sistemas utilizados para detecção de tráfego e veículos têm evoluindo significativamente nos últimos anos, seguindo a tendência de evolução das tecnologias de eletrônica, computação e comunicações. Essa evolução envolve desde os sensores de detecção de veículos, passa pela funcionalidade dos sistemas e alcança a forma utilizada para comunicação com centrais de controle e processamento.

O “Traffic Detector Handbook”, editado pela Federal Highway Administration - órgão americano do Departamento de Transportes – dedica-se em sua terceira edição aos sensores utilizados para gerenciamento de tráfego em vias urbanas e estradas.

Nessa publicação, os sensores são classificados em dois grandes grupos: aqueles instalados no próprio pavimento da via (intrusivos) e aqueles que são instalados sobre a via ou ao longo dela (não intrusivos). A diferença entre esses grupos de sensores está exatamente no local e na sua forma de instalação: os primeiros requerem uma intervenção no pavimento (e, como consequência interrupção do tráfego local), tanto para sua instalação quanto para sua eventual manutenção; os demais não exigem qualquer intervenção no pavimento, embora possam, em alguns casos, exigir desvios no tráfego para garantir a segurança dos instaladores.

Os sensores intrusivos incluem tecnologias, tais como, a dos laços indutivos (já citados), magnetômetros, tubos pneumáticos, cabos piezoelétricos e sensores de pesagem em movimento.

São instalados na superfície do pavimento ou logo abaixo dela, através de cortes (ou buracos) realizados no pavimento e, em alguns casos, ancorados na própria superfície do pavimento (como os tubos pneumáticos).

Quanto aos sensores não intrusivos, durante alguns anos seu uso praticamente não evoluiu. Faltavam soluções confiáveis que, a um custo razoável, pudessem ser instaladas e mantidas com segurança e com uma mínima interrupção do tráfego, e que fornecessem dados de tráfego tão precisos quanto os dos laços indutivos.

No entanto, nos últimos anos, observa-se, em especial, uma tendência ao crescimento das tecnologias não intrusivas, ou seja, que para sua instalação e manutenção não exigem interrupção do tráfego na via, tais como, as câmeras de vídeo associadas a softwares de identificação automática de placas (OCR), que podem ser utilizadas instaladas em local fixo na via, móveis embarcadas em veículos autorizados ou em posições não permanentes na via.

Com instalação independente do pavimento da via, costumam ser colocados em locais altos (tais como, postes ou viadutos existentes sobre a via a ser monitorada) ou na lateral da via, podendo monitorar múltiplas faixas de tráfego em ângulos perpendiculares ou oblíquos ao fluxo de tráfego.

As tecnologias utilizadas são diversas: processamento de imagens de vídeo, radar de micro-ondas, radar a laser, infravermelho passivo, ultrassom, matriz acústica passiva, ou até mesmo tecnologias combinadas, tais como, infravermelho passivo com micro-ondas Doppler ou infravermelho passivo com ultrassom. Tais quais os sensores intrusivos, podem detectar passagem ou presença de veículos, realizar contagens etc., além de fornecer velocidade, classificar veículos e cobrir múltiplas faixas ou zonas.

Uma das grandes vantagens desses sensores reside no fato de permitirem o monitoramento de múltiplas faixas, simultaneamente. No entanto, condições ambientais, como temperatura, turbulência do ar e chuva, podem afetar o desempenho de grande parte deles. Esses sensores são, em geral, compactos e, como não são invasivos, sua instalação e sua manutenção são relativamente fáceis, embora em alguns casos seja necessário impedir o tráfego normal para garantir segurança ao instalador.

Algumas vantagens e desvantagens de cada um dos tipos de sensores podem ser encontradas tanto no Traffic Detector Handbook (U. S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FHWA, 2006) como em Gibson (2007). No Quadro 1, a seguir, é feito um resumo das vantagens e desvantagens de algumas dessas tecnologias, utilizadas hoje no Brasil, para a detecção veicular com o objetivo de fiscalização automática do tráfego.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens de alguns tipos de sensores

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Laços magnéticos indutivos	<p>Projeto flexível, adapta-se a variadas situações.</p> <p>Tecnologia madura e bem conhecida.</p> <p>Fornecer parâmetros básicos: volume, presença, ocupação, velocidade.</p> <p>Perfil magnético permite classificar veículos.</p>	<p>Intrusivo, exige corte no pavimento para ser instalado.</p> <p>Reduz vida útil do pavimento.</p> <p>Instalação e manutenção requer interrupção da via.</p> <p>Os laços estão sujeitos à carga do tráfego e à variação de temperatura.</p>
Radar laser	<p>Não intrusivo, pode ser instalado tanto sobre um viaduto quanto na lateral da via.</p> <p>Transmite energia próxima do espectro infravermelho, não visível ao olho humano.</p> <p>Transmite mais de um raio e, assim, mede com precisão a posição, velocidade e classe do veículo.</p>	<p>Instalado na lateral (em ângulo oblíquo ou perpendicular ao fluxo), pode ser obstruído por veículos altos ou que trafeguem em paralelo.</p> <p>É afetado por condições ruins de visibilidade, tal como, neblina.</p> <p>Exige manutenção periódica das lentes e, se estiver sobre a via, pode ser necessária a sua interrupção.</p>
Câmeras de vídeo	<p>Fornecem dados de fluxo, podem classificar veículos pelo seu comprimento e calcular velocidade utilizando <i>frames</i>.</p> <p>Associadas a softwares de OCR, podem identificar veículos infratores ou com problemas administrativos.</p>	<p>São suscetíveis a variações climáticas mais importantes. Desempenho é afetado por sombras e vibração excessiva: transição dia-noite, luminosidade do sol e contraste entre veículo e via. Exigem limpeza periódica de lentes, com interrupção do fluxo se instaladas sobre a via.</p>

2.2.4. Semáforos inteligentes

Os sistemas de semáforos instalados nas vias têm sido utilizados há muitos anos com o objetivo de reduzir acidentes e gerenciar o fluxo através dos cruzamentos e intersecções. São constituídos por um equipamento de sinalização, associado a um controlador especialmente adaptado em função do número de faixas, número de intersecções, quantidade de fases etc.

Atualmente, as soluções adotadas nas grandes cidades envolvem o controle em tempo real, o que significa que os tempos semaforicos variam em função dos fluxos de tráfego a cada momento. O controle em tempo real é uma alternativa aos sistemas de planos fixos, em que os tempos dos semáforos são programados de acordo com a hora do dia, com base em contagens manuais do tráfego ou mesmo com base em parâmetros de tráfego, e também diferem dos sistemas atuados, que simplesmente prolongam o tempo de verde quando detectam a aproximação de mais veículos, até atingir um tempo máximo (CET, 1997).

Nos sistemas de controle em tempo real, as reduções nos tempos de espera e de travessia são otimizados com o uso dos sistemas de detecção do tráfego associados a técnicas avançadas de modelagem, ou seja, softwares que adaptam os semáforos ao fluxo de veículos de forma automática e instantânea, com base na medição do tráfego feita por sensores instalados nas vias.

Algumas avaliações desses sistemas podem ser encontradas em nota técnica da Companhia de Engenharia de Tráfego da cidade de São Paulo (CET, 2010).

A integração a subsistemas com funções extras, adicionados ao controlador básico, pode fornecer recursos adicionais, tais como, dar prioridade a veículos de emergência. Por meio do monitoramento do fluxo e da velocidade dos veículos, também é possível evitar que o semáforo fique vermelho quando o veículo estiver numa zona em que não mais haverá tempo de parar, minimizando assim a possibilidade de acidentes.

Encontram-se, ainda, em pesquisa e desenvolvimento, sistemas para detecção e rastreamento de pedestres por meio de câmeras de estereovisão, o que completaria o sistema considerando mais adequadamente também a travessia de pedestres.

2.2.5. Circuito fechado de televisão (CFTV)

É constituído de câmeras de vídeo instaladas em pontos estratégicos com o objetivo de monitorar em tempo real as condições de fluidez de tráfego e identificar incidentes. As câmeras são interligadas com centrais de operação e controle de tráfego, utilizando-se de uma rede de transmissão de dados e imagens, onde os dados são analisados e medidas adequadas são tomadas. Em campo, uma estação de coleta de dados – computador ou controlador microprocessado – pode exercer a função de interpretar as informações coletadas pelas câmeras de vídeo e gerar uma base de dados estatísticos que serão transmitidos às centrais.

Um conjunto formado por câmeras de vídeo, computador e software dedicado, pode, também, ter a finalidade de identificar e alertar, automaticamente, através das imagens captadas pelas câmeras de vídeo, quaisquer alterações nos padrões de comportamento do fluxo de veículos, resultantes de acidentes ou veículos quebrados na via.

O uso de câmeras de vídeo sempre tem sido associado ao uso de recursos complementares, tais como, painéis de mensagens variáveis e sensores instalados na via. Mas observa-se que a forma de realizar a análise de dados nas centrais de operações influencia bastante no nível de serviço que será prestado aos usuários.

Um exemplo interessante do uso de circuitos de câmeras de vídeo associadas a outros recursos pode ser observado nas cidades de Kansas e Missouri, nos E.U.A. (KANSAS CITY SCOUT INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM, 2010), onde os dados são utilizados para fornecer informação de tráfego e avisos de rotas alternativas por meio de vários tipos de plataformas, além de gerenciar com mais eficiência a ocorrência de incidentes. Exemplos mais abrangentes, como o da cidade de Turim, na Itália, serão citados mais adiante, relacionados aos centros de operações.

2.2.6. Painéis de mensagens variáveis (PMV)

São painéis contendo mensagens eletrônicas de orientação para os usuários da via, instalados em pontos estratégicos, com a finalidade de informar ao usuário sobre as condições de tráfego e auxiliá-lo nas opções de rotas e desvios. Esses painéis precisam estar interligados a uma central de operações, com acesso em tempo real às informações de tráfego de uma determinada região.

Diversas cidades no Brasil já utilizam sistemas desse tipo, no entanto, ainda falta integração dos diversos sistemas que enviam dados para as centrais e as decisões ainda são bastante dependentes de uma análise humana das imagens. Uma análise dos resultados e limitações dos sistemas utilizados no Sistema de Controle de Tráfego da cidade de Fortaleza, implantado a partir do ano 2000 e que conta com um sistema de PMV com 20 painéis distribuídos nos principais corredores da cidade, além de um circuito fechado de televisão com 30 câmeras alocadas em pontos estratégicos e um sistema de controle centralizado de semáforos adaptativo em tempo real controlando quase 200 cruzamentos, pode ser vista em Oliveira et al. (2005).

Conclui-se que uma resposta rápida e eficaz para os usuários só pode ser conseguida com a integração e com sistemas automatizados e otimizados de análise das informações.

2.2.7. Controles de acesso a determinadas áreas

São utilizados para proteger áreas históricas ou residenciais próximas de grandes geradores de demanda, como estádios ou complexos de entretenimento, ou, ainda, para proteger áreas com excesso de poluição ou tráfego. Podem reduzir o tráfego de veículos e estacionamento na zona controlada, melhorar a qualidade do ar e facilitar a mobilidade de pedestres e residentes (ITS CITY PIONEERS, 20??).

Em geral, os sistemas utilizados contêm um *gate* (virtual ou real) controlado por um equipamento que é ativado por alguma espécie de etiqueta identificadora. No veículo, é instalado um identificador, contendo uma unidade de comunicação e um *smart card*. A comunicação se dá em frequências de 5,8 GHz e pode permitir diferentes transações: simplesmente checar a validade de acesso do veículo ou, também, realizar transação de débito do valor de eventual pedagiamento.

Exemplos de sucesso são conhecidos na Europa, em especial, os casos de proteção de áreas históricas em Barcelona e Roma (ITS CITY PIONEERS, 20??).

Em São Paulo, pode-se citar a criação de Zonas de Máxima Restrição à Circulação de Caminhões (ZMRC), onde embora não seja feito o controle automatizado de acesso se exerce a fiscalização automática da infração com a utilização de radares.

2.2.8. Controladores de fluxo em acessos a vias de maior fluxo

As partes mais congestionadas de rodovias são, em geral, aquelas próximas às alças de acesso a elas. Muitas vezes tem sido adotada a sinalização semafórica, associada à fiscalização automática e à sinalização horizontal e vertical nessas alças de acesso (*ramp metering*), com implicações na área urbana de seu entorno; o mesmo pode ocorrer nas vias laterais que acessam vias urbanas de grande fluxo ou em alças de acesso a viadutos e pontes.

O objetivo é controlar e dosar automaticamente o fluxo de acesso para, assim, otimizar as condições de segurança e o nível de serviço da via de grande fluxo (rodovia ou artérias principais), sem causar grande desequilíbrio no fluxo local. Isso exige sistemas que, além de receber e tratar dados em tempo real, sejam cooperativos entre os agentes que controlam o tráfego local e o tráfego das rodovias.

Exemplo de aplicação desse sistema com bons resultados pode ser visto na Holanda (ITS City Pioneers).

2.2.9. Controladores de estacionamentos

Os sistemas de gerenciamento de estacionamentos fornecem diversas funções que melhoram o uso e a operação de áreas de estacionamentos, automatizando o controle de estacionamentos nas ruas e avenidas, informando sobre vagas e áreas de estacionamento disponíveis etc.

Envolvem detectores de ocupação (sensores instalados nas entradas e saídas e, até mesmo, em cada vaga). Painéis de mensagens informam sobre vagas nos estacionamentos interligados ao sistema e essa informação pode, também, ser fornecida via Internet e dispositivos móveis, tais como smartphones e celulares.

Na cidade de Colônia, na Alemanha, a instalação de um sistema de monitoramento e orientação sobre vagas disponíveis em 29 estacionamentos instalados em três zonas de estacionamento existentes no centro da cidade reduziu o tráfego causado pela procura de um local para estacionar em 30% (ITS CITY PIONEERS, 20??).

2.2.10. Sensores para detecção de altura de veículos

São sensores localizados em pontos estratégicos, próximos a passagem sob obra-de-arte (pontes e viadutos), para permitir a detecção, a identificação e a discriminação dos veículos e acionamento de alerta aos seus respectivos condutores e a Centrais de Operação, quando sua altura em movimento (altura dinâmica) exceder a altura máxima permitida, evitando assim acidentes e desgastes da estrutura da obra-de-arte.

2.2.11. Sistemas supervisores

Os sistemas de gerenciamento supervisores são ferramentas que integram os recursos de ITS. Sua função é fornecer uma estratégia de análise para cada sistema e garantir que não exista competição entre eles. Possuem também a função de fornecer e gerenciar a rede de telecomunicações que integra os diversos sistemas, que devem operar com base em padrões de sistemas abertos de forma a facilitar sua integração.

Como já comentado, muitas tarefas que poderiam ser automatizadas nesses sistemas ainda são dependentes de intervenção humana.

O projeto 5T adotado em Turim, cidade da Itália reúne um dos mais completos sistemas de controle de variados serviços de ITS será comentado mais adiante. Iniciado em 1992 com os objetivos de auxiliar os cidadãos a se mover na cidade mais rapidamente, encorajar o uso de transporte público e reduzir os níveis de poluição, o projeto só tem evoluído desde então. Hoje o sistema integra funções diversas, como: supervisionamento, controle de tráfego e de acessos, transporte público, informação para os cidadãos, painéis de mensagens variáveis, informações sobre estacionamentos, monitoramento da poluição, e recursos de segurança. Seus principais serviços estão acessíveis tanto pela Internet como por dispositivos móveis.

2.2.12. Comentários gerais

A primeira observação diz respeito à compatibilidade e interoperabilidade entre produtos de diferentes fornecedores ou entre modelos diferentes de um mesmo fornecedor. Considera-se que essa compatibilidade, entendida como a capacidade de acrescentar produtos de modo que estes interajam com os seus similares, já em operação, usando uma funcionalidade baseada em padrões e normas, é condição necessária para o avanço da integração entre sistemas e fundamental para a evolução e manutenção dos sistemas já em uso.

Uma resolução da Agência Nacional de Transportes (ANTT) – resolução Nº 3.323, de 18 de novembro de 2009 - adota o protocolo NTCIP (*National Transportation Communications for ITS Protocol*) como padrão de comunicação entre centrais de controle e destas com sistemas ITS a ser instalados nas rodovias federais. O NTCIP é na realidade um grupo de protocolos, baseado em bibliotecas padrões tipo "MIB" e orientação a objeto, idealizado segundo padrões ISO/OSI. Esse mesmo protocolo foi adotado em edital da Dersa (045/2009), publicado para a contratação de diversos equipamentos de ITS que seriam instalados nas marginais da cidade de São Paulo: sistemas com sensores de monitoramento, tais como, laços detectores, câmeras com sistemas de detecção de incidentes e coleta de dados, CFTV etc.; as empresas vencedoras deveriam certificar que seus equipamentos fariam uso do protocolo de comunicação em acordo com o padrão NTCIP. Mais recentemente, diversos editais tem adotado o padrão como exigência, embora não detalhem - ainda – a lista de

recursos que devem cumprir essa exigência. Mas não parece haver dúvidas da tendência de adoção desse protocolo no país.

Outra tendência que pode ser observada em nível nacional é a exigência da grande maioria dos Editais de Concorrência Pública publicados nos últimos anos em incluir o bom desempenho em testes em escala real, no campo, de equipamentos e serviços de ITS, em especial aqueles associados à fiscalização, como condição para que o serviço seja contratado. Adotados inicialmente pela Companhia de Engenharia de Tráfego da cidade de São Paulo, os testes em campo vêm sendo utilizados por diversos outros órgãos municipais, estaduais e federais. Na maioria das vezes esses órgãos contam com o apoio de Institutos de Pesquisa para definir metodologias e critérios de análise de resultados desses testes, que envolvem funcionamento em determinadas condições, por exemplo, em queda de comunicação ou energia e diversos índices de aproveitamento na identificação dos veículos e das infrações cometidas. Resultados obtidos em vários desses testes são objeto da parte prática deste trabalho.

Destaca-se, ainda, que a coleta de dados de volume e classificação de veículos associada ao acesso de dados *on line* de tráfego, deve ser objeto de políticas mais efetivas para o tratamento de congestionamentos. Os desafios, no entanto, ainda residem, fortemente, em problemas relativos à comunicação (os sistemas wireless são uma tendência inequívoca) e ao tratamento adequado da informação.

Observa-se, finalmente, que esforços – em nível mundial - têm sido feitos no sentido do desenvolvimento de soluções para a nova geração de ITS, que integrará cooperativamente sistemas embarcados em veículos, comunicando-se entre si e com os sistemas instalados na infraestrutura da via.

2.3. Alguns Exemplos de Cidades que Utilizam Tecnologias de ITS

A seguir, serão apresentados alguns casos de cidades que vêm fazendo uso de tecnologias de ITS com sucesso.

Segundo Paquet (2010), apesar do rápido desenvolvimento tecnológico das soluções de ITS, sua aplicação é bastante diferenciada para cada cidade. Isso é notado não apenas na Europa, mas também nos outros continentes.

A divulgação dos casos de sucesso assim como a organização de congressos mundiais têm sido formas enriquecedoras de troca de experiências e discussão das tecnologias e seus resultados.

2.3.1. Turim

Com o desenvolvimento de um projeto denominado 5T (*Telematic Technologies for Transport and Traffic in Turin*), a cidade de Turim (Itália) apresenta um dos mais completos e modernos sistemas de controle de tráfego e de auxílio aos cidadãos, implantado com a utilização de recursos de ITS ((TELEMATIC TECHNOLOGIES FOR TRANSPORT AND TRAFFIC IN TURIN, 2013).

Iniciado em 1992, o projeto 5T tinha como objetivos auxiliar os cidadãos a circular na cidade mais rapidamente, estimular o uso de transporte público e reduzir os níveis de poluição.

Após um projeto piloto conseguir excelente avaliação em nível mundial, no ano de 2000 autoridades responsáveis pela cidade e pelo seu trânsito (o Turin City Council e o Gruppo Torinese Trasporti) transformaram o então consórcio 5T em uma empresa, que assumiu a tarefa de gerenciar, integrar e desenvolver recursos de ITS para melhorar o tráfego e o transporte público na cidade.

Evoluindo continuamente, o projeto resultou num sistema que apresenta resultados cada vez melhores em termos de serviços prestados, integrando diversos recursos e funções, a seguir relacionados.

- a. Controle de tráfego e de acessos por meio de câmeras de vídeo, interseções controladas e integradas, portões eletrônicos em zonas de restrição ao tráfego ou sistemas de controle e monitoramento da velocidade.
- b. Monitoramento e informações sobre transporte público, por meio da Internet, por SMS e em painéis eletrônicos contendo horários de chegada e eventuais alterações no serviço, instalados em 345 pontos de parada, dos quais 145 contam com monitores alimentados por painéis fotovoltaicos.
- c. Informações sobre o trânsito nos principais acessos à cidade, com 26 PMVs informando sobre congestionamentos e melhores rotas, e com 18 painéis móveis, que circulam pela cidade com avisos sobre alterações ou problemas na rede.

- d. Informações sobre vagas disponíveis em estacionamentos, por meio da Internet ou de SMS.
- e. Monitoramento da poluição.
- f. Segurança monitorada por sistema de câmeras de vídeo instalado no sistema de transporte público (cerca de 400 ônibus monitorados; no Metrô, sistema de transmissão Wi-Fi entre veículo e estação; 100 dispositivos de SOS instalados em pontos de parada de veículos públicos).
- g. Disponibilidade, pela Internet, das seguintes operações relativas à área metropolitana de Turim: melhor rota, utilizando transporte público ou veículo próprio (cerca de 140 mil acessos por mês); informações sobre vagas em estacionamentos; tempo de chegada de transporte público; condições do trânsito, com auxílio de mapas e alertas; informações em dias e horários pré-selecionados para usuários cadastrados.
- h. Acesso aos principais serviços não só pela Internet, mas também por dispositivos móveis, tais como, smartphones e celulares.

Em 2012, o foco da atuação ampliou-se para a região do Piemonte, e – reunindo informações dos diferentes gestores das estradas da região – já são fornecidas em tempo real informações sobre bloqueios, condições climáticas, acidentes etc., por rádio, Internet e telefone gratuito.

Atualmente, além do desenvolvimento de tecnologias para coletar dados provenientes de veículos em movimento, soluções para a interoperabilidade entre operadores (gerentes de frotas, centros de operações, gerentes de infraestruturas etc.), normas e protocolos de harmonização para a convergência em uma plataforma comum de TIC, novos sensores e novas ferramentas de simulação, continua-se investindo em outros projetos regionais, tais como:

- Desenvolvimento de sistema de bilhetagem eletrônica regional baseada na tecnologia de cartões inteligentes; sistema de monitoramento de transportes públicos (AVM); e sistema de vigilância de vídeo em bondes e ônibus.
- Construção de uma rede para monitorar o transporte de mercadorias perigosas entre as fronteiras italianas e suíças.

Um dos resultados do projeto 5T foi a redução em 20% no tempo de viagem, obtida em função da implantação do controle automatizado de mais de 300 intersecções integradas a um sistema central. Também resultado de uma política de prioridades nas intersecções, houve considerável redução do tempo de espera do transporte público, aumentando, assim, sua velocidade real média.

O controle das zonas de restrição à circulação por meio de portões eletrônicos de acesso promoveu cerca de 50% de redução no tráfego e, também, melhorias no tráfego de veículos públicos.

A partir dessa experiência, pode-se observar que:

- a implantação de sistemas automatizados para gerenciamento e controle de tráfego pode ser feita em etapas e é bem sucedida quando os projetos têm continuidade e se renovam ao longo do tempo; e
- o bem sucedido projeto 5T é hoje um laboratório permanente e aberto a pesquisadores da comunidade europeia para testar tecnologias e sistemas inovadores (por exemplo, projetos IMAGINE-IT, IN SAFETY, CVIS, OPEN GATE) e isso pode gerar a sua própria realimentação e evolução, além de ser uma fonte contínua de renovação.

2.3.2. São Paulo

O uso de tecnologia para facilitar o gerenciamento e a operação do tráfego na cidade de São Paulo remonta aos anos 80 quando foi implantado o primeiro sistema centralizado de controle semafórico do Brasil, então denominado SEMCO – Sistema de Semáforos Coordenados.

Na década de 90, um novo salto tecnológico foi dado com a instalação dos primeiros sistemas de semáforos inteligentes que se tem notícia no País. Contando com tecnologia de controle em tempo real, os tempos semafóricos passaram a variar em função dos fluxos de tráfego a cada momento, em contraposição ao regime anterior, de tempos fixos.

Com o sistema de semáforos em tempo real, também foram implantados os primeiros sistemas de CFTV, permitindo uma melhora significativa no monitoramento de tráfego, até então feito apenas por meio de viaturas, agentes a pé e Postos

Avançados de Campo (PACs), que são postos situados no alto dos prédios com agentes munidos de binóculo e radiocomunicação.

A partir do ano de 1997, o tráfego na cidade começou a contar também com o auxílio de radares para controlar a velocidade em algumas vias de grande circulação. Já nos anos 2000, em função dos bons resultados obtidos, foi ampliado o número e a diversidade dos radares utilizados.

E alguns anos depois, com sua funcionalidade ampliada pela possibilidade de identificar automaticamente as placas, os radares assumiram um caráter multifuncional, possibilitando assim a fiscalização não somente do excesso de velocidade, mas também, por exemplo, da circulação dos veículos em dia de rodízio, da invasão de faixas exclusivas de ônibus, da invasão de zonas de restrição à circulação de caminhões (BERNARDI; MING, 2008) ou à circulação de ônibus fretados.

Quando instalados em aproximações semaforizadas, os radares com identificação automática de placas também efetuam a fiscalização de avanço de sinal vermelho, de parada sobre a faixa de pedestres na mudança do sinal luminoso e de conversão proibida.

A passagem de veículos com irregularidades administrativas, tais como IPVA e inspeção veicular, ou, eventualmente, veículos roubados ou furtados, também passou a ser detectada, com a utilização dos cadastros apropriados.

Além da importante função de fiscalizar infrações, os radares com leitura automática de placa têm sido utilizados para fornecer, em tempo real, dados de tráfego, tais como velocidade instantânea, volume de veículos, comprimento do veículo e ocupação. Esses dados poderão alimentar sistemas de monitoramento para fornecer, dinamicamente, informações sobre a situação de trânsito e tempos de percurso, na Internet, na mídia impressa e em painéis de mensagens variáveis, permitindo que os motoristas possam tomar decisões quanto a rotas alternativas etc.

Também poderão ser úteis para gerar dados para a matriz origem e destino, constituindo-se em importante instrumento para o planejamento de ações operacionais, fiscalização e políticas de gestão.

Em 2012, os seguintes recursos estavam instalados na cidade de São Paulo: intersecções semaforizadas: 4800; semáforos centralizados: 1580, sendo 105 em

tempo real; radares fixos: 235; barreiras eletrônicas: 153; radares estáticos: 13; e câmeras de CFTV: 320.

Poucos dados são disponíveis sobre os resultados da implantação das tecnologias de ITS na cidade, mas alguns podem ser encontrados em publicações da CET.

Alguns deles dizem respeito à implantação dos semáforos inteligentes no ano de 1997. Como pode ser visto a seguir, obteve-se:

- redução em cerca de 20% no índice de permanência no semáforo, avaliado num quadrilátero da região do Butantã após a implantação do controle de semáforos em tempo real - sistema SCOOT (CET, 1998);
- ganho diário de 38% na média do tempo perdido por veículo devido aos semáforos nessa mesma região do Butantã (MAZZAMATTI, 1998); e
- ganho de 43% no tempo de percurso livre médio e de 10% no fluxo veicular com a implantação dos semáforos inteligentes na Av. Pompéia. (CET, 2012).

Com a utilização de radares para a fiscalização de velocidade obteve-se, no primeiro ano de implantação, 1997:

- redução em 31% no número de vítimas fatais, 1996/1998; e
- redução no percentual de infratores em relação ao total de veículos, que de 50% em 1997 caiu para 3% em 1998 na Marginal Pinheiros, sentido Castelo Branco (CET, 2012).

Da experiência paulistana nesses anos de operação com sistemas de ITS, destacam-se ainda as observações a seguir relacionadas.

1. Durante a instalação dos sistemas inteligentes de semáforos não houve exigência de padronização de protocolos de comunicação e, como foram diversos os fornecedores, todos com protocolos proprietários, ficou inviabilizada por muito tempo a interoperabilidade de equipamentos de campo, dificultando ações de manutenção e aquisição de peças sobressalentes. Recentemente, num trabalho desenvolvido com a Universidade de São Paulo, foram desenvolvidos gateways para conversão dos sistemas aos padrões NTCIP (americano) e UTMC2 (europeu).

2. A realização de ensaios e testes em escala real, previstos nos editais de concorrência pública publicados para a contratação de equipamentos e sistemas associados aos diversos tipos de radares, permitiu selecionar tecnicamente os fornecedores e contribuiu para que diversos fornecedores pudessem melhorar suas soluções (TEIXEIRA et al., 2009); essa experiência tem sido adotada por outras cidades, como Curitiba, e por outros órgãos de governo, como o DER-SP.

Em 2013, a Prefeitura da cidade de São Paulo iniciou o projeto de um centro integrado de mobilidade urbana, que reunirá, além das informações disponíveis nos equipamentos instalados pela CET, também informações provenientes de sistemas de ITS adotados pela SPTrans, num esforço conjunto para melhorar o gerenciamento e a mobilidade na cidade (CET, 2013). No final desse ano de 2014 foi iniciada a instalação de novos equipamentos de ITS na cidade, o que elevará o número de equipamentos/sistemas de fiscalização automática para mais de 2500.

3. SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO VEICULAR

A identificação automática de veículos é, talvez, um dos principais desafios enfrentados pelos sistemas inteligentes de transportes - ITS (*Intelligent Transportation Systems*) atualmente utilizados em rodovias ou vias urbanas.

Quaisquer atividades de operação e gerenciamento de tráfego, urbano e rodoviário, são facilitadas sobremaneira quando se faz uso da identificação automática de veículos, associada a sistemas inteligentes para coleta, armazenamento, transmissão e análise de dados.

A possibilidade de agir, em tempo real, sobre as informações coletadas, tomando decisões e aplicando as medidas necessárias para melhorar o fluxo do trânsito, auxiliar usuários com informações e garantir que a legislação seja cumprida, é fundamental para assegurar a circulação adequada e otimizada de veículos, pessoas e mercadorias – objetivo primordial de um sistema de transportes.

A identificação automática de veículos tem sido utilizada decisivamente em diversas atividades e serviços, tais como:

- Fiscalizar infrações de trânsito: excesso de velocidade, circulação proibida em determinados locais, dias ou horários, invasão de faixas de tráfego exclusivas etc.
- Fiscalizar irregularidades administrativas: IPVA atrasado, licenciamento vencido, não realização de inspeção veicular etc.
- Melhorar a segurança, pública ou privada, detectando veículos roubados e cargas desviadas.
- Controlar a passagem em locais pedagiados, tais como, rodovias, áreas de circulação restrita nas cidades e estacionamentos.
- Gerenciar a logística de veículos e cargas em trânsito.
- Gerenciar operação do transporte público.
- Fornecer informações de tráfego.

Entendendo-se por sistema um conjunto de entes ou elementos inter-relacionados que interagem no desempenho de uma função (Rodrigues, 1987), pode-se dizer que

os sistemas automáticos de identificação veicular se constituem num conjunto de equipamentos e softwares que interagem para realizar a função de detectar e identificar um veículo.

Os sistemas automáticos de identificação veicular são compostos por elementos de detecção, registro e identificação do veículo, associados a recursos de telecomunicações e de softwares que manipulam essas informações para atingir o objetivo desejado.

Os elementos de detecção do veículo pressupõem que os veículos possuam uma identidade que os diferencia entre si e os caracteriza como únicos, sendo a mais comum a placa de identificação veicular. No caso de sistemas embarcados, poderá haver uma identificação digital adicional, mas essa estará sempre associada à placa veicular, como será observado mais adiante.

As tecnologias utilizadas são diversas e podem ser associadas a cada tipo de sistema de identificação: aqueles que utilizam sistemas embarcados nos veículos, como “placas ou etiquetas eletrônicas” (*tags*/RFID) ou rastreadores adicionados pelo usuário ou equipamentos embutidos na tecnologia embarcada em fábrica; e aqueles que utilizam equipamentos na infraestrutura para realizar reconhecimento automático de placas de identificação veicular.

3.1. Tipos de Sistemas e Tecnologias Envolvidas

A seguir, será feita uma breve descrição dos sistemas de identificação automática de veículos atualmente utilizados.

3.1.1. Sistemas que utilizam “placas eletrônicas” (*tags*/RFID)

Os sistemas desse tipo são mais comumente utilizados para fins de pedagiamento eletrônico, em rodovias, vias urbanas pedagiadas ou estacionamentos. Mas também estão presentes nos postos de localização (*signposts*), utilizados para localização geográfica e rastreamento de veículos (RODRIGUES, 2009).

São compostos por três unidades principais: unidade de identificação instalada no veículo (*transponder*); unidade de leitura; e central de tratamento dos dados.

Esses sistemas utilizam dois tipos de *tags* (etiquetas): ativas ou passivas. As passivas são de baixo custo e caracterizam-se por armazenar informações limitadas. As ativas permitem armazenar informações dinâmicas dos veículos, tais como, carga, rota e número de passageiros, mas requerem fonte de alimentação de energia e, portanto, custo um pouco mais alto.

O custo de implantação de infraestrutura, ou seja, das unidades de leitura ou antenas, pode ser alto, pois sua abrangência restringe-se à região coberta pelas unidades de leitura instaladas.

Quando utilizados para localização e rastreamento de veículos, utilizam-se de radiofrequência, baseando-se em infraestrutura terrestre de radiocomunicação digital bidirecional (por exemplo, entre o motorista e uma central de operações), composta por rede de antenas de rádio operando em frequência exclusiva. Em função do custo de implantação dessas redes de antenas, só são viáveis em áreas urbanas, muito adensadas. (RODRIGUES, 2009)

No Brasil, um dos sistemas de *tags* mais conhecido é o sistema Sem Parar, o primeiro utilizado para reconhecimento e pagamento de pedágios ou estacionamentos no estado de São Paulo e hoje presente em diversos outros estados.

Atualmente, está em processo de implantação no território nacional uma solução de *tags*/RFID padronizada, o sistema Siniav, que será descrito mais adiante.

Mais recentemente, os sistemas embarcados para localização de veículos estão se utilizando das tecnologias de GPS (GNSS), associadas aos serviços das empresas de telefonia móvel, modelo utilizado no projeto Simrav, também descrito mais adiante.

3.1.2. Sistemas de reconhecimento automático de placas

Os sistemas de reconhecimento automático de placas são aqueles que, ao detectar a passagem de um veículo por meio de sensores, registram a imagem com foco na região da placa de identificação e depois fazem o reconhecimento da placa por meio de softwares desenvolvidos com essa finalidade.

Assim, são compostos de sensores para detecção da passagem do veículo; câmeras para registro da imagem; iluminadores para operação em período noturno,

trabalhando na banda superior do infravermelho para que sua iluminação não seja visível a olho nu; software de reconhecimento ótico de caracteres (OCR); sistema de comunicação; além de uma central de processamento de dados e imagens.

Os sistemas mais tradicionais utilizam como sensor de passagem de veículo, um conjunto de laços magnéticos indutivos instalados na faixa de rolamento. Mas, como será visto no capítulo seguinte, outros tipos de sensores também têm sido utilizados.

3.2. Exemplos no Brasil

Alguns sistemas adotados ou em projeto no Brasil, são apresentados a seguir. O primeiro é o sistema Sem Parar, já citado e amplamente utilizado nas rodovias de São Paulo para o pedagiamento automático. Os seguintes são dois projetos nacionais, em processo de desenvolvimento e implantação, o Siniav e o Simrav. E, por fim, será comentado o amplo uso dos sistemas de reconhecimento de placas para a fiscalização de infrações de trânsito na cidade de São Paulo.

Sem Parar

Em operação desde 2001, o sistema Sem Parar – o maior em número de usuários no Brasil - vem sendo utilizado com sucesso em rodovias. Pressupõe a colocação de um cartão eletrônico de identificação (*tag*) no para-brisa do carro que, ao ser reconhecido por uma antena libera automaticamente a passagem do veículo pelas cancelas das praças de pedágio. Um sistema registra data, horário, praça e o custo do pedágio e a cobrança da tarifa é enviada mensalmente para o usuário. Se a *tag* não estiver instalada ou visível, um sinal é enviado para uma câmera, que fotografa a lateral e a traseira do carro, gerando uma multa. Associado a esse sistema, sensores instalados na via identificam o número de eixos do veículo de forma a associá-lo a um padrão previamente definido de cobrança. O sistema está em operação em diversas rodovias e em diversos estados brasileiros, além de São Paulo. Alguns estacionamentos, em shoppings ou aeroportos, também vêm utilizando esse sistema para cobrança de tarifa, sem o recurso para classificar o tipo de veículo. O tipo de sistema utilizado no Sem Parar hoje vem sendo comercializado por diversas empresas e, hoje, o nome Sem Parar é apenas umas das marcas: dentre outras, tem-se, em São Paulo, o ConectCar e o Auto Expresso e, no Rio de Janeiro, o Passe Expresso (na Linha Amarela).

Uma resolução do governo paulista, que altera o sistema para realizar cobrança de pedágio ponto a ponto (de acordo com o trecho da rodovia percorrido pelo usuário) e estabelece tecnologia que dispensa o uso de bateria nas *tags* instalados nos veículos e operará na rádio frequência de 915 Mhz. O sistema Sem Parar, implantado há mais de 11 anos adota a frequência de 5,8 GHz e utiliza bateria, devendo a *tag* ser substituída a cada quatro anos. A nova frequência escolhida é consonante com a resolução do Denatran sobre o Siniav, descrito a seguir. O sistema Ponto a Ponto funcionará com a instalação de pórticos com câmeras e antenas, que farão a leitura automática das *tags* 915 Mhz instaladas nos veículos, constituindo-se numa espécie de praça de pedágio virtual, sem barreiras e cabines de cobrança.

Siniav

O Sistema Nacional de Identificação de Veículos (Siniav), conforme as Resoluções do Contran Nº 212 (nov.2006) e Nº 338 (dez.2009) e da Portaria do Denatran Nº 227 (mar.2010), trata do uso de um protocolo padrão, IAV Denatran, desenvolvido com o propósito de tornar interoperáveis os equipamentos de leitura, de processamento de informações de veículos e as placas de identificação veicular eletrônicas.

Assim que entrar em operação esse sistema, todos os veículos novos receberão uma placa de identificação veicular eletrônica no primeiro licenciamento, quando serão inseridos os dados permanentes do veículo; os veículos usados receberão a placa por ocasião do seu licenciamento anual.

Uma das grandes dificuldades para sua implantação é superar os diversos padrões hoje já utilizados pelas diversas concessionárias de rodovias, nos diversos estados da federação, para a identificação eletrônica. Outra dificuldade é o fato de que os Departamentos de Trânsito e a Polícia Rodoviária vêm, progressivamente, utilizando cada vez mais os sistemas associados à leitura automática da placa do veículo com sistemas de OCR.

São requisitos obrigatórios do sistema Siniav: interoperabilidade, custo do sistema leitor/placa de identificação veicular eletrônica; proteção contra a fraude e clonagem das placas de identificação veicular eletrônica; integração com o sistema integrado de informação veicular SIV do Denatran.

Simrav

Outro projeto nacional trata do Sistema Integrado de Monitoramento e Registro Automático de Veículos (Simrav).

Em atendimento à lei que criou o Sistema Nacional de Prevenção, Fiscalização e Repressão ao Furto e Roubo de Veículos e Cargas (Lei Complementar n. 121, de 2006), o Contran definiu, por meio da Resolução 245 (jul.2007), a instalação - em todos os veículos novos - de um equipamento obrigatório, denominado dispositivo antifurto.

Portarias do Denatran emitidas posteriormente (47/07, 102/08, 129/08, 253/09 e 902/11), resoluções do Contran (330/09) e deliberações do Contran (83/09 e 90/10) foram publicadas de forma a atender determinação da Justiça Federal e adequar definições e datas de implantação.

Resumidamente, o Simrav prevê a instalação de um equipamento antifurto, integrado à arquitetura do veículo e desenvolvido conforme critérios dos dispositivos eletrônicos embarcados; quando da remoção do equipamento antifurto, o veículo não poderá ser acionado.

O equipamento seguirá o protocolo ACP 245, especificamente desenvolvido para essa finalidade sobre um protocolo original da Motorola, e só pode ser ativado por meio de chaves criptográficas de autenticação eletrônica, sem acesso físico ao dispositivo. Essa ativação só poderá ser realizada por uma operadora de serviços de monitoramento homologada pelo Denatran e escolhida pelo proprietário do veículo.

A proteção do veículo contra furto, sem contratação de serviços, se dá pelo chamado bloqueio autônomo (acionado pelo proprietário). No caso de roubo, se o proprietário tiver contratado um serviço, a proteção se dará por meio de bloqueio e localização remotos.

Concebido para operar apoiado nas redes de telefonia móvel autorizadas pela Anatel, o Simrav utiliza identificação única de dispositivos, definida pelo Denatran, e permite a configuração de até 30 operadoras de serviço móvel de comunicação (autorizadas pela Anatel), num mesmo SIMCard (*chip*).

Para permitir que todos os envolvidos no sistema Simrav tivessem a oportunidade de, por meio de testes em laboratório e em veículos, validar seus produtos em

conjunto com todas as interfaces necessárias para o completo funcionamento do sistema, foi organizada – em 2009 – pelo Denatran uma Operação Assistida, coordenada e acompanhada por grupos de apoio dos quais participam todas as entidades envolvidas no Simrav, ou seja, Denatran, provedores de telecomunicações – SMP (Acel), Anatel, fabricantes de SIM Cards, operadoras de serviços de monitoramento e localização e de infraestrutura (Gristec), fornecedores de equipamentos antifurto (Sindipeças), fabricantes de veículos e importadores (Anfavea, Abraciclo, Abeiva, Anfir e Fabus). Esses grupos contaram com o apoio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, para realizar testes parciais e completos do sistema.

Algumas questões têm sido objeto de debate tanto entre os envolvidos, quanto com o Ministério Público e são, a seguir comentadas.

Há total concordância quanto à necessidade de Prevenção, Fiscalização e Repressão ao Furto e Roubo de Veículos e Cargas. De acordo com levantamento realizado pela assessoria de segurança da Associação Nacional dos Transportadores de Carga & Logística (2014), o número de ocorrências de roubo de cargas em 2013 aumentou 5,5% em relação ao ano anterior, registrando 15,2 mil casos e um prejuízo de R\$ 1 bilhão para o setor. Este número é o maior dos últimos dezesseis anos, segundo dados da entidade. A região Sudeste teve o maior registro, com 81,29% dos casos, sendo que os Estados de São Paulo (52,5%) e Rio de Janeiro (23,3%) tiveram mais incidências.

Integrado à arquitetura do veículo e desenvolvido conforme critérios dos dispositivos eletrônicos embarcados, o Simrav pode contribuir decisivamente para ordenar e melhorar tecnologicamente um mercado que cresce diariamente. Para se ter uma ideia, a maioria dos problemas pós-venda dos equipamentos antifurto e rastreadores atualmente instalados, por solicitação das empresas de seguro ou motivação dos proprietários de veículos, são causados por processos inadequados de instalação (segundo informação verbal obtida no Cesvi Brasil, centro de pesquisa especializado em reparação automotiva e segurança viária, em visita realizada em 2011).

Bastante inovador do ponto de vista tecnológico, o Simrav - por permitir a configuração de até 30 operadoras num mesmo chip - fará com que as empresas que prestam serviços de rastreamento possam optar por ter contratos com a operadora de telefonia móvel que oferecer melhores vantagens contratuais. Ou seja,

funcionará como se num celular não fosse necessária a troca física do cartão SIM ao trocar de operadora.

O equipamento é composto por quatro módulos: um de gerenciamento e bloqueio, um de comunicação bidirecional, um de recepção de satélite e um de bateria auxiliar. O armazenamento das posições do veículo para fins de rastreamento, que inicialmente fazia parte do projeto, foi eliminado para atender aos questionamentos sobre invasão de privacidade, realizados pelo Ministério Público (MP). O módulo de recepção de satélite (GPS), além de garantir a possibilidade de utilização da função localização, exerce outra função muito útil que é a de permitir o cálculo da velocidade do veículo com a precisão necessária para efetuar um bloqueio com mais segurança, mesmo em motocicletas.

Também em atendimento a restrições impostas pelo MP com relação à preservação da privacidade dos proprietários de veículos, o projeto adotou uma concepção tecnológica que preserva ao proprietário o direito de querer ou não ser localizado. A chave criptográfica utilizada para ativar o serviço no equipamento, que sai de fábrica em estado “dormente”, poderá – em acordo com o contrato realizado pelo usuário com a empresa provedora do serviço – ativar serviço somente de bloqueio remoto ou serviço de bloqueio e também de localização. Provavelmente as empresas terão pacotes vantajosos para o cliente contratar os dois tipos de serviço: bloqueio e localização.

Outra questão diz respeito à obrigatoriedade de instalação do equipamento antifurto, progressivamente, em todos os veículos novos. Como já observamos, a instalação dos dispositivos antifurto em fábrica vem melhorar significativamente a qualidade do que hoje está disponível no mercado e algumas montadoras nacionais, a exemplo do que ocorre mundialmente, já têm implementado projetos similares por iniciativa própria, em veículos de maior valor agregado.

Sem a obrigatoriedade, os veículos de mais baixo custo (populares ou motos) tendem a ficar sem o recurso e não será garantido um projeto com um mínimo de requisitos comuns, ou seja, cada montadora e cada modelo adotam um projeto associado a um fabricante, a uma operadora e a uma prestadora de serviços e o usuário não tem muitas escolhas ao adquirir o serviço.

Reconhecimento Automático de Placas em São Paulo

Como já comentado no item 2, a cidade de São Paulo começou a utilizar radares com identificação automática de placas no final dos anos 2000.

A partir de então, os radares assumiram um caráter multifuncional, possibilitando assim a fiscalização não somente do excesso de velocidade, mas também, por exemplo, da circulação dos veículos em dia de rodízio, da invasão de faixas exclusivas de ônibus, da invasão de zonas de restrição à circulação de caminhões ou à circulação de ônibus fretados, além da fiscalização de avanço de sinal vermelho, de parada sobre a faixa de pedestres na mudança do sinal luminoso e de conversão proibida.

Por meio de acesso a bases de dados atualizadas e apropriadas, com o recurso de identificar automaticamente as placas veiculares, foi viabilizada a detecção da passagem de veículos com irregularidades administrativas, tais como, IPVA e inspeção veicular, e, até mesmo, veículos roubados ou furtados.

Embora ainda não utilizados amplamente para fornecer, em tempo real, dados de tráfego, tais como velocidade instantânea, volume de veículos, comprimento do veículo e ocupação, isso só depende da utilização de sistemas de monitoramento adequado para fornecer, dinamicamente, informações sobre a situação de trânsito e tempos de percurso, na Internet, na mídia impressa e em painéis de mensagens variáveis, permitindo que os motoristas possam tomar decisões quanto a rotas alternativas etc. ou para gerar dados para a matriz origem e destino, constituindo-se em importante instrumento para o planejamento de ações operacionais, fiscalização e políticas de gestão.

Em 2013, um novo Edital foi publicado, ampliando a quantidade de equipamentos instalados. Nesse mesmo ano, foi iniciado o projeto de um centro integrado de mobilidade urbana, que deve fornecer os sistemas adequados para tratamento e divulgação de todos esses dados.

4. OS SISTEMAS DE RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE PLACAS

As placas de identificação veicular têm sido utilizadas no mundo inteiro para identificar veículos circulantes nos diversos países. As letras e números ali impressos representam um licenciamento legal para que o veículo trafegue nas vias públicas. Assim, quaisquer sistemas que precisam tratar dados relativos a veículos em circulação não podem prescindir da informação contida em sua placa veicular.

Apesar de poder ser lida manualmente, para ganhar agilidade e a possibilidade de identificar uma placa em qualquer hora e lugar são utilizados os sistemas que fazem o reconhecimento automático de placas, sem que seja necessária qualquer intervenção humana.

Esses sistemas nada mais são do que um conjunto de recursos de software e hardware capazes de identificar a passagem do veículo, de registrar uma imagem do veículo contendo a placa veicular e reconhecer o conteúdo da placa, transformando-o em caracteres que possam ser processados e transmitidos remotamente, assim como é feito com a imagem captada do veículo.

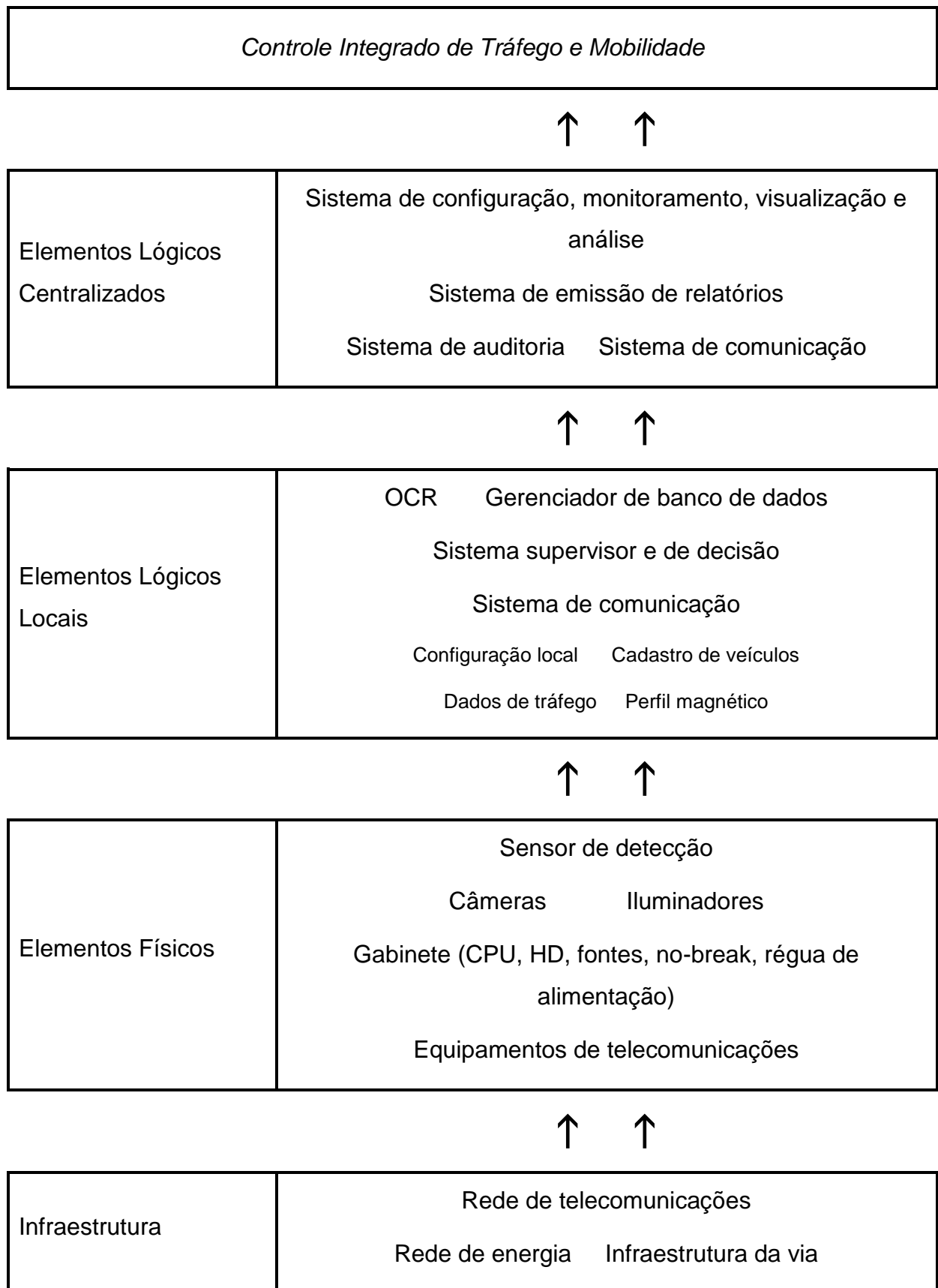
Para seu correto funcionamento, esses sistemas dependem das tecnologias utilizadas para identificar e tratar as imagens, mas, também, da qualidade e funcionalidade do conjunto da solução adotada, como será visto adiante.

4.1. Descrição Sistêmica no Modelo de Camadas

Uma tentativa de representar um sistema desse tipo e todos os seus componentes diretos ou não pode se vista na Figura 1, a seguir apresentada, que consiste em uma interpretação livre do modelo OSI² de camadas, partindo dos elementos físicos e chegando aos elementos lógicos mais próximos do usuário final.

² O Modelo OSI, criado em 1983 e formalizado em 1995, é um modelo de referência da ISO para protocolos de comunicação entre variados sistemas. A arquitetura do modelo divide as redes de computadores em camadas de abstração e cada protocolo implementa uma funcionalidade assinalada a uma determinada camada.

Figura 1 – Sistema de Reconhecimento Automático de Placas Veiculares
(representação em modelo de camadas)



CAMADA 1 – Infraestrutura

Essa camada envolve a infraestrutura e as redes necessárias para implantar um sistema automático de reconhecimento na via. No local onde o sistema ficará instalado deverá estar disponível toda a infraestrutura necessária. Por exemplo, se for um radar fixo com detecção de veículo por laço magnético, terá que ser feito um rasgo no leito da via e, para isso, o trânsito terá que ser interrompido – ocorrendo o mesmo caso seja necessário fazer manutenção nesse laço; terá que ser disponibilizada rede de energia e telecomunicação – se não forem existentes no local terão que ser providenciadas; se falharem, o sistema falhará, pelo menos no que diz respeito à coleta e transmissão de dados em tempo real.

CAMADA 2 – Elementos Físicos

São os equipamentos que precisam ser instalados no ponto de detecção para que o sistema funcione. São compostos por sensor de detecção; câmera(s) fotográfica ou de vídeo; iluminadores; gabinete contendo CPU, HD, fontes, *no-break*, régua de alimentação; e equipamentos de telecomunicações.

CAMADA 3 – Elementos Lógicos Locais

Nesta camada consideram-se os elementos lógicos, ou seja, softwares e demais rotinas computacionais para gerenciar, armazenar e tomar decisões em nível local, ou seja, em campo, onde o equipamento for instalado. Compõem-se de software de OCR (*Optical Character Recognition*); sistema gerenciador de banco de dados; sistema supervisor e de decisão; sistema de comunicação; dados de configuração local; base de dados de cadastro de veículos nos órgãos competentes; banco de dados sobre os veículos circulantes (dados de tráfego); e analisador de perfil magnético.

CAMADA 4 – Elementos Lógicos Centralizados

Aqui também são referidos os elementos lógicos (softwares), mas que não ficam instalados localmente, em campo, e sim remotamente, onde será tratada a informação recebida diretamente do campo. Constituem-se em sistemas para configuração, monitoramento, visualização e análise; emissão de relatórios; auditoria; e comunicação com outro local, remoto, onde será feito o controle centralizado e integrado das informações recebidas pelos diversos sistemas de ITS instalados e que não será objeto desta análise.

4.2. Tecnologias Envolvidas

Os sistemas de reconhecimento automático de placas utilizam tecnologias diferentes para atender a três funcionalidades básicas:

- Detectar veículos;
- Registrar e processar imagens; e
- Reconhecer padrões e analisar os dados.

Para detectar veículos, são utilizados diversos tipos de sensores. Os laços indutivos magnéticos se constituem na tecnologia mais amplamente utilizada e que apresenta os melhores resultados. No entanto, por serem intrusivos – ou seja, requerem a intervenção no pavimento para sua instalação e manutenção – existe uma tendência em serem progressivamente substituídos por sensores não intrusivos ou até mesmo pelo uso direto de câmeras.

Para atender à segunda funcionalidade, registrar e processar imagens, são utilizadas câmeras fotográficas ou de vídeo e técnicas de processamento de imagens aplicadas sobre fotos ou sequências de fotos/frames (no caso de vídeos). Para evitar o efeito “borrão” produzido pelos veículos em velocidade, as câmeras dedicadas para uso em sistemas de reconhecimento automático de placas combinam iluminação no espectro de radiação do infravermelho – flash embutido (que reflete bem as placas e não é visível ao olho humano) com controle flexível do obturador (para reduzir seu tempo). Essas câmeras são capazes de capturar imagens de veículos a até 250 km/h, tanto no período noturno quanto no período diurno (ARH, 2012). Para o processamento de imagens, os métodos variam desde a análise sobre uma imagem binária, passando pelo processamento dos vários níveis de cinza ou colorido, chegando aos chamados classificadores, que utilizam estatística, redes neurais ou algoritmos genéticos para interpretar a imagem obtida, identificar a região da imagem onde está a placa veicular e extrair a imagem da placa, para a seguir segmentar os caracteres para posterior reconhecimento.

Para realizar o reconhecimento dos caracteres segmentados, são utilizados softwares de OCR (*Optical Character Recognition*) que fazem uso de algoritmos que utilizam classificadores estatísticos, arquiteturas de inteligência computacional e técnicas de reconhecimento de padrões.

Após o reconhecimento da placa, o sistema se comunica com outros sistemas ou bases de dados para, enfim, realizar as funções de ITS para a qual foi projetado. Nessa fase os dados são analisados, transmitidos e processados, utilizando-se de tecnologias de TI e telecomunicações diversas.

Anagnostopoulos (2008) apresenta uma revisão dos métodos de aquisição e reconhecimento de imagens, atualizada por Shan Du et al. (2013), constituindo - ambas as publicações - excelentes referências para estudos mais detalhados. Em Shan Du et al. (2013) podem ser encontradas tabelas, resumindo prós e contra dos diversos métodos para extração de placa, para segmentação e para reconhecimento de caracteres, aplicados em placas de diversos países. No entanto, embora em Shan Du et al. (2013) seja encontrada uma relação de fatores que podem afetar o reconhecimento de placas, como as variações nas placas veiculares e as variações ambientais, nenhuma das publicações consultadas apresenta uma abordagem mais ampla do desempenho global desses sistemas.

Como será apresentado adiante, a qualidade dos resultados de um sistema de reconhecimento automático de placas precisa ser avaliada como resultante de um sistema de tecnologias que interagem para obter o resultado final, que é cumprir as funções de ITS desejadas.

4.3. Fatores que Influenciam a Qualidade

A seguir, é feita uma análise dos diferentes fatores que influenciam na qualidade de resultados de um sistema de reconhecimento automático de placas.

Qualidade do sistema de detecção

Em todos os tipos de sistemas de detecção podem ocorrer falhas, que ora são intrínsecas à tecnologia, ora provocadas por má instalação e ora provocadas pelo usuário.

Por exemplo, nos sistemas de detecção por laço, o laço está sujeito aos esforços provocados pelo tráfego e às variações de temperatura. Um laço mal posicionado ou de tamanho inadequado dificulta a detecção do veículo. E também é comum o usuário frequente da via, conhecendo a posição do laço (pois ele fica visível no pavimento), tentar evitar a passagem sobre ele em posição favorável à detecção da placa, desviando o carro lateralmente.

As tecnologias não invasivas são, por vezes, mais suscetíveis a variações de temperatura ou outras condições climáticas. Em U.S.DoT/FHWA (2006) pode ser encontrada uma tabela comparativa ressaltando pontos fortes e fracos das diversas tecnologias de sensores aplicadas à detecção de veículos, assim como a outras funções de ITS.

Qualidade da imagem

a) velocidade do veículo: como já citado, para evitar o efeito “borrão” provocado nas imagens de veículos em movimento, as câmeras precisam possuir controle do tempo de obturação e contar com sistema de iluminação infravermelho para captar imagens noturnas.

b) ilegibilidade da placa: se uma placa não pode ser identificada corretamente pelo olho humano por estar suja, danificada (por exemplo, tinta descascada) ou amassada, também não o será por um sistema automático. A Figura 2 é um exemplo dessa questão, associada às condições descritas, a seguir, no item c.

Figura 2 – Placa amassada e sombra parcial



c) posicionamento da placa no veículo: a variação no posicionamento de placas, em especial em veículos de carga (por exemplo, muito à esquerda), assim como a existência de mais de uma placa (carroceria e cabine), a placa transcrita na carroceria ou a existência de quaisquer outras imagens que possam ser confundidas com uma placa podem dificultar ou impedir a extração da placa pelo sistema. Esse problema é particularmente observado no caso de caminhões e a prática tem recomendado que, nesse caso, a placa seja extraída frontalmente para que seja

obtido um melhor resultado. A Figura 3 ilustra o problema de imagens que podem ser confundidas no processo de extração.

Figura 3 – Erro de extração da placa em função da poluição visual



d) condições ambientais desfavoráveis: posição do sol (provocando reflexos e sombra parcial na placa), chuva intensa, neblina, imagem noturna de veículo em posição frontal, com influência do ofuscamento das luzes do farol (durante a noite a câmara tende a apresentar abertura automática maior do diafragma, podendo causar ofuscamento na imagem). A Figura 4 exemplifica o problema da sombra parcial e a Figura 5 mostra a influência do reflexo solar.

Figura 4 – Sombra parcial



Figura 5 – Reflexo solar



e) tipo de fonte de letra utilizada: é comum a identificação falhar por causa da ambiguidade entre caracteres cuja grafia é muito semelhante; assim, a diferenciação entre caracteres tais como, 0 e O, O e D, O e Q, G e C, 1 e I, 2 e Z, 5 e S, 8 e B, nem sempre é bem sucedida (v. Figuras 6 e 7). Em Shan Du et al. (2013) pode-se encontrar comentários sobre diversas abordagens, utilizando redes neurais, para se enfrentar o problema.

Figura 6 – Confusão de caracteres (1)

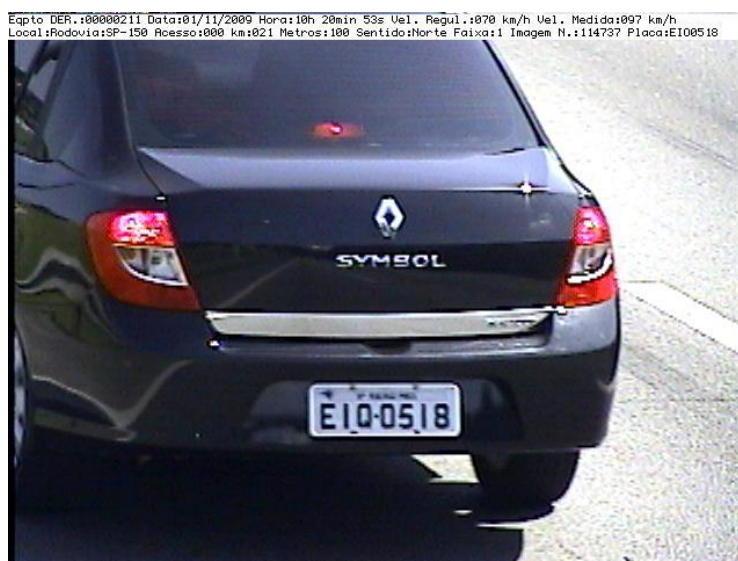


Figura 7 – Confusão de caracteres (2)



Sistema de registro da imagem

a) posicionamento da câmera: tanto a distância entre a câmera e a placa, quanto o ângulo da câmera com relação ao veículo podem influenciar a captura e a qualidade da imagem. O ajuste, por exemplo, da distância, de forma a otimizar o número de pixels na imagem é fundamental para um bom resultado. Anagnostopoulos (2008) aponta que uma imagem de placa contendo pelo menos 20 a 25 pixels de altura pode ser processada com sucesso, tanto na segmentação quanto no reconhecimento dos caracteres.

b) posicionamento do elemento de sustentação do conjunto câmera/iluminador: o posicionamento adequado do poste deve garantir compromisso entre a segurança para veículos, pedestres e equipamentos, e a facilidade de captura de imagem.

c) posicionamento entre câmera e iluminador: tem sido verificado que dependendo desse posicionamento, os resultados podem ser melhores, minimizando os efeitos de reflexão; por exemplo, instalação em alturas iguais ou em diferentes níveis.

d) influência de outros fatores, como iluminação externa com reflexos na placa podem também atrapalhar a identificação.

As Figuras 8 e 9 ilustram problemas de posicionamento e ajuste.

Figura 8 – Posicionamento da câmera ou do laço



Figura 9 – Ajuste; luminosidade, foco



Sistema de processamento local

- a) velocidade de processamento, acesso e pesquisa a bancos de dados; esses bancos podem conter, por exemplo, lista de veículos licenciados e seu tipo, lista de veículos isentos de infrações, tais como, rodízio municipal etc.
- b) conteúdo dos bancos de dados: os dados devem ser confiáveis e estar atualizados.
- c) capacidade de armazenamento de imagens: necessária especialmente em queda de energia ou falha na comunicação
- d) correta configuração do sistema para as funções de ITS pretendidas, tais como, aplicação correta do rodízio de veículos.

Tecnologia de transmissão

- a) velocidade da transmissão de dados: está ficando cada vez mais explícita a função auxiliar que pode ser exercida por esses sistemas para que se conheça, em tempo real, a situação do trânsito, em especial nas cidades. Assim, é fundamental sua capacidade de realizar a transmissão imediata para uma central de dados de tráfego atualizados, diretamente do equipamento em campo.
- b) qualidade de transmissão de imagens: para a transmissão de imagens de veículos individualmente, não é tão crítica a avaliação em tempo real, mas sim o tamanho dos arquivos e pacotes transmitidos, de forma que nenhuma imagem seja perdida durante o processo de transmissão.

4.4. Classificação de Falhas

A seguir, apresenta-se uma proposta de classificação de fontes de falhas, segundo a sua origem e considerando o modelo sistêmico de camadas, já proposto no item 4.1.

Como está apresentado no Quadro 2, a cada uma das camadas que definem um sistema automático de fiscalização de trânsito associa-se um grupo de fontes de falhas e, sempre que possível, esses grupos estão divididos em falhas intrínsecas ou extrínsecas, o que influi na possibilidade de se atuar sobre elas.

Falhas intrínsecas são aquelas associadas à tecnologia utilizada e a eventuais falhas humanas de instalação, configuração ou operação, ou seja, é objeto de atuação direta de quem fornece e/ou opera os equipamentos e sistemas. As falhas

extrínsecas dependem de legislação, da atuação de terceiros ou de condições físicas que não podem ser alteradas, apenas devem ser consideradas, tais como, condições ambientais, do veículo, do tráfego e da infraestrutura existente.

Quadro 2 – Classificação de falhas, segundo suas fontes e camadas sistêmicas

Camadas		Fontes de Falhas	
		Intrínsecas	Extrínsecas
Infraestrutura	Infraestrutura de instalação	Estabilidade e adequação de estruturas de suporte. Escolha exata do local; instalação e posicionamento corretos.	Estabilidade e adequação das estruturas de suporte já existentes (leito, viadutos, pórticos, postes). Determinação do local de instalação. Vandalismo e abalroamento.
	Rede de energia		Disponibilidade no local; falhas na rede.
	Rede de comunicação		Disponibilidade, velocidade e alcance; falhas na rede.
Elementos físicos	Sensor de detecção	Adequação do tipo sensor à sua finalidade; funcionamento correto. Posicionamento e instalação corretos; funcionamento sob condições climáticas diversas.	Posição do veículo na passagem pelo sensor; velocidade do veículo; vandalismo.
	Câmeras	Posicionamento em relação ao iluminador, foco.	Posição do veículo e posição relativa entre veículos; vandalismo.
	Iluminadores	Posicionamento em relação à câmera.	Luminosidade externa. Vandalismo
	Gabinete (CPU, HD, fontes, <i>no-break</i> , régua de alimentação)	Capacidade de processamento, adequação e organização interna. Especificações adequadas para ambiente externo de operação.	Vandalismo.
	Equipamentos de telecomunicações	Especificações adequadas para ambiente externo de operação	

(continua ...)

(continuação...)

Camadas		Fontes de Falhas	
		Intrínsecas	Intrínsecas
Elementos lógicos locais	Sistema de extração da imagem e OCR	Adequação para o tipo de placa veicular do local ou região.	Placa do veículo: estado de conservação, posicionamento e tipo de letra; existência de mais de uma placa; poluição visual. Reflexos de iluminação externa; posição do sol, sombra. Velocidade do veículo.
	Gerenciador de banco de dados	Capacidade de armazenamento. Integridade de dados. Velocidade de acesso.	
	Sistema supervisor e de decisão	Capacidade de lidar, em tempo real, com os diversos processos concorrentes.	
	Sistema de comunicação	Velocidade e qualidade na transmissão de dados e imagens.	Disponibilidade.
	Sistema de criptografia de dados e imagens	Segurança; confiabilidade.	
	Configuração local	Correção da configuração para as funções pretendidas.	
	Cadastro de veículos		Qualidade e consistência da informação.
	Dados de tráfego	Capacidade de armazenamento.	
	Perfil magnético	Capacidade de identificação do tipo de veículo.	
Elementos lógicos centralizados	Sistema de configuração, monitoramento, visualização e análise	Facilidade de uso.	
	Sistema de emissão de relatórios	Facilidade de uso.	
	Sistema de auditoria	Facilidade de uso. Segurança.	
	Sistema de comunicação	Velocidade e qualidade na transmissão de dados e imagens.	

5. ANÁLISE EXPERIMENTAL

Com o objetivo de conhecer, analisar e compreender variáveis que podem influenciar na identificação de veículos pelos equipamentos e sistemas de fiscalização automática de trânsito e monitoramento de tráfego rodoviário são apresentados e analisados neste item dados provenientes de testes realizados em campo, como parte da avaliação técnica de editais de concorrência pública publicados em São Paulo pela Secretaria Municipal de Transportes e pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo.

Esses editais tinham como objetivo contratar serviços de fiscalização automática de infrações, tais como, excesso de velocidade e circulação proibida, ou de irregularidades administrativas como, por exemplo, licenciamento veicular vencido. Todos previam avaliações técnicas em escala real das soluções apresentadas pelas empresas licitantes.

Os testes foram realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) entre os anos de 2008 e 2013, em instalações específicas realizadas tanto em vias urbanas quanto em rodovias, de maneira a verificar o atendimento a especificações técnicas e avaliar o desempenho dos equipamentos e sistemas oferecidos pelas empresas licitantes, determinando se as propostas oferecidas alcançavam os índices mínimos exigidos pelos editais. Ilustrações de algumas dessas instalações podem ser vistas nas Figuras 10 e 11.

De maneira a poder coletar dados que permitissem avaliar o desempenho das diversas soluções apresentadas, as infrações foram simuladas durante os testes. Por exemplo, o valor de velocidade permitida podia ser configurado abaixo daquele permitido na via. Dessa forma, os dados e as imagens de veículos registrados não foram de infratores, mas apenas de veículos circulantes nas vias durante os testes.

A partir dos resultados obtidos em alguns desses testes, foram selecionados os casos que serão, nos subitens a seguir, apresentados e analisados.

Inicialmente, serão focalizados resultados relativos ao acerto na leitura da placa, retirados de dois testes, um deles realizado em via urbana (há cerca de um ano) e outro em rodovia (há cinco anos). Em ambos os testes os equipamentos e sistemas utilizados eram radares fixos, de diferentes fornecedores.

A seguir, são apresentados e analisados resultados referentes ao aproveitamento de imagens de veículos infratores, registradas em três testes realizados em épocas diferentes em via urbana, com radar fixo e barreira eletrônica.

Figura 10 – Equipamentos em testes na Rodovia Anchieta



Figura 11 – Equipamentos em testes na Av. Escola Politécnica



Finalmente, são apresentados e comentados os resultados obtidos com a utilização de câmera de vídeo, em teste realizado em rodovias.

5.1. Leitura de Placas com Radar Fixo

São analisados neste item dois casos relativos a testes realizados em campo com equipamentos e sistemas fixos para fiscalização automática de tráfego, um deles realizado em via urbana e o outro em rodovia.

5.1.1. Caso I, via urbana

Este teste foi realizado com equipamento e sistema tipo radar fixo, na Av. Escola Politécnica no ano de 2013 (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014a). Foram analisadas quatro diferentes soluções de radar fixo instalados na via.

Um dos índices de desempenho exigido em edital pela Secretaria Municipal de Transportes previa uma relação mínima entre a leitura correta de placas dos veículos e o total de placas lidas, numa amostra aleatória retirada da etapa de testes realizada durante operação ininterrupta por dez dias.

As amostras aleatórias foram retiradas do total de registros de dados de tráfego com infrações e campo de leitura de placa preenchido, cujas imagens foram enviadas para uma central remota, a partir dos equipamentos de cada uma das soluções. A placa lida foi comparada com a placa existente na respectiva imagem enviada. A amostragem seguiu os padrões ABNT (nível de inspeção II, da NBR 5426 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos). Do total de registros amostrados, foram extraídas aquelas imagens de motos eventualmente lidas e de veículos com placa ilegível devido à má conservação (as amostras foram de 800 veículos e foram extraídas dessas amostras entre 2% e 6% de imagens com essas características).

Os resultados obtidos, apresentados na Tabela 1, apontaram que o índice de acerto na leitura das placas variou entre 87% e 96%, dependendo da solução.

Tabela 1 – Leitura correta de placas (Caso I)

ID do equipamento / sistema analisado	Quantidade de veículos na amostra (*)	Quantidade de acertos na leitura da placa	% Acertos
1	797	707	89%
2	787	768	98%
3	799	697	87%
4	777	744	96%

(*) as amostras originais continham 800 veículos; desse total foram excluídas motos (cuja leitura de placa não era obrigatória nestes testes) e os veículos com placa ilegível devido à má conservação.

Com o objetivo de pesquisar uma eventual correlação entre os erros de leitura das placas veiculares e a respectiva velocidade do veículo no instante da leitura, realizou-se uma nova análise dos dados de tráfego registrados, observando-se acertos e erros de leitura da placa por faixa de velocidade em que os veículos circulavam no instante da sua detecção pelos equipamentos/sistemas. Os dados utilizados encontram-se no Apêndice A e os resultados estão apresentados, por faixas de velocidade, na Tabela 2.

Tabela 2 – Leitura de placas em função da velocidade (Caso I)

Faixas de velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
0 a 9	18	16	88,9%	2	11,1%	0,6%	0,8%
10 a 19	35	34	97,1%	1	2,9%	1,1%	0,4%
20 a 29	80	74	92,5%	6	7,5%	2,5%	2,5%
30 a 39	349	320	91,7%	29	8,3%	11,0%	11,9%
40 a 49	1314	1232	93,8%	82	6,2%	41,6%	33,6%
50 a 59	1233	1125	91,2%	108	8,8%	39,0%	44,3%
60 a 69	113	102	90,3%	11	9,7%	3,6%	4,5%
70 a 79	15	11	73,3%	4	26,7%	0,5%	1,6%
80 a 89	2	1	50,0%	1	50,0%	0,1%	0,4%
90 a 99	1	1	100,0%		0,0%	0,0%	0,0%
Total	3160	2916	92,3%	244	7,7%	100,0%	100,0%

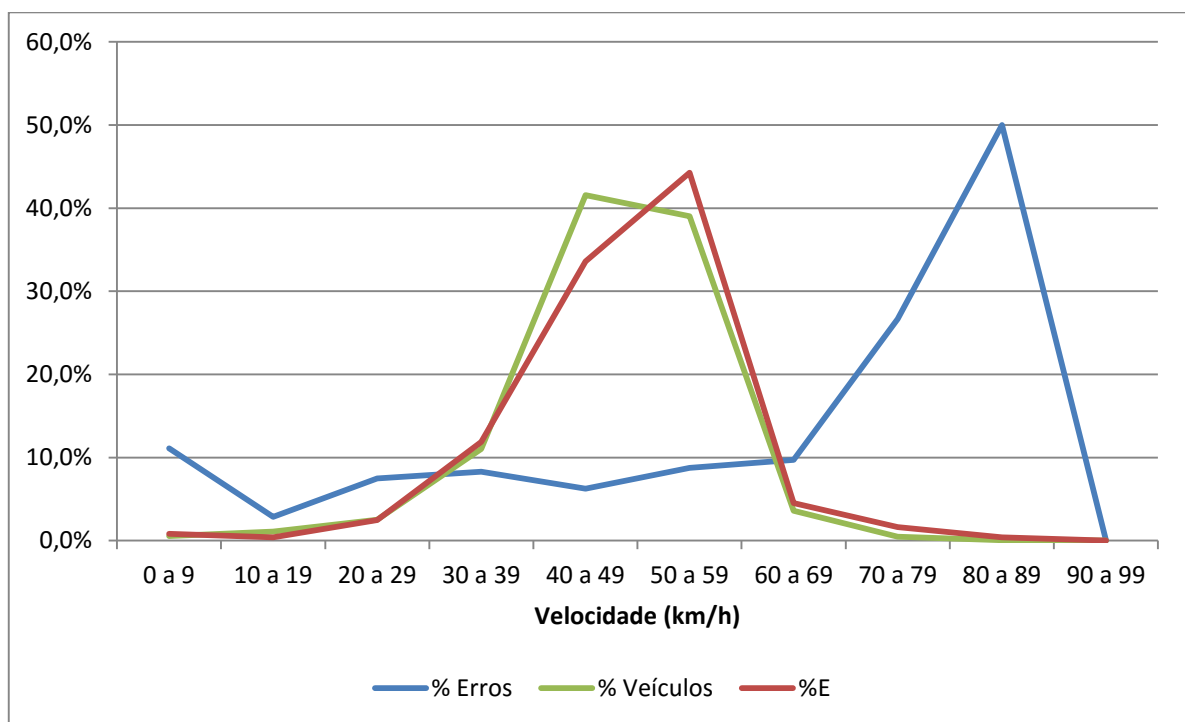
No Gráfico 1, pode-se observar as tendências no comportamento desses resultados, em função da velocidade.

São apresentadas três curvas. A forma da curva relativa à porcentagem de veículos circulantes em cada faixa de velocidade é bastante semelhante à forma da curva da porcentagem de erros de leitura em relação ao total de erros encontrados (%E), qualquer que seja o valor da velocidade.

Já o percentual de erros de leitura de placa com relação ao total de veículos circulantes em cada faixa de velocidade apresenta um comportamento diferente. Quando a quantidade de veículos circulantes é muito reduzida, o comportamento é irregular; por exemplo, observa-se que um erro numa amostra de apenas dois veículos na faixa de velocidade de 80 a 89 km/h pode resultar em um percentual de erro muito alto, igual a 50% ou muito baixo, igual a zero.

No entanto, nas faixas de velocidade em que a quantidade de veículos circulantes é alta, observa-se que esse percentual de erros de leitura tende a variar bem menos, apresentando suave crescimento com o aumento da velocidade entre 45 e 65 km/h.

Gráfico 1 – Comportamento de erros em função da velocidade (Caso I)



Se for observado o mesmo tipo de gráfico, para cada uma das soluções individualmente (Gráficos 2 a 5, construídos para cada solução – IDs 1 a 4), confirma-se essa tendência de variar menos o percentual de erros nas faixas de velocidade com maior quantidade de veículos circulantes; somente para a solução de ID=3, verifica-se um crescimento mais significativo do percentual de erros com o aumento de velocidade na faixa de 45 a 65 km/h.

Gráfico 2 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso I, ID=1)

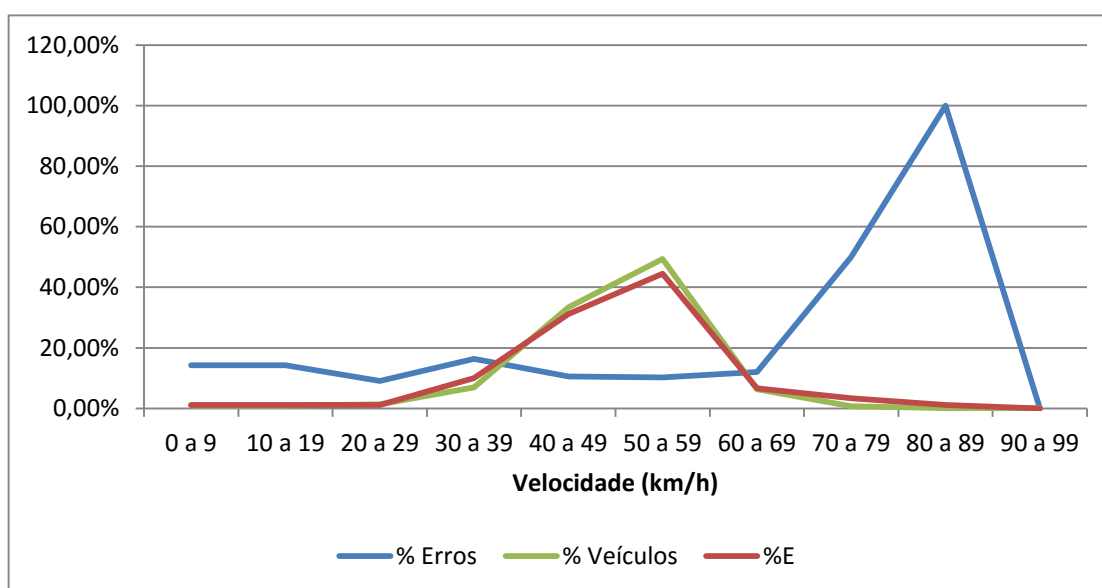


Gráfico 3 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso I, ID=2)

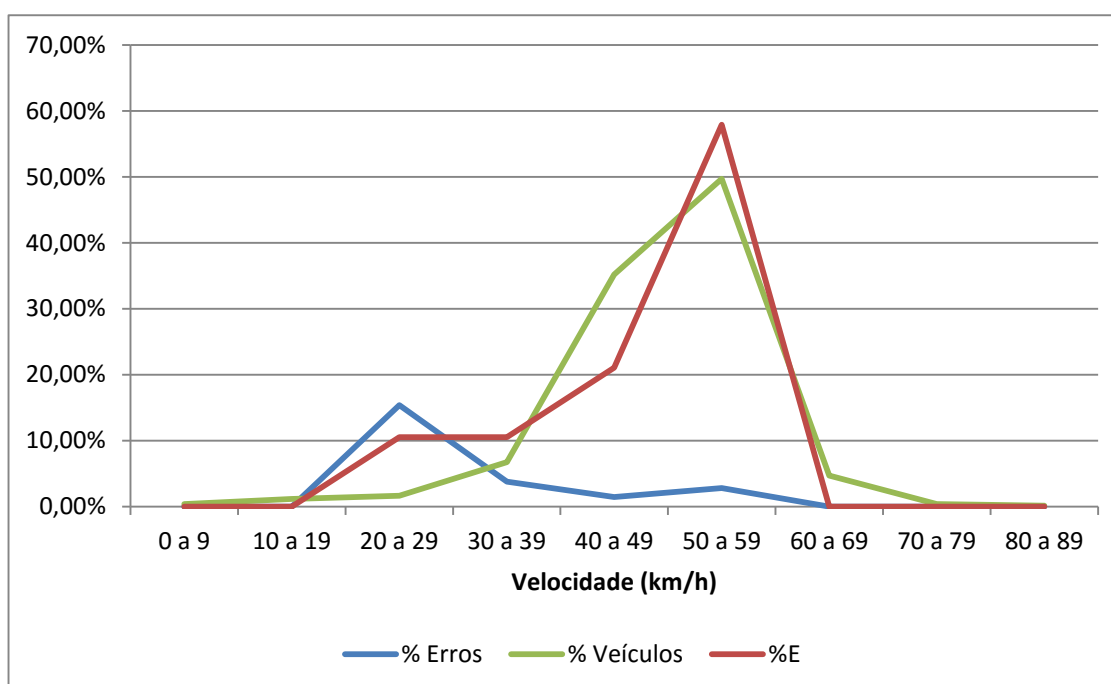


Gráfico 4 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso I, ID=3)

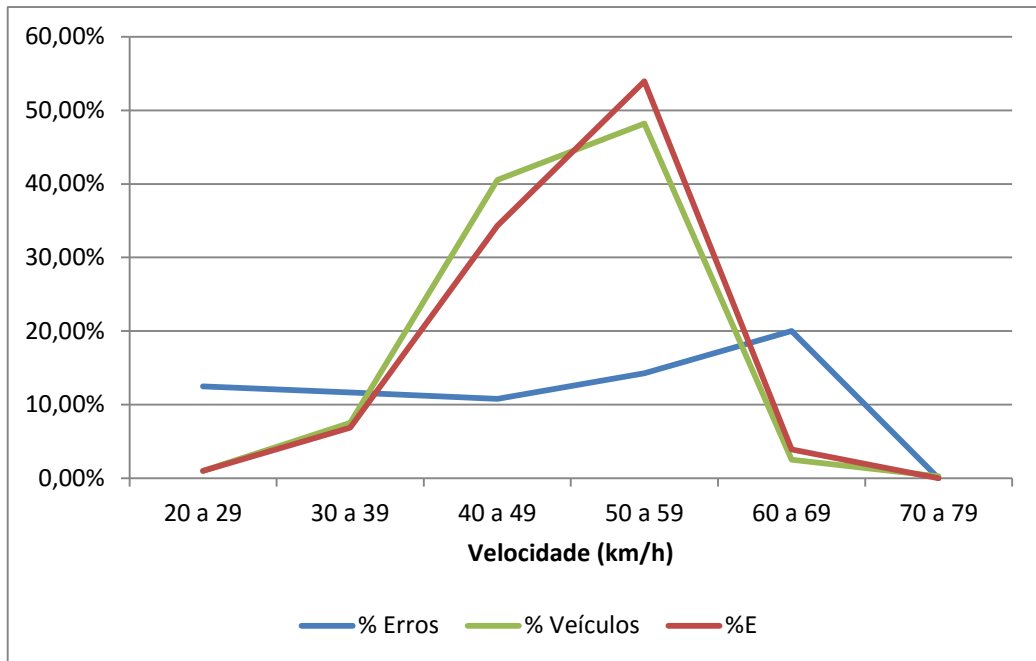
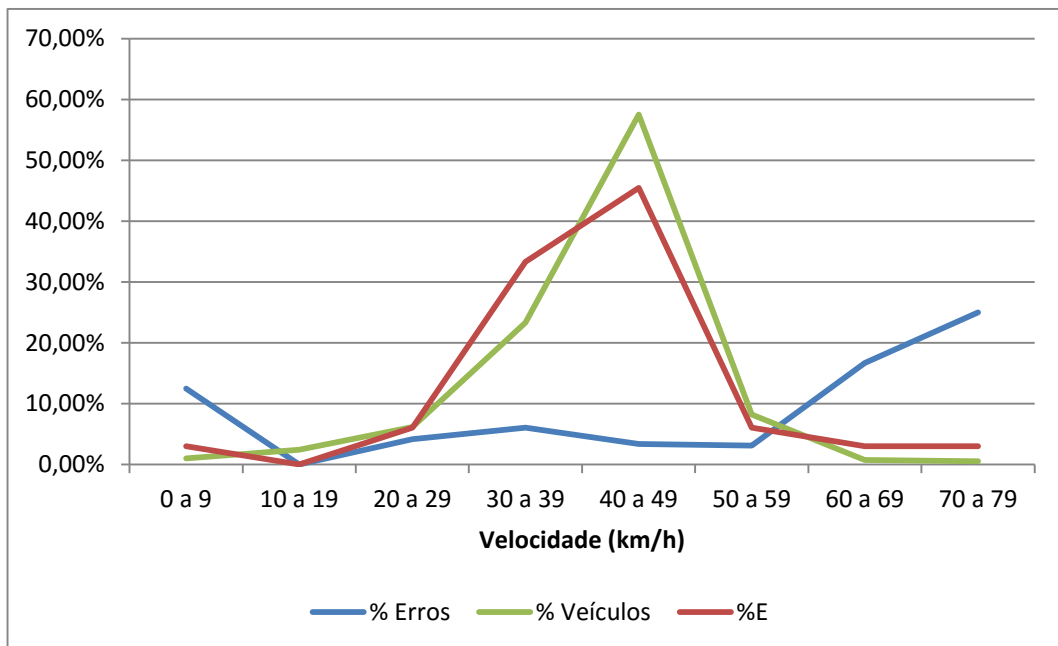


Gráfico 5 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso I, ID=4)

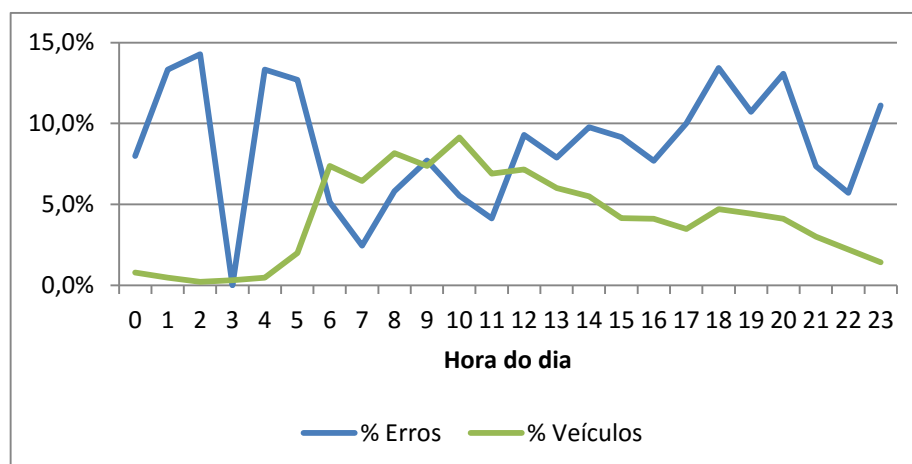


Como vem sendo comentado ao longo deste estudo, muitas variáveis podem influenciar nesses resultados e é necessário ter prudência para tirar conclusões.

Algumas tentativas de correlacionar matematicamente o percentual de erros e a velocidade, somente com os dados relativos às faixas com maior número de veículos, indicaram não ser possível estabelecer correlação entre percentual de erros e velocidade.

Também foi pesquisada uma eventual correlação entre o porcentual de erros na leitura de placas e o horário do dia em que as imagens foram registradas. No Gráfico 6, relativo a todos os dados do Caso I, verifica-se um aumento de erros após as 12 horas.

Gráfico 6 - Comportamento de erros em função do horário (Caso I)



Essa tendência foi de certa forma mantida para cada solução (Gráficos 7 a 10). Não foi possível, no entanto, obter uma correlação matemática entre esses dados.

Como os veículos estavam sendo registrados pela sua parte traseira e, durante a tarde, o sol apontava nessa direção, pode ter havido alguma influência maior de sombras ou reflexos, efeitos já bem tratados na literatura (SHAN DU et al., 2013) e no item 4.3. No entanto, somente uma reanálise cuidadosa de cada uma dessas imagens poderia confirmar ou não essa suspeita. Entende-se que esse assunto poderá ser objeto estudos futuros.

Gráfico 7 - Comportamento de erros em função do horário (Caso I, ID=1)

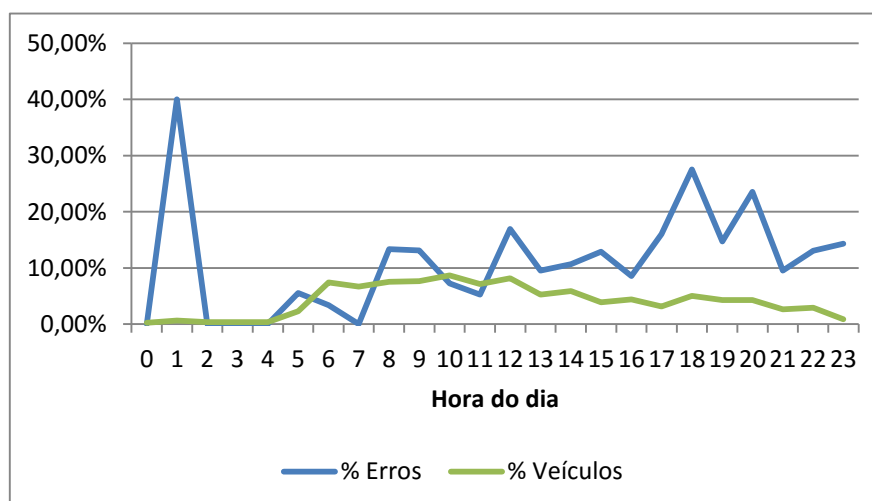


Gráfico 8 - Comportamento de erros em função do horário (Caso I, ID=2)

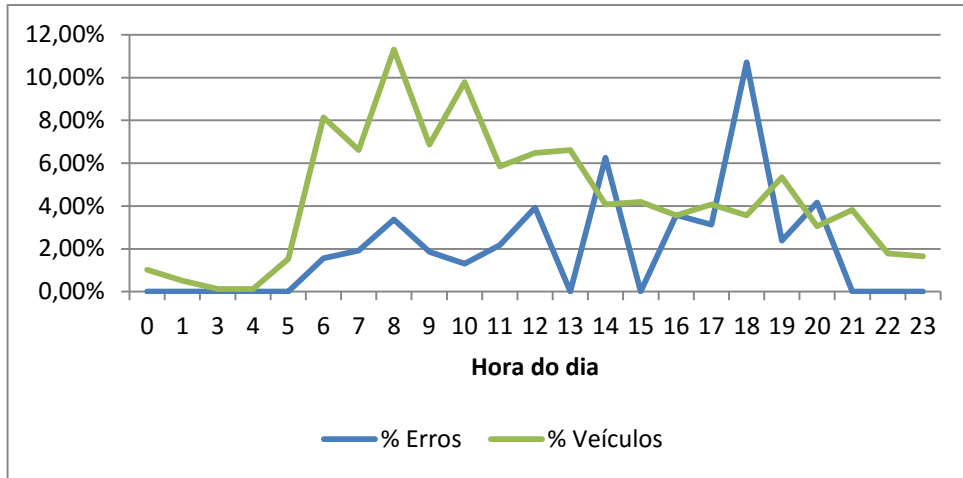


Gráfico 9 - Comportamento de erros em função do horário (Caso I, ID=3)

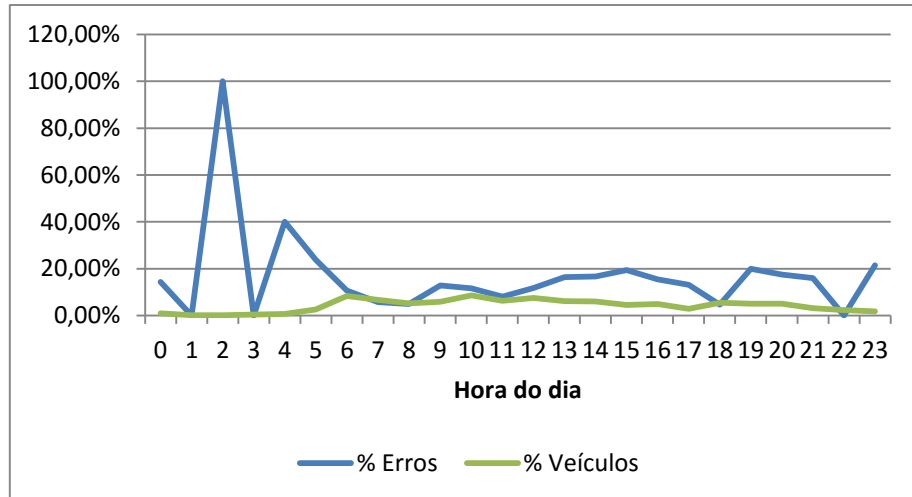
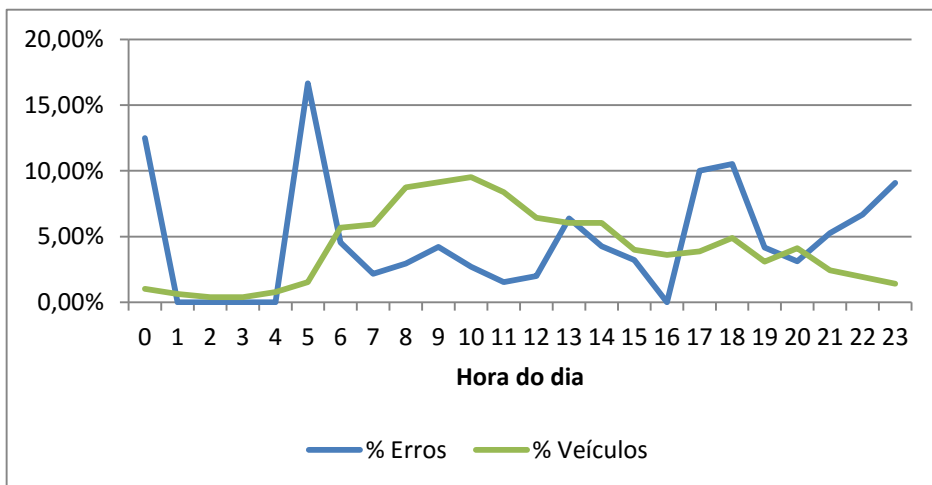


Gráfico 10 - Comportamento de erros em função do horário (Caso I, ID=4)



5.1.2. Caso II, rodovia

Este segundo caso apresenta dados obtidos em um teste com radar fixo, realizado na Rodovia Anchieta (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010).

Para efeito deste estudo foram consideradas as duas soluções que apresentaram resultados dentro dos índices mínimos definidos no edital. O índice analisado foi o de aproveitamento na consulta de placas válidas realizada em uma base de dados de placas veiculares, centralizada e remota. As placas consultadas foram comparadas com as placas dos veículos circulantes extraídas de amostras de uma hora para cada período do dia, retiradas de um vídeo de referência, que continha a imagem dos veículos que circularam na faixa de captura dos equipamentos instalados para os testes, excluídas as motos e veículos com placa ilegível ou sem placa. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3, por período de medição.

Tabela 3 – Identificação correta da placa (Caso II)

Total de veículos circulantes infratores (*)	Período de medição	ID do equipamento / sistema analisado	Total de veículos identificados corretamente	Índice de identificação correta
1104	Manhã	1	850	77%
		2	795	72%
1558	Tarde	1	1293	83%
		2	1199	77%
623	Noite	1	467	75%
		2	486	78%

(*) excluídas motos, veículos sem placa ou com placa ilegível devido à má conservação.

Esses resultados apontaram índices de acerto de leitura das placas variando, para as duas soluções analisadas, entre 72% e 83%. Apesar da média de acertos ser ligeiramente superior para o período da tarde, observa-se que também a quantidade de veículos circulantes nesse período foi maior.

Os valores, inferiores a aqueles encontrados em via urbana (Tabela 1), podem estar relacionados à maior velocidade encontrada na rodovia. No entanto, isso é apenas uma indicação, pois não estão sendo consideradas as diferenças entre as soluções testadas nem a evolução da maturidade na aplicação da tecnologia no país (este teste foi realizado quatro anos antes que aquele do Caso I).

Registra-se, ainda, que num teste realizado mais recentemente em rodovia com radar fixo (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014b), cujos dados não foram objeto de análise nesta dissertação por conterem resultados de solução de apenas um fornecedor, com amostragem menor, o valor médio de acertos na leitura da placa esteve próximo de 90%, muito parecido com aquele obtido em via urbana, indicando que a maior velocidade na rodovia não resultou em índices de acerto menores.

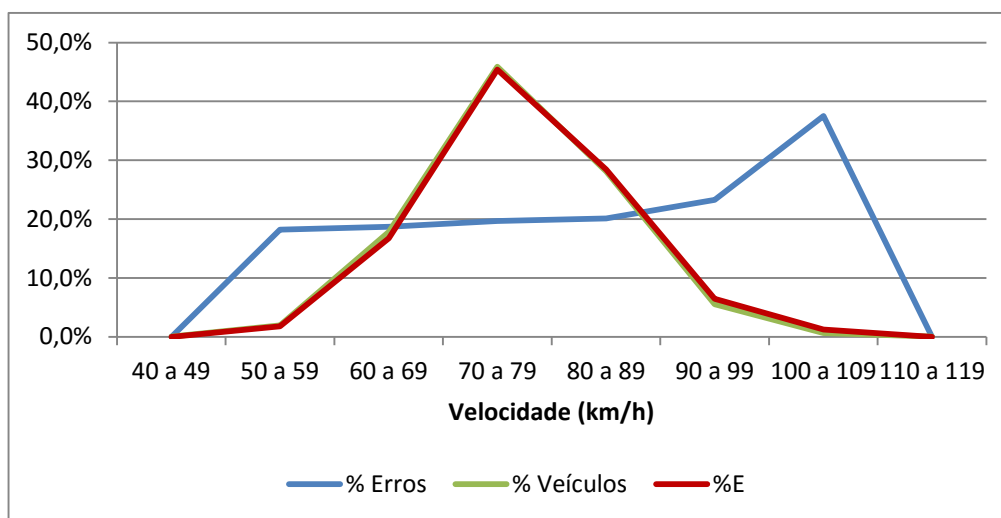
Para este Caso II, também foi feita análise de uma eventual correlação entre a porcentagem de erros de leitura das placas veiculares com a velocidade detectada no instante da leitura. A Tabela 4 apresenta os resultados encontrados, por faixa de velocidade.

Tabela 4 – Leitura de placas em função da velocidade (Caso II)

Faixas de velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
40 a 49	3	3	100,0%	0	0,0%	0,0%	0%
50 a 59	121	99	81,8%	22	18,2%	1,9%	2%
60 a 69	1114	906	81,3%	208	18,7%	17,8%	17%
70 a 79	2868	2304	80,3%	564	19,7%	45,9%	45%
80 a 89	1755	1402	79,9%	353	20,1%	28,1%	28%
90 a 99	344	264	76,7%	80	23,3%	5,5%	6%
100 a 109	40	25	62,5%	15	37,5%	0,6%	1%
110 a 120	3	3	100,0%	0	0,0%	0,0%	0%
Total	6248	5006	80,1%	1242	19,9%	100,0%	100%

Como pode ser visto no Gráfico 11, repete-se para este caso a tendência observada no caso anterior, realizado em via urbana: nas faixas de velocidade em que existe maior volume de veículos circulantes, o percentual de erros tende a variar menos, podendo a curva crescer suavemente com o aumento da velocidade.

Gráfico 11 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso II)



Essa tendência, como no caso anterior, também foi observada nos Gráficos 12 e 13, construídos sobre os dados obtidos em cada uma das duas soluções, sendo que apenas uma delas (ID=1) apresenta mais claramente a tendência de suave crescimento no percentual de erros com o aumento da velocidade.

Gráfico 12 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso II, ID=1)

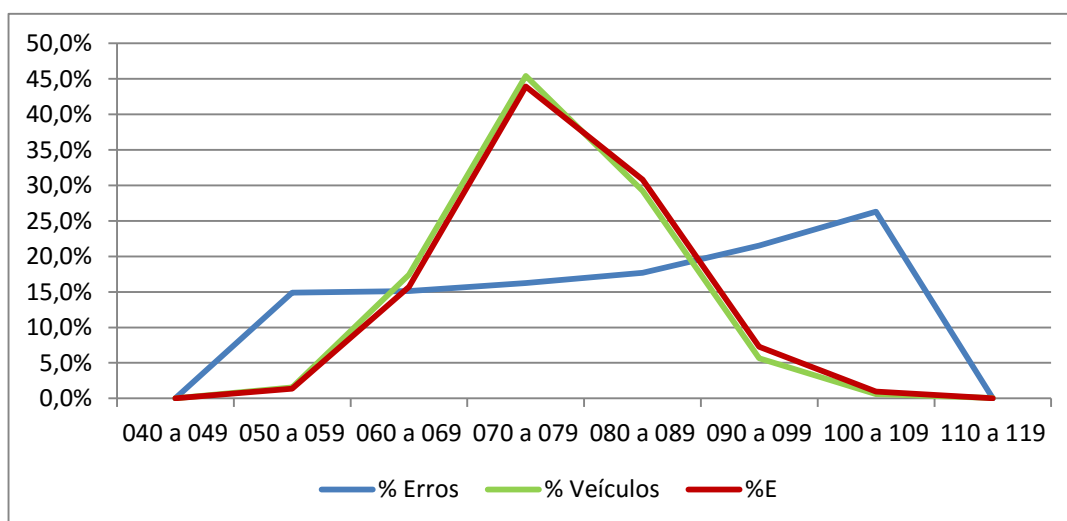
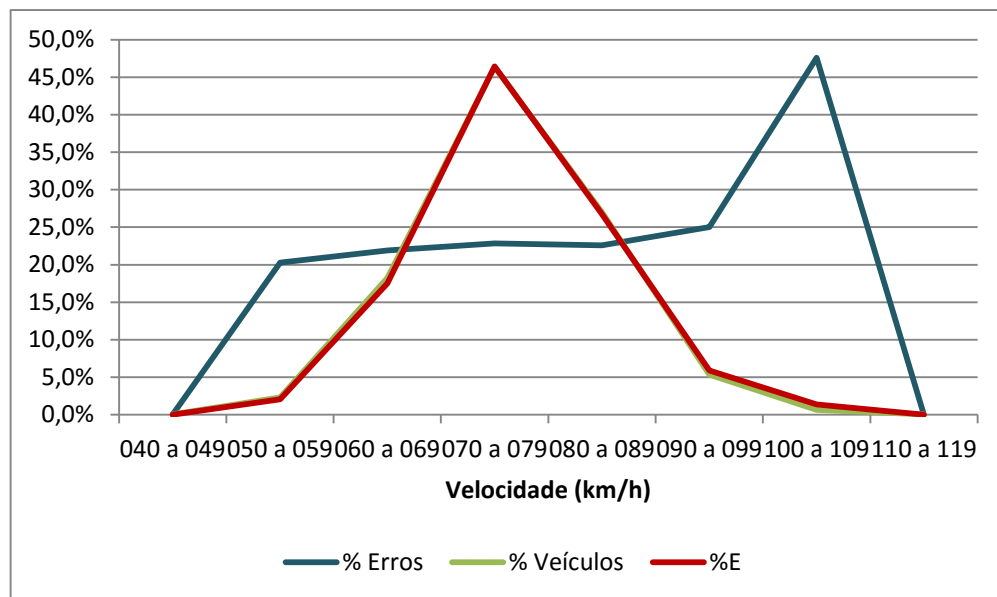


Gráfico 13 - Comportamento de erros em função da velocidade (Caso II, ID=2)



5.2. Aproveitamento de Imagens de Veículos Infratores com Radar Fixo

Neste item são analisados três casos referentes ao índice de aproveitamento de imagens de veículos infratores, a partir de dados de testes em campo realizados com equipamento tipo radar fixo (no primeiro caso, uma barreira eletrônica) em uma via urbana (Av. Escola Politécnica), em épocas diferentes. Em todos os três casos foram simuladas infrações de circulação em horário proibido (rodízio), restrição à circulação de caminhões e excesso de velocidade; em apenas dois casos foi também simulada a infração de invasão de faixa exclusiva. São eles:

- Caso A: oito diferentes soluções, testadas em abril de 2008 (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2008a).
- Caso B: seis diferentes soluções, testadas em junho de 2008 (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2008b).
- Caso C: quatro diferentes soluções, testadas em dezembro de 2013 (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014a).

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 5, na qual:

- Total de veículos circulantes infratores (1): refere-se à contagem manual de referência realizada em campo, excetuando-se para a infração de excesso de velocidade do Caso C, quando foi considerada uma amostra de 800 veículos retirada dos registros de dados de tráfego e excluídos veículos com placa ilegível por má conservação ou ausência de placa.
- ID do equipamento/sistema analisado (2): número que identifica as diferentes soluções testadas.
- Total de imagens de veículos infratores registradas aproveitáveis (3): refere-se às imagens enviadas pelo equipamento/sistema a uma central com qualidade para efeito de multa e enquadramento correto na infração respectiva.
- Índice de aproveitamento de imagens de veículos infratores (4): calculado pela relação entre o total de imagens de veículos infratores registradas e aproveitáveis e o total de veículos circulantes infratores.

Tabela 5 – Índices de aproveitamento de imagens por infração, solução e caso

Tipo de Infração (*)	Caso A				Caso B				Caso C			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
R	753	1	610	81%	1186	11	1032	87%	1030	21	910	88%
	753	2	667	89%	1186	12	764	64%	1027	22	951	93%
	753	3	728	97%	1186	13	1114	94%	1020	23	900	88%
	753	5	676	90%	1186	14	1056	89%	1020	24	875	86%
	753	6	635	84%	1186	16	951	80%				
	753	7	656	87%	1186	19	784	66%				
	753	8	662	88%								
	753	9	709	94%								
	Média R (Desvio Padrão R)				89% (5,0%)		80% (12,3%)		91% (2,8%)			
C	247	1	171	69%	537	11	512	95%	99	21	92	93%
	247	2	211	85%	537	12	459	85%	99	22	91	92%
	247	3	232	94%	537	13	501	93%	99	23	76	77%
	247	5	209	85%	537	14	489	91%	99	24	91	92%
	247	6	168	68%	537	16	509	95%				
	247	7	186	75%	537	19	475	88%				
	247	8	185	75%								
	247	9	217	88%								
	Média C (Desvio Padrão C)				80% (9,4%)		91% (3,9%)		88% (7,8%)			
V (**)	113	2	112	99%	122	11	121	99%	773	21	769	99%
	113	3	110	97%	122	12	101	83%	776	22	748	96%
	113	5	112	99%	122	13	84	69%	785	23	749	95%
	113	8	107	95%	122	14	112	92%	749	24	692	92%
	113	9	112	99%	122	16	121	99%				
					122	19	121	99%				
Média V (Desvio Padrão V)				98% (1,9%)		90% (12,3%)		92% (2,9%)				
F					1027	11	1009	98%	1807	21	1592	88%
					1027	12	910	89%	1824	22	1681	92%
					1027	13	904	88%	1963	23	1401	71%
					1027	14	925	90%	1964	24	1703	87%
					1027	16	994	97%				
					1027	19	980	95%				
Média F (Desvio Padrão F)						93% (4,5%)		88% (9,1%)				
MÉDIA (DESVIO PADRÃO)				88% (9,5%)		89% (10,0%)		89% (7,1%)				

(*) Tipo de infração simulada: R: circulação em horário proibido (rodízio); C: restrição à circulação de caminhões; V: excesso de velocidade; F: invasão de faixa exclusiva.

(**) No Caso A, três soluções enviaram imagens entrelaçadas e não foram aproveitadas.

(1) Total de veículos circulantes infratores; (2) ID do equipamento/sistema analisado; (3) Total de imagens de veículos infratores registradas e aproveitáveis; (4) Índice de aproveitamento de imagens de veículos infratores.

O máximo valor obtido de imagens aproveitáveis, 99%, foi encontrado para infração de velocidade em diferentes soluções e diferentes casos. Observa-se que para a detecção da velocidade – que depende de uma medição metrológica - não é necessária a leitura correta da placa veicular (se a placa for lida errada, pode ser corrigida depois, pela imagem obtida). No entanto, para essa mesma infração, também foi obtido um dos índices mais baixos, 69%, relacionado a uma solução que obteve resultados bem melhores para as demais infrações; neste caso, é provável que isso tenha sido provocado por alguma falha não documentada, ocorrida apenas durante os testes de velocidade.

Dentre os 61 índices apresentados para os três casos, apenas cinco valores inferiores a 75% foram encontrados, para diferentes soluções, em diferentes casos e infrações, nada indicando que possam ter alguma relação com o sistema de OCR de cada solução. O mais provável é que tenha havido alguma falha não registrada na ocasião. A ocorrência de dois desses valores menores no caso A para a infração de proibição de circulação de caminhões pode apontar maior dificuldade de identificação desse tipo de veículo, quer seja pela leitura de placa ou por detecção por perfil magnético.

A média de aproveitamento de imagens, considerando os três casos foi de 88% e verifica-se que esse valor médio variou pouco de caso para caso (Caso A, 88%, Caso B, 89%, Caso C, 89%), apesar dos testes terem sido realizados em épocas diferentes. O desvio padrão, considerando-se cada um dos casos foi um pouco menor para o Caso C, relativo a teste realizado mais recentemente.

Registre-se, aqui, que não foram consideradas para efeito desta análise de dados de soluções que participaram dos testes sem atender exigências mínimas para análise das imagens (como, por exemplo, não enviar imagens entrelaçadas) ou que apresentaram índices próximos de zero para algumas infrações. Isso ocorreu nos testes realizados há mais tempo (Caso A e Caso B), indicando que, nos testes mais recentes, pode ter havido um amadurecimento do uso da tecnologia pelas empresas atuantes no mercado.

5.3. Leitura de Placas com Câmera de Vídeo

Neste item, é apresentado um caso de testes com um tipo de equipamento diferente dos demais já mostrados, com o objetivo de avaliar os resultados obtidos por um equipamento diferente. Assim, este caso aqui mostra e analisa os resultados obtidos com a utilização de câmera de vídeo com OCR, em teste realizado em rodovia, com duas soluções diferentes.

Os testes foram realizados no ano de 2011 com o equipamento/sistema instalado tanto em modo estático (equipamento instalado na Rodovia Dom Gabriel Paulino Bueno Couto) quanto em modo embarcado (instalado dentro de veículo da Polícia Rodoviária na Rodovia dos Bandeirantes e na Rodovia Eng. Constâncio Cintra) (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011).

No modo estático, os equipamentos registraram alguns veículos se aproximando (pela parte da frente) ou se afastando (pela parte traseira). No modo embarcado, os testes foram realizados com veículos em velocidade superior e inferior ao do veículo que tinha a câmera instalada, com veículos trafegando em sentido oposto e, também, com veículos parados.

O equipamento/sistema teria por objetivo detectar irregularidades administrativas ou veículos roubados, por meio da leitura da placa e imediata consulta a uma base de dados de veículos irregulares numa central remota.

Os resultados aqui analisados dizem respeito ao índice de identificação correta das placas consultadas na base de dados, durante períodos de teste em que a comunicação remota estava ativada.

As placas consultadas foram comparadas com as placas dos veículos circulantes extraídas de amostras de um vídeo de referência, que continha a imagem dos veículos que circularam na faixa de captura dos equipamentos instalados para os testes, excluídas as motos e veículos com placa ilegível ou sem placa.

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Câmera com OCR – índices obtidos

Equipamento / sistema analisado	Período do dia	Total(*) de veículos circulantes	Total de veículos identificados corretamente	Índice de identificação correta
Estático 1	Diurno	1323	960	73%
	Noturno	358	284	79%
	D + N	1681	1244	74%
Estático 2	Diurno	1323	1084	82%
	Noturno	358	294	82%
	D + N	1681	1378	81%
Embarcado 1	Diurno	388	298	77%
	Noturno	153	108	71%
	D + N	541	406	75%
Embarcado 2	Diurno	447	368	82%
	Noturno	191	112	59%
	D + N	638	480	75%

(*) com placas identificadas pelas imagens do vídeo de referência, excluídas motos, veículos sem placa ou com placa ilegível devido à má conservação.

Neste caso, observa-se que os índices de acertos de identificação da placa, somando-se os valores obtidos no período diurno com aqueles do período noturno, ficaram entre 74% e 81%, bem próximos daqueles obtidos no Caso II, também realizado em rodovia, mas com radares fixos, e apresentado na Tabela 3.

Esse resultado pode ser uma indicação de que as câmeras de vídeo podem obter resultados próximos aos radares fixos. Porém, cabe novamente observar que os testes foram realizados em condições, locais e épocas diferentes e que outros estudos teriam que ser realizados para que essa afirmação pudesse ser feita.

Quanto à influência do período em que os veículos foram registrados, não foi possível observar nenhuma tendência nos dados obtidos. O valor menor obtido por uma das soluções (Embarcado 2) no modo embarcado noturno (59%) pode ser uma indicação de que essa solução não conseguiu obter o efeito desejado da iluminação adotada e necessária para o trabalho noturno, na condição do equipamento embarcado.

De qualquer forma, os valores obtidos são considerados bons para o caso de rodovia e esse tipo de equipamento pode ser considerado como uma alternativa tecnologicamente viável.

5.4. Conclusões Gerais com Relação aos Dados Experimentais

A partir dos dados analisados neste capítulo, pode-se concluir que:

- Não pode ser comprovada uma relação direta da velocidade do veículo no instante da captação com o índice de acertos na leitura da placa veicular. Embora o percentual de erros – em alguns casos - mostre uma ligeira tendência de crescimento com o aumento da velocidade, essa tendência precisa ser objeto de estudos mais específicos, pois pode, também, ser atribuída a um melhor ajuste dos equipamentos e sistemas para obter melhores resultados na velocidade média do local analisado.
- Pode-se observar que o percentual de erros varia pouco quando o volume de veículos na amostra é alto. Considera-se, portanto, incorreto avaliar o percentual de acertos ou de erros de leitura da placa quando se analisa uma amostra de veículos muito pequena. Para que esse percentual tenha algum significado, o volume de veículos circulantes analisados tem que ser alto, parecendo razoável que sejam utilizadas amostras de pelo menos algumas centenas de veículos.
- Como era de se esperar, a curva de variação da porcentagem de veículos circulantes em cada faixa de velocidade é bastante semelhante à forma da curva da porcentagem de erros de leitura em relação ao total de erros encontrados (%E), qualquer que seja o valor da velocidade, tanto em ambiente urbano quanto em rodovia.
- Não foi possível obter uma correlação matemática entre o percentual de erros na leitura de placas e o horário do dia em que as imagens foram registradas. No entanto, observou-se, para o caso analisado em via urbana, uma tendência de crescimento no percentual de erros após as 12 horas, indicando que pode ter havido alguma influência maior de sombras ou reflexos. Um estudo futuro poderia deter-se sobre essas imagens para estudar melhor essa influência.
- Os acertos na leitura de placas variaram entre 87% e 96% no Caso I, via urbana, e entre 72% e 83% no Caso II, em rodovia. Os valores inferiores encontrados nos testes na rodovia podem indicar uma influência da maior

velocidade nesse local, mas também é necessário considerar as diferenças entre as soluções testadas e uma possível evolução da maturidade da tecnologia no país nos anos decorridos de um teste para o outro. Como já citado, em testes recentes com apenas uma solução, foram encontrados índices médios de acerto em rodovia de 90%.

- Com relação aos índices de imagens aproveitáveis com infração correta, em via urbana, o valor de 99% chegou a ser encontrado para a infração de excesso de velocidade em diferentes soluções e diferentes casos. Como essa é uma medição metrológica, não é necessária a leitura correta da placa veicular para a detecção da infração. Considerando todos os tipos de infração, o índice médio foi de 88%.
- Resultados obtidos com a utilização de câmera de vídeo com OCR indicam que esta pode atingir resultados quase tão bons quanto os dos radares fixos, tendo, portanto, condições de substituir os laços magnéticos.

6. ENTREVISTAS REALIZADAS

Para enriquecer a análise de falhas e fatores que as influenciam com informações coletadas a partir de situações que ocorrem não apenas durante períodos de testes, mas também no mundo real da operação de equipamentos e sistemas de fiscalização automática, foram realizadas entrevistas/questionários com alguns técnicos de empresas com considerável experiência prática na instalação e na operação, em campo e em escritório, de equipamentos e sistemas de fiscalização automática, tanto em vias urbanas quanto em rodovias.

Como base para essas entrevistas/questionários foi adotado um roteiro, inicialmente submetido a um dos futuros entrevistados em esquema de pré-teste, conforme sugerido por Mattar apud Chagas (2000). Esse roteiro foi posteriormente adaptado para compor um questionário mais objetivo, de forma a facilitar tanto a coleta da experiência e conhecimento dos entrevistados quanto para agilizar a posterior compilação de resultados.

6.1. Roteiro Básico Inicial

A seguir, apresenta-se o roteiro básico inicialmente definido.

A. Experiência de operação com equipamentos de detecção automática de veículos

- tipos utilizados
- vias urbanas ou rodovias
- quantidade de imagens já coletadas e transmitidas (ordem de grandeza)
- principais dificuldades encontradas (frequente, raras vezes, nunca)
- infraestrutura disponível (local, energia, telecomunicação)
- hardware (tipos de sensores, equipamentos etc.)
- software (OCR e demais sistemas)
- procedimentos de instalação
- treinamento de pessoal técnico
- outras: relacionar

B. Motivo das principais falhas ocorridas em operação (frequente, raras vezes, nunca)

- condições do veículo
- condições ambientais
- falhas humanas de operação
- falhas da rede de energia ou da rede de telecomunicações
- capacidade de armazenamento do sistema
- capacidade de processamento
- instalação inadequada: posicionamento, ajuste de câmera e iluminador, ajuste de foco etc.
- outros: relacionar

C. Disponibilidade de extrair dados quantitativos que comprovem essa experiência (em sua totalidade ou em parte dela – existe, para qual item?)

Durante a aplicação do pré-teste, ficou claro que seria possível obter as contribuições solicitadas desde que fosse mantido sigilo sobre os técnicos e empresas envolvidos.

6.2. Questionário Aplicado

Analisando as vantagens e desvantagens dos diversos tipos de resposta adotados em questionários de pesquisa, ou seja, abertas, múltipla escolha e dicotômicas (Chagas, 2000), optou-se por adotar respostas de múltipla escolha, com possibilidade de incluir também algumas respostas abertas, complementares.

Inicialmente foram compostos itens com o objetivo de caracterizar a experiência do entrevistado; numa segunda parte foram relacionados 26 tipos de falhas, organizados de acordo com a visão sistêmica adotada neste trabalho, ou seja, tentando abranger todas as camadas descritas na seção 3, com o objetivo de que o entrevistado classificasse essas falhas de acordo com sua percepção da frequência com que cada uma delas ocorre.

O questionário elaborado em sua forma final foi desenvolvido com base no modelo da escala psicométrica de Likert (NOGUEIRA, 2002), onde a cada item (no caso,

tipo de falha) é associado um número ímpar de alternativas com diferentes graus de importância; a cada alternativa de resposta é associado um número (escala) e a soma desses números associados a cada item representa o resultado associado ao grau de importância do item. Na escala original de Likert são utilizadas cinco alternativas de resposta. Aqui, optou-se por utilizar apenas três alternativas, buscando a facilidade e rapidez de resposta por parte do entrevistado. Uma análise das opções para uso da escala de Likert foi feita por Vieira e Dalmoro (2008).

Como será apresentado adiante, a escala adotada produziu os resultados pretendidos, indicando com clareza os tipos de falhas mais críticos.

O questionário final, conforme foi aplicado, assim como as respostas obtidas, estão reproduzidos em sua totalidade no Anexo A.

6.3. Público-Alvo

O público-alvo para a realização das entrevistas/questionários constitui-se de técnicos que trabalham em empresas privadas fornecedoras de equipamentos e sistemas de fiscalização automática, assim como dos serviços a eles associados, e que possuem considerável experiência prática na instalação e na operação, em campo e em escritório, desses recursos, quer seja em vias urbanas ou em rodovias.

Foram selecionados seis profissionais com esse perfil para os quais, após a realização de contato pessoal ou por telefone explicitando os objetivos da pesquisa, foram enviados os questionários. Cinco respostas foram recebidas em tempo hábil para inclusão nesta dissertação, vindas de profissionais de quatro empresas diferentes.

As informações que caracterizam a experiência de cada um dos entrevistados, ou seja: tipos de equipamentos/sistemas já utilizados; tipos de ambiente já monitorado, se em vias urbanas ou rodovias; e quantidade aproximada de imagens já coletada e transmitida, estão resumidas no Quadro 3.

Quadro 3 – Caracterização da experiência dos profissionais entrevistados

	Entrevistados				
	I	II	III	IV	V
Tipos Equipamentos/Sistemas					
Fixo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Estático	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Barreira	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Laser	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Doppler	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Vídeo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Ambiente Monitorado					
Urbano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Rodovia	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Quantidade de Imagens Coletadas e Transmitidas	Centenas de milhões	Não declarado	Centenas de milhões	Não declarado	Centenas de milhões

6.4. Informações sobre Frequência de Ocorrência das Falhas

As informações recebidas foram compiladas adotando-se, para cada opção (alternativa de resposta) na escala de Likert, valores variando de um a três, sendo o maior deles atribuído à maior frequência de ocorrência de cada tipo de falha, conforme declarado pelo entrevistado.

Observa-se que dois dos cinco entrevistados restringiram-se a escolher apenas duas das opções oferecidas. Um deles não escolheu a opção ocorre “com frequência” para nenhum dos tipos de falha e outro em nenhum caso assinalou a opção “nunca” ocorre. Isso pode indicar desde uma inadequação da escala adotada até uma influência das características pessoais ou nível de exigência dos respondentes na forma como foram consideradas as opções/alternativas de respostas, o que é comum de ocorrer em questionários qualitativos (VIEIRA; DALMORO, 2008). Observa-se, também, que a adoção do termo “algumas vezes” em substituição ao termo “raras vezes”, conforme sugerido por um dos entrevistados para uma das alternativas, teria sido mais adequada, tornando a escala mais claramente contínua.

De qualquer forma, com a adoção de uma escala e com a atribuição de valores e respectiva soma de pontos obtidos para cada item, ficou nítido o apontamento das fontes de falhas mais críticas. A Tabela 7 resume os resultados obtidos.

Tabela 7 – Intensidade de frequência para cada tipo de falha

Tipos de fonte de falhas	Pontos dados pelos cinco entrevistados					Total de pontos
	I	II	III	IV	V	
Infraestrutura de instalação (posicionamento/estabilidade das estruturas de suporte)	2	1	1	1	3	8
Rede de energia (disponibilidade no local; falhas)	2	2	2	2	2	10
Rede de comunicação (disponibilidade/velocidade/alcance; falhas)	3	2	2	2	3	12
Sensor de detecção (posicionamento/funcionamento/adequação à finalidade)	3	1	2	2	2	10
Câmera (posicionamento/adequação à finalidade/ foco)	3	2	2	2	2	11
Iluminadores (posicionamento/distância relativa à câmera)	3	2	2	2	2	11
Gabinete: CPU, HD, fontes, no-break, régua de alimentação (processamento/tamanho/organização interna)	2	2	2	2	3	11
Equipamentos de telecomunicações	1	3	2	3	3	12
Sistema de OCR	1	3	1	2	2	9
Gerenciador banco de dados (capacidade armazenamento)	1	2	1	1	3	8
Sistema supervisor e de decisão (capacidade de lidar com processos concorrentes)	1	1	1	1	2	6
Sistema de comunicação	1	1	2	1	3	8
Sistema de criptografia de dados e imagens	1	1	1	1	2	6
Configuração local (facilidade de configurar/correção da configuração)	2	1	2	1	3	9
Cadastro de veículos (qualidade/consistência da informação)	2	2	1	1	2	8
Dados de tráfego (capacidade de armazenamento)	1	1	1	1	2	8
Perfil magnético (capacidade de identificar o veículo tipo)	(*)	1	2	2	2	7
Sistema de configuração, monitoramento, visualização e análise	1	1	1	1	3	7
Sistema de emissão de relatórios	1	1	1	1	3	7
Sistema de auditoria	1	1	1	1	3	7
Sistema de comunicação (capacidade, rapidez)	1	1	2	1	3	8
Procedimentos de instalação	2	1	2	1	2	8
Treinamento de pessoal técnico	3	1	2	1	3	10
Condições do veículo (condições e posicionamento da placa, existência de mais de uma placa, poluição visual)	3	2	2	3	3	13
Condições ambientais	2	2	2	2	2	10
Falha humana de operação	3	1	2	1	3	10

(*) não respondeu

6.5. Análise Crítica dos Resultados

Dos 26 tipos de falhas analisados, observa-se que 11 deles obtiveram um valor de pontos relativo à sua frequência maior de ocorrência, igual ou acima de 10 (num total máximo de 15 pontos).

Dentre esses 11 tipos de falhas, nenhuma delas situa-se nas camadas dos elementos lógicos, quer sejam eles locais ou centralizados.

As que atingiram entre 12 e 13 pontos são todas consideradas extrínsecas aos equipamentos/sistemas, quais sejam:

- condições do veículo (condições e posicionamento da placa, existência de mais de uma placa, poluição visual) – 13 pontos
- rede de comunicação (disponibilidade, velocidade e alcance) – 12 pontos; e
- equipamentos de telecomunicações – 12 pontos.

Com 11 pontos, foram apontados alguns tipos de falhas intrínsecas aos equipamentos/sistemas e associados a seus elementos físicos, como pode ser visto na seguinte lista:

- câmeras (posicionamento, quantidade adequada, foco);
- iluminadores (posicionamento; distância relativa à câmera);e
- gabinete: CPU, HD, fontes, no-break, régua de alimentação (capacidade, tamanho, organização interna).

Totalizando 10 pontos, os tipos de falhas caracterizam tanto problemas intrínsecos, como os sensores, quanto extrínsecos, como a rede de energia (infraestrutura), as condições ambientais e aqueles associados a fatores humanos, conforme a seguir relacionados:

- rede de energia (disponibilidade no local, falhas);
- sensor de detecção (posicionamento/funcionamento/adequação à finalidade);
- treinamento de pessoal técnico;
- condições ambientais; e
- falha humana de operação.

Os demais tipos de falhas analisados totalizaram entre seis e nove pontos, sendo cinco pontos o total relativo a falhas consideradas como aquelas que nunca ocorrem.

6.6. Análise das Respostas Abertas

Algumas observações feitas pelos entrevistados merecem aqui ser destacadas.

1. Com relação ao sistema de OCR, um deles observou que *“este problema normalmente está associado à alguma outra falha no equipamento, pois se levarmos em conta a “falha” do programa, como por exemplo não realizar a varredura corretamente, isto nunca ocorre”*. Outro, o único que apontou esta falha ocorrendo com frequência, observou que as falhas desse sistema estão sempre *“dentro das margens aceitas”*.
2. Com relação às condições do veículo, um dos entrevistados observou que *“de todos os fatores levantados, acredito que este seja o mais crítico, pois nos demais há sempre a possibilidade de ações corretivas visando zerar a fonte do problema. Neste caso podem ser feitas apenas ações que minimizam o foco do problema”*. Outro entrevistado levantou os problemas encontrados com motos e em regiões de fronteiras com outros países: *“na região de fronteira com o Paraguai, 80% das imagens geradas são de motos sem placa. na capital (N.R.: Campo Grande) esse índice é de 20%”*. O problema com as *“motos em geral”* também foi lembrado por outro entrevistado que acrescentou o problema dos *“caminhões quando capturados pela traseira”*.
3. Com relação aos fatores humanos, de treinamento e disponibilidade de pessoal treinado, foram feitas as seguintes observações: *“por ser um mercado bastante restrito, há uma grande dificuldade de captação de mão de obra qualificada, levando a empresa a ter altos investimentos em especialização de seus funcionários”* e *“são fornecidos conhecimentos específicos”*. Outro ainda acrescentou a questão do ambiente externo de trabalho: *“há dificuldade de encontrar bons técnicos no mercado e que queiram trabalhar num ambiente hostil como o das ruas”*.
4. Com relação à rede de energia e aos equipamentos de telecomunicações, um deles observou que as falhas na rede de energia concentram-se em *“áreas urbanas”* e que os equipamentos de telecomunicações apresentam falhas

frequentes “*quando em altas temperaturas*”; outro acrescentou que ocorrem “*principalmente*” nos equipamentos “*das operadoras de telefonia*”.

5. Acrescenta-se a observação feita por um dos entrevistados com relação à infraestrutura ao longo da vida útil dos equipamentos em operação, lembrando “*recape das vias, com danificação dos laços, vandalismos nas estradas e abalroamento nas cidades*”.

Com relação à disponibilidade de extrair dados quantitativos que comprovem essa experiência, alguns entrevistados enviaram exemplos parciais de relatórios de fluxo veicular, que confirmam seu acesso a esse volume de informações.

Um dos entrevistados afirmou não ter autorização para disponibilização de dados, mas outro se colocou à disposição para conversar e discutir que tipos de dados poderiam ser úteis à pesquisa, tais como reincidência de manutenções. Entende-se que esse possa ser um tema objeto de pesquisa futura, na qual poderiam ser avaliadas melhor as falhas mais frequentes apontadas, incluindo-se aquelas relativas aos sistemas e equipamentos de telecomunicações.

Concluindo, observa-se, ainda, que o fato de – entre as fontes de falhas frequentes - terem sido apontados o treinamento de pessoal técnico e as falhas humanas de operação. Verifica-se que existe uma carência de técnicos especializados para lidar com essa geração de equipamentos e sistemas, que dependem de conhecimentos tão diversos para que se obtenha um melhor desempenho.

7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Relembrando o objetivo central desta dissertação, ou seja, o de contribuir para melhorar a eficácia e eficiência dos sistemas de reconhecimento automático de placas de identificação veicular, entende-se que ele foi alcançado.

Foi proposta uma abordagem sistêmica dos sistemas de reconhecimento automático de placas veiculares, utilizando-se um modelo de camadas, no qual podem ser encontrados os principais componentes que compõem os sistemas desse tipo, conforme Figura 1. Entende-se que esse modelo por camadas pode ser estendido, com pequenas modificações para representar quaisquer sistemas de ITS, os quais – por sua essência – utilizam, com sinergia, diversas tecnologias, tais como, engenharia elétrica, eletrônica, tecnologia da informação e comunicação, além de conceitos de engenharia de sistemas.

Sobre essa visão sistêmica, por camadas, foram apontados os diversos tipos de fontes de falhas associados a sistemas desse tipo. Essas fontes de falhas foram organizadas em intrínsecas e extrínsecas (Quadro 2), de forma a ressaltar que algumas delas podem ser prevenidas e evitadas por quem produz e opera os sistemas, mas outras dependem de terceiros, podendo apenas ser consideradas para que se tente minimizar seus efeitos.

A partir de dados experimentais, obtidos de testes realizados em campo com diversos equipamentos e sistemas de fiscalização automática de trânsito, foi possível analisar algumas variáveis que podem influenciar na identificação automática de veículos por esses equipamentos e entender que, em função dessas variáveis serem de muitas naturezas (o que foi apontado no estudo de falhas), os testes até hoje realizados não permitem tirar conclusões definitivas, mas somente tendências de comportamento, como a menor variação do porcentual de erros, com tendência a um suave crescimento, nas faixas de velocidade cuja amostra de veículos circulantes é alta, o que conduz à necessidade de obter uma quantidade de amostra de veículos bastante significativa para poder considerar médias de acertos e erros na leitura de placas.

Registrou-se, ainda, que – considerando os radares fixos em área urbana, o índice de aproveitamento de imagem de veículos infratores, para diversos tipos de infração, está na média, bem próximo a 90%, sendo os valores mais altos obtidos para a

infração de trafegar em velocidade acima da permitida. O índice médio de acerto na leitura de placas, em via urbana, alcança um valor um pouco maior (94%).

Para os casos analisados em rodovia, essa média de acerto na leitura de placas foi um pouco menor, mas como os estudos foram realizados em épocas distintas e com soluções diferentes, essa conclusão deve ser vista com algumas restrições.

As entrevistas, por meio de questionários, realizadas com profissionais que fornecem e utilizam sistemas de reconhecimento de placas para fiscalização de trânsito no Brasil, permitiram classificar a intensidade de ocorrência dos diversos tipos de falhas e apontaram algumas questões que merecem reflexão.

Dos 26 tipos de falhas analisados, quase a metade obteve um valor relativo à sua frequência maior de ocorrência, igual ou acima de 10 (num total máximo de 15 pontos) e dentre elas, nenhuma diz respeito aos elementos lógicos que compõem o sistema.

As mais críticas em termos de falhas são todas extrínsecas aos equipamentos e sistemas, e dizem respeito, por exemplo, às condições do veículo; à rede de comunicação e aos equipamentos de telecomunicação. Logo a seguir, em termos de criticidade estão algumas associadas aos elementos físicos dos sistemas, tais como, câmeras, iluminadores e recursos internos ao gabinete. Ainda aparecem, com importância, os sensores de detecção do veículo, a rede de energia elétrica, as condições ambientais e as falhas associadas a fatores humanos, como treinamento de pessoal técnico e falhas humanas de operação.

Antes de concluir, ressalta-se que alguns estudos futuros foram apontados ao longo desta dissertação, tais como, um aprofundamento da influência da velocidade na leitura correta das placas; uma análise específica sobre as influências da posição do sol; uma análise sobre reincidência de manutenções nos sistemas em operação; e uma análise comparativa entre custo e eficiência dos sistemas de radar fixo e das câmeras de vídeo com OCR.

Destaca-se, também, que, além das contribuições já citadas, foi apresentado um glossário de termos para auxiliar em novas pesquisas, que poderá ser completado e melhorado com contribuições dos profissionais que se dedicam aos estudos na área de ITS.

Finalizando, é interessante observar que, conforme registrado no capítulo introdutório desta dissertação ficou claro que a eficiência e eficácia dos sistemas de reconhecimento automático de placas veiculares, em especial aqueles voltados para a fiscalização automática, têm que ser consideradas sobre diversos aspectos, não bastando focalizar os estudos em melhorias nos métodos e algoritmos utilizados nos sistemas de OCR.

Assim, espera-se ter, com esta dissertação, contribuído para um melhor entendimento desses sistemas e de suas falhas, para que essas possam ser superadas e para que a identificação veicular seja adotada de maneira mais eficiente não somente nas atividades de fiscalização, mas também de operação e controle de tráfego e, num futuro não muito distante nas atividades de planejamento, projeto e melhoria da mobilidade e segurança nos transportes.

REFERÊNCIAS

ANAGNOSTOPOULOS, C.N.E. et al. **License Plate Recognition From Still Images and Video Sequences**: A Survey. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 9, N.3, pp 377-391, Sept. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14813-1:2011**. Sistemas Inteligentes de Transportes – Arquitetura(s) de modelo de referência para o setor de ITS – Parte 1: Domínio de serviço, grupos de serviços e serviços de ITS – elaboração. São Paulo, 2011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **ANTP 30 anos**. Anuário 2007. São Paulo, maio 2008.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES DE CARGAS E LOGÍSTICA. Disponível em: <<http://www.portalntc.org.br/outros/aumenta-numero-de-roubo-de-cargas-em-2013/55084>>. Acesso em: dez. 2014.

BERNARDI, E.; MING, S. H. **Field Evaluation of Equipment and Systems for Automatic Monitoring of Urban Traffic**: The City of Sao Paulo Experience. In: 15th World Congress on Intelligent Transportation Systems. PAITS02: ITS in Urban Traffic: The Americas Experience. Nov. 18th, 2008, 10:30 a.m. – 12:00 p.m.

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego da Cidade de São Paulo. **Projeto CIMU**. In: Seminário de Integração Trânsito e Transporte da Cidade de São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego da Cidade de São Paulo. Notas Técnicas. **NT 225. Sistemas automáticos de fiscalização do trânsito implementados na Cidade de São Paulo**: segurança e mobilidade. Autores: DUARTE, Tadeu Leite, COSENTINO, Rafael, DO CARMO, José Antonio Dias Pedroso. 2012. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/>>. Acesso em: set. 2012.

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego da Cidade de São Paulo. Notas Técnicas. **NT 201. Uma Breve Discussão do Sistema SCOOT**. Autor: MING, S. H., 1997. 9 p. - 344kb. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/>>. Acesso em: jul. 2010.

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego da Cidade de São Paulo. Notas Técnicas. **NT 202. Avaliação Antes/Depois - Semáforos inteligentes (SEMIN)**.

Autor: MING, S. H., FOWLER, Gustavo Ruy. 1998. 9 p. - 660kb. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/>>. Acesso em: jul. 2010.

CHAGAS, Anivaldo Tadeu Roston. **O questionário na pesquisa científica**. Administração On Line, São Paulo, v. 1, n. 1, jan./fev./mar. 2000. Disponível em: <http://www.fecap.br/adm_online/art11/anival.htm>. Acesso em: dez. 2014.

GIBSON, D.; MILLS, M. K.; KLEIN, L. A. **A New Look at Sensors**. Public Roads, nov./dec. 2007. v. 71, n. 3.

Kansas City Scout Intelligent Transportation System, MO, USA. Disponível em: <<http://www.roadtraffic-technology.com/projects/kansas/>>. Acesso em: jul. 2010.

IEEE, Intelligent Transportation Systems Society. Disponível em: <<http://ewh.ieee.org/tc/its/>>. Acesso em: jul. 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Avaliação em Campo de Equipamento/Sistema Barreira Eletrônica para Fiscalização Automática de Trânsito**, maio 2008a. Relatório Técnico 98.947-205.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Avaliação em Campo de Equipamento/Sistema para Fiscalização Automática de Zona Máxima de Restrição à Circulação**, ago. 2008b. Relatório Técnico 106.116-205.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Assessoria Técnica para Realização de Testes em Equipamentos para Monitoração de Tráfego Rodoviário em Escala Real**, fev. 2010. Relatório Técnico 115.981-205.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Assessoria Técnica na Realização de Testes em Escala Real com Equipamentos Estático e Móvel de Fiscalização de Trânsito**, jun. 2011. Relatório Técnico 123.234-205.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Avaliação de Campo de Equipamentos/Sistemas Fixos para Fiscalização Automática de Trânsito**, fev. 2014a. Relatório Técnico 136.491-205.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Assessoria Técnica para Realização de Testes em Equipamentos para**

Monitoração de Tráfego Rodoviário em Escala Real, fev. 2014b. Relatório Técnico 136.792-205.

ITS City Pioneers. Part Two. Tool Descriptions. Traffic Management. Chapter Six. 20??.

MARTE, C. L. **Sistemas Computacionais Distribuídos aplicados em Automação dos Transportes**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP. Ano de Obtenção: 2000.

MAZZAMATTI, M.; NETTO, D.V.V.F.; VILANOVA, L.; MING, S.H. **Benefits Gained by Responsive and Traffic Adaptive Systems in Sao Paulo**, IEEE 9th International Conference on Road Transport Information and Control, 1998.

MING, S. H. **Fiscalização Eletrônica do Trânsito**. 2006. Disponível em: <<http://www.sinaldetransito.com.br>>. Acesso em: maio 2010.

NOBLE, L. **ALPR - Identity fraud?**. Traffic Technology International. Oct./Nov., 2008.

NOGUEIRA, Roberto. **Elaboração e Análise de Questionários: Uma Revisão da Literatura Básica e a Aplicação dos Conceitos a Um Caso Real** – Rio de Janeiro – UFRJ/COPPEAD, 2002. 26 p. (Relatórios Coppead, 350).

OLIVEIRA, M. V. T.; GOMES, M. J. T. L.; MENESES, H.B. et al. **Experiências operacionais pós-implantação do sistema de Controle de Tráfego em Área de Fortaleza** – CTAFOR. 2005. Disponível em: <<http://www.sinaldetransito.com.br>>, artigos, operação. Acesso em: jul. 2010.

OSBAY, S.; ERCELEBI, E. **Automatic Vehicle Identification by Plate Recognition**. Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol.9, pp 222-225, Nov. 2005.

PAQUET, J. E., **Guidance for Intelligent Transport Systems (ITS) in Urban Areas**. European Commission. Workshop “Intelligent Transport Systems for Urban Areas”, mar. 2010.

RODRIGUES, M., CUGNASCA, C.E., QUEIROZ FILHO, A.P. **Rastreamento de Veículos**, Ed. Oficina de Textos, 2009.

Schrage, M. **Data Collection – Make it Count**. Traffic Technology International. Aug./Sept., 2008.

SHAN DU; IBRAHIM M.; SHEBATA, M. et al. **Automatic License Plate Recognition (ALPR) : A State-of The-Art Review**. IEEE transactions On Circuits and Systems For Video Technology, Vol. 23, N. 2, pp 311-324, Feb. 2013.

TEIXEIRA, J. C.; MING, S. H.; BERNARDI, E. **Avaliação de Sistemas para Fiscalização de Tráfego Urbano** (Field Evaluation of Urban Traffic Control Systems). In: Coninfra 2009 – 3º Congresso de Infraestrutura de Transportes (Transportation Infrastructure Congress). São Paulo, jul. 2009. Anais... paper 03-038.

Telematic Technologies for Transport and Traffic in Turin. Disponível em: <<http://www.5t.torino.it/5t/en/docs/sistema5t.jspf>>. Acesso em: jul. 2010 e set. 2013.

U.S. Department of Transportation FHWA - Federal Highway Administration. **Traffic Detector Handbook**: Third Edition – Volume II. October 2006. Disponível em: <<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/its/06139>>. Acesso em: ago. 2010 e nov. 2013.

U.S. Department of Transportation FHWA, **Summary of Vehicle Detection and Surveillance Technologies Used in Intelligent Transportation Systems**. Fall 2000. Disponível em <<http://www.fhwa.dot.gov/ohim/tvtw/vdstits.pdf>>. Acesso em: maio 2010 e nov. 2013.

VIEIRA, K. M.; DALMORO, M. **Dilemas na Construção de Escalas Tipo Likert: o Número de Itens e a Disposição Influenciam nos Resultados?** XXXII Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro, 2008. 16 p.

WORLD BANK. **ITS Applications Around the World**, ITS Technical Note for Developing Countries, Toshiyuki Yokota, NRI, July 2004.

GLOSSÁRIO

Apresenta-se, a seguir, uma lista de termos frequentemente utilizados, assim como de abreviações e expressões relacionadas à identificação automática de veículos, ao reconhecimento automático de placas veiculares e à fiscalização automática de trânsito.

Para elaboração dessa lista foi utilizada a pesquisa bibliográfica realizada, assim como o conteúdo de editais publicados pela Secretaria de Transportes do Município de São Paulo e pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo.

Optou-se por relacionar não somente termos em português, mas também, em alguns casos – especialmente algumas siglas, em inglês ou francês, com o objetivo de facilitar eventuais pesquisas em outras línguas.

Os termos estão em ordem alfabética e, quando existem diversos termos com o mesmo significado, procurou-se – em cada um deles - fazer uma referência aos demais.

ALPR (Automatic License Plate Recognition) - reconhecimento automático da placa de um veículo (v. também: ANPR, APR, ALR, ARPI, CLI, CLPR, CPR, LAP, LAPI, LPI, LPR, NPR).

ALR (Automatic License Recognition) - reconhecimento automático da placa de um veículo (v. também: ANPR, ANPR, ALPR, ARPI, CLI, CLPR, CPR, LAP, LAPI, LPI, LPR, NPR).

ANPR (Automatic Number Plate Recognition) – reconhecimento automático da placa de um veículo (v. também: APR, ALPR, ALR, ARPI, CLI, CLPR, CPR, LAP, LAPI, LPI, LPR, NPR).

APR (Automatic Plate Recognition) - reconhecimento automático da placa de um veículo (v. também: ANPR, ALPR, ALR, ARPI, CLI, CLPR, CPR, LAP, LAPI, LPI, LPR, NPR).

ARPI (Automatic Registration Plate Identification) – reconhecimento automático da placa de um veículo (v. também: ANPR, APR, ALPR, ALR, CLI, CLPR, CPR, LAP, LAPI, LPI, LPR, NPR).

AVI (Automatic Vehicle Identification) - Identificação automática de um veículo, usualmente pela sua placa de identificação.

AVIS (Automatic Vehicle Identification System) - Sistema de Identificação Automática de Veículos.

AVRS (Automatic Vehicle Recognition System) - Sistema de Reconhecimento Automático de Veículos.

Barreira Eletrônica – termo utilizado pela CET para representar conjunto de equipamentos e sistemas para fiscalização automática de trânsito que possuem painel luminoso indicador de velocidade. (v. também lombada eletrônica).

CLI (Car License Identification) - reconhecimento automático da placa de um veículo (v. também: ANPR, APR, ALPR, ALR, ARPI, CLPR, CPR, LAP, LAPI, LPI, LPR, NPR).

CLPR (Car License Plate Recognition) - reconhecimento automático da placa de um veículo (v. também: ANPR, APR, ALPR, ALR, ARPI, CLI, CPR, LAP, LAPI, LPI, LPR, NPR).

CPR (Car Plate Recognition) - reconhecimento automático da placa de um veículo (v. também: ANPR, APR, ALPR, ALR, ARPI, CLI, CLPR, LAP, LAPI, LPI, LPR, NPR).

Dados de tráfego - dados coletados online de todos os veículos detectados pelo equipamento/sistema em operação. Por exemplo, data e horário da detecção, local da detecção, placa do veículo, tipo/espécie do veículo, velocidade pontual, comprimento medido do veículo, tempo de ocupação.

Data check – termo utilizado pelo DER-SP para representar as informações apresentadas nas imagens de veículos infratores, registradas pelo equipamento/sistema para fiscalização automática de trânsito, tais como, data e hora da infração; local/sentido; código do equipamento; faixa de rolamento; velocidades regulamentada, medida e considerada; código e descrição do enquadramento; placa do veículo (v. também tarja).

Enquadramento - código utilizado para se referir à infração de trânsito cometida, conforme legislação local. Por exemplo, o enquadramento 745-50 refere-se à infração "transitar em velocidade superior à máxima permitida em até 20%".

Entre-faixas – termo utilizado para caracterizar a divisão entre faixas de rolamento adjacentes, utilizado, em especial, para circulação de motocicletas.

Equipamento/sistema para fiscalização automática de trânsito – conjunto de todos os equipamentos, software, comunicação, infraestrutura (inclusive sinalização), instalações e acessórios necessários para fiscalização de trânsito, de forma automática e simultânea.

Equipamentos/sistema fixos - conjunto de equipamentos, software, comunicação com uma central, infraestrutura (inclusive sinalização), instalações e acessórios necessários para fiscalização de trânsito, de forma automática e simultânea. Esses equipamentos são instalados em colunas/postes nas laterais da pista ou em viadutos, pontes, semipórticos ou pórticos.

Equipamentos/sistema barreiras eletrônicas - conjunto de equipamentos, software, painel indicador de velocidade, comunicação com uma central, infraestrutura (inclusive sinalização), instalações e acessórios necessários para fiscalização de trânsito, de forma automática e simultânea.

Equipamentos radares estáticos – conjunto de equipamentos, software, comunicação com uma central, instalações, sinalização e acessórios necessários para fiscalização automática de trânsito. Os equipamentos são montados - em tripé ou fixados em base - e operados nas laterais ou canteiros centrais das pistas.

Erro máximo admitido pelo INMETRO – erro máximo admissível para a medição de velocidade (por equipamentos automáticos) em serviço.

Imagem aproveitável - imagem registrada contendo a parte traseira ou dianteira do veículo, de forma a permitir a perfeita identificação visual da marca, modelo e placa do veículo, sem a utilização de artifícios que alterem a resolução e a nitidez da imagem. A imagem também deve apresentar enquadramento e tarja corretos, com a infração perfeitamente caracterizada, permitindo, legalmente, que seja convertida em multas.

Imagem panorâmica - imagem que permita a visualização do veículo, além da perfeita identificação da placa, marca e modelo, para que se possa se visualizar, de forma inequívoca, a faixa em que o veículo estava transitando.

Imagem pontual – imagem do veículo infrator, no instante que o equipamento/sistema para fiscalização automática de trânsito registrou a infração.

ITS (Intelligent Transportation Systems ou Intelligent Transport Systems) – Sistemas Inteligentes de Transportes.

LAP (Leitura Automática de Placas) – termo adotado pela CET-SP para caracterizar sistemas que fazem o reconhecimento automático da placa veicular. (v. também: ANPR, APR, ALPR, ALR, ARPI, CLI, CLPR, CPR, LPI, LPR, NPR).

LAPI (Lecture Automatique de Plaques d'Immatriculation) - reconhecimento automático da placa de um veículo (v. também: ANPR, APR, ALPR, ALR, ARPI, CLI, CPR, LAP, LPI, LPR, NPR).

Laço detector – dispositivo constituído por cabos metálicos inseridos no pavimento, construído geralmente na forma retangular, e conectado a circuitos eletrônicos dos controladores. Nesse laço circula corrente elétrica que forma um campo magnético, o qual sofre alterações quando da passagem ou presença de massa metálica, alterações estas que indicam aos controladores a passagem ou presença dos veículos.

LOG - registro de todos os eventos e intervenções relevantes ocorridos no sistema

Lombada eletrônica – termo utilizado pelo DER-SP para representar os equipamentos de fiscalização eletrônica que possuem painel luminoso indicador de velocidade. (v. também barreira eletrônica).

LPI (License Plate Identification) – identificação automática de placas. (v. também: ANPR, APR, ALPR, ALR, ARPI, CLI, CLPR, CPR, LAP, LPR, NPR).

LPR (License Plate Recognition) – reconhecimento automático de placas. (v. também: ANPR, APR, ALPR, ALR, ARPI, CLI, CLPR, CPR, LAP, LPI, NPR).

NPR (Number Plate Recognition) - reconhecimento automático de placas. (v. também: ANPR, APR, ALPR, ALR, ARPI, CLI, CLPR, CPR, LAP, LPI, LPR).

GUI (Graphical User Interface) - software destinado a fornecer uma interface gráfica, atraente e fácil de usar, entre o usuário do computador e a aplicação que ele está utilizando.

Placas de Identificação Veicular – constituídas por códigos, em geral nacionais, que representam a identificação do veículo em cada país.

Redes Neurais - modelo matemático utilizado para processar informações com base em uma abordagem por conexões, como aquelas existentes no cérebro humano, formadas por neurônios e suas sinapses.

OCR (Optical Character Recognition) - processo de digitalização de imagens de textos, com identificação dos caracteres que compõem a imagem.

Perfil físico/magnético do veículo – sistema auxiliar que permite identificar o tipo de veículo infrator, através do reconhecimento de seu perfil físico/magnético.

PMV – Painel de mensagem variável; pode ser do tipo fixo ou móvel.

Reconhecimento de padrões - campo da ciência da computação, que utiliza algoritmos para processar imagens e extrair informação significativa a partir delas.

Rodízio municipal de veículos – restrição de circulação de veículos de acordo com o final de placa e dia da semana, nas ruas e avenidas internas ao chamado mini-anel viário da cidade de São Paulo, das 7 às 10 horas e das 17 às 20 horas.

Siniav - Sistema Nacional de Identificação de Veículos.

Simrav – Sistema Integrado de Monitoramento e Registro Automático de Veículos.

Tarja – termo utilizado pela CET para representar as informações apresentadas nas imagens de veículos infratores, registradas pelo equipamento/sistema para fiscalização automática de trânsito, tais como, data e hora da infração; local/sentido; código do equipamento; faixa de rolamento; velocidades regulamentada, medida e considerada; código e descrição do enquadramento (v. também *data check*).

UI (User Interface) – software que representa a interface entre o usuário do computador e a aplicação que ele está utilizando.

Velocidade média por trecho – velocidade calculada em um trecho compreendido por dois equipamentos/sistemas fixos consecutivos.

Velocidade pontual - velocidade instantânea de um veículo quando passa por um determinado ponto ou seção da via.

Velocidade regulamentada - velocidade limite (máxima) regulamentada para uma via.

Velocidade tolerada – velocidade determinada pela soma: velocidade regulamentada + erro máximo admitido pelo Inmetro + tolerância dada pela Prefeitura (≥ 0).

VIN (Vehicle Identification Number) - número da placa de identificação do veículo.

ZMRC – zona de máxima restrição à circulação, utilizada na cidade de São Paulo para zonas de restrição à circulação de caminhões.

ZMRF – zona de máxima restrição de fretamento, utilizada na cidade de São Paulo para zonas de restrição à circulação de ônibus fretados.

APÊNDICE A

Dados de Acertos e Erros na Leitura de Placas, em Via Urbana e Rodovia

Caso I - Radar fixo, em via urbana (amostra aleatória em 10 dias de operação)

Tabela A1 – Caso I - acertos e erros na leitura de placas por velocidade

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
0	7	7	100,0%	0	0,0%	0,2%	0,0%
1	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
4	2	2	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
5	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
6	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
7	3	2	66,7%	1	33,3%	0,1%	0,4%
8	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
9	2	1	50,0%	1	50,0%	0,1%	0,4%
10	4	4	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
11	1	0	0,0%	1	100,0%	0,0%	0,4%
12	2	2	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
13	7	7	100,0%	0	0,0%	0,2%	0,0%
14	3	3	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
15	4	4	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
16	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
17	3	3	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
18	6	6	100,0%	0	0,0%	0,2%	0,0%
19	4	4	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
20	4	4	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
21	5	5	100,0%	0	0,0%	0,2%	0,0%
22	9	8	88,9%	1	11,1%	0,3%	0,4%
23	5	4	80,0%	1	20,0%	0,2%	0,4%
24	7	7	100,0%	0	0,0%	0,2%	0,0%
25	7	7	100,0%	0	0,0%	0,2%	0,0%
26	5	4	80,0%	1	20,0%	0,2%	0,4%
27	8	8	100,0%	0	0,0%	0,3%	0,0%
28	12	10	83,3%	2	16,7%	0,4%	0,8%
29	18	17	94,4%	1	5,6%	0,6%	0,4%
30	19	16	84,2%	3	15,8%	0,6%	1,2%
31	13	12	92,3%	1	7,7%	0,4%	0,4%
32	29	25	86,2%	4	13,8%	0,9%	1,6%
33	24	20	83,3%	4	16,7%	0,8%	1,6%
34	35	33	94,3%	2	5,7%	1,1%	0,8%
35	38	35	92,1%	3	7,9%	1,2%	1,2%
36	40	38	95,0%	2	5,0%	1,3%	0,8%

(continua ...)

(continuação...)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
37	39	35	89,7%	4	10,3%	1,2%	1,6%
38	43	42	97,7%	1	2,3%	1,4%	0,4%
39	69	64	92,8%	5	7,2%	2,2%	2,0%
40	71	67	94,4%	4	5,6%	2,2%	1,6%
41	101	94	93,1%	7	6,9%	3,2%	2,9%
42	89	81	91,0%	8	9,0%	2,8%	3,3%
43	95	89	93,7%	6	6,3%	3,0%	2,5%
44	113	105	92,9%	8	7,1%	3,6%	3,3%
45	150	138	92,0%	12	8,0%	4,7%	4,9%
46	156	150	96,2%	6	3,8%	4,9%	2,5%
47	162	150	92,6%	12	7,4%	5,1%	4,9%
48	211	199	94,3%	12	5,7%	6,7%	4,9%
49	166	159	95,8%	7	4,2%	5,3%	2,9%
50	196	181	92,3%	15	7,7%	6,2%	6,1%
51	221	199	90,0%	22	10,0%	7,0%	9,0%
52	192	176	91,7%	16	8,3%	6,1%	6,6%
53	151	144	95,4%	7	4,6%	4,8%	2,9%
54	128	112	87,5%	16	12,5%	4,1%	6,6%
55	117	111	94,9%	6	5,1%	3,7%	2,5%
56	97	87	89,7%	10	10,3%	3,1%	4,1%
57	52	48	92,3%	4	7,7%	1,6%	1,6%
58	50	43	86,0%	7	14,0%	1,6%	2,9%
59	29	24	82,8%	5	17,2%	0,9%	2,0%
60	27	25	92,6%	2	7,4%	0,9%	0,8%
61	24	22	91,7%	2	8,3%	0,8%	0,8%
62	19	16	84,2%	3	15,8%	0,6%	1,2%
63	15	14	93,3%	1	6,7%	0,5%	0,4%
64	3	3	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
65	6	5	83,3%	1	16,7%	0,2%	0,4%
66	3	3	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
67	4	3	75,0%	1	25,0%	0,1%	0,4%
68	7	6	85,7%	1	14,3%	0,2%	0,4%
69	5	5	100,0%	0	0,0%	0,2%	0,0%
70	5	4	80,0%	1	20,0%	0,2%	0,4%
71	3	2	66,7%	1	33,3%	0,1%	0,4%
72	2	2	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
73	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
74	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
75	1	0	0,0%	1	100,0%	0,0%	0,4%
76	1	0	0,0%	1	100,0%	0,0%	0,4%
78	1	1	100,0%		0,0%	0,0%	0,0%
82	1	0	0,0%	1	100,0%	0,0%	0,4%
86	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
90	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
Total	3160	2916	92,3%	244	7,7%	100,0%	100,0%

Tabela A2 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por horário

Hora	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
0	25	23	92,0%	2	8,0%	0,8%
1	15	13	86,7%	2	13,3%	0,5%
2	7	6	85,7%	1	14,3%	0,2%
3	10	10	100,0%	0	0,0%	0,3%
4	15	13	86,7%	2	13,3%	0,5%
5	63	55	87,3%	8	12,7%	2,0%
6	233	221	94,8%	12	5,2%	7,4%
7	204	199	97,5%	5	2,5%	6,5%
8	258	243	94,2%	15	5,8%	8,2%
9	233	215	92,3%	18	7,7%	7,4%
10	289	273	94,5%	16	5,5%	9,1%
11	218	209	95,9%	9	4,1%	6,9%
12	226	205	90,7%	21	9,3%	7,2%
13	190	175	92,1%	15	7,9%	6,0%
14	174	157	90,2%	17	9,8%	5,5%
15	131	119	90,8%	12	9,2%	4,1%
16	130	120	92,3%	10	7,7%	4,1%
17	110	99	90,0%	11	10,0%	3,5%
18	149	129	86,6%	20	13,4%	4,7%
19	140	125	89,3%	15	10,7%	4,4%
20	130	113	86,9%	17	13,1%	4,1%
21	95	88	92,6%	7	7,4%	3,0%
22	70	66	94,3%	4	5,7%	2,2%
23	45	40	88,9%	5	11,1%	1,4%
Total	3160	2916	92,3%	244	7,7%	100,0%

Tabela A3 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por velocidade (ID=1)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
0	5	5	100,00%	0	0,00%	0,63%	0%
7	2	1	50,00%	1	50,00%	0,25%	1%
10	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0%
11	1	0	0,00%	1	100,00%	0,13%	1%
12	2	2	100,00%	0	0,00%	0,25%	0%
13	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0%
14	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0%
18	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0%
22	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0%
26	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0%
27	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0%
28	2	1	50,00%	1	50,00%	0,25%	1%
29	6	6	100,00%	0	0,00%	0,75%	0%
30	5	4	80,00%	1	20,00%	0,63%	1%
31	2	1	50,00%	1	50,00%	0,25%	1%
32	5	3	60,00%	2	40,00%	0,63%	2%
33	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0%
34	8	8	100,00%	0	0,00%	1,00%	0%
35	6	5	83,33%	1	16,67%	0,75%	1%
36	7	6	85,71%	1	14,29%	0,88%	1%
37	5	4	80,00%	1	20,00%	0,63%	1%
38	5	5	100,00%	0	0,00%	0,63%	0%
39	11	9	81,82%	2	18,18%	1,38%	2%
40	9	9	100,00%	0	0,00%	1,13%	0%
41	14	9	64,29%	5	35,71%	1,76%	6%
42	15	14	93,33%	1	6,67%	1,88%	1%
43	23	20	86,96%	3	13,04%	2,89%	3%
44	12	9	75,00%	3	25,00%	1,51%	3%
45	32	27	84,38%	5	15,63%	4,02%	6%
46	37	35	94,59%	2	5,41%	4,64%	2%
47	29	26	89,66%	3	10,34%	3,64%	3%
48	47	43	91,49%	4	8,51%	5,90%	4%
49	48	46	95,83%	2	4,17%	6,02%	2%
50	55	50	90,91%	5	9,09%	6,90%	6%
51	72	66	91,67%	6	8,33%	9,03%	7%
52	49	45	91,84%	4	8,16%	6,15%	4%
53	52	51	98,08%	1	1,92%	6,52%	1%

(continua ...)

(continuação...)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
54	47	36	76,60%	11	23,40%	5,90%	12%
55	33	30	90,91%	3	9,09%	4,14%	3%
56	42	37	88,10%	5	11,90%	5,27%	6%
57	19	17	89,47%	2	10,53%	2,38%	2%
58	13	12	92,31%	1	7,69%	1,63%	1%
59	11	9	81,82%	2	18,18%	1,38%	2%
60	11	10	90,91%	1	9,09%	1,38%	1%
61	12	10	83,33%	2	16,67%	1,51%	2%
62	6	5	83,33%	1	16,67%	0,75%	1%
63	7	7	100,00%	0	0,00%	0,88%	0%
64	3	3	100,00%	0	0,00%	0,38%	0%
65	3	2	66,67%	1	33,33%	0,38%	1%
66	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0%
67	2	1	50,00%	1	50,00%	0,25%	1%
68	3	3	100,00%	0	0,00%	0,38%	0%
69	2	2	100,00%	0	0,00%	0,25%	0%
70	3	2	66,67%	1	33,33%	0,38%	1%
72	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0%
75	1	0	0,00%	1	100,00%	0,13%	1%
76	1	0	0,00%	1	100,00%	0,13%	1%
82	1	0	0,00%	1	100,00%	0,13%	1%
90	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0%
Total	797	707	88,71%	90	11,29%	100,00%	100%

Tabela A4 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por horário (ID=1)

Hora	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
0	2	2	100,00%	0	0,00%	0,25%
1	5	3	60,00%	2	40,00%	0,63%
2	3	3	100,00%	0	0,00%	0,38%
3	3	3	100,00%	0	0,00%	0,38%
4	3	3	100,00%	0	0,00%	0,38%
5	18	17	94,44%	1	5,56%	2,26%
6	59	57	96,61%	2	3,39%	7,40%
7	53	53	100,00%	0	0,00%	6,65%
8	60	52	86,67%	8	13,33%	7,53%
9	61	53	86,89%	8	13,11%	7,65%
10	69	64	92,75%	5	7,25%	8,66%
11	57	54	94,74%	3	5,26%	7,15%
12	65	54	83,08%	11	16,92%	8,16%
13	42	38	90,48%	4	9,52%	5,27%
14	47	42	89,36%	5	10,64%	5,90%
15	31	27	87,10%	4	12,90%	3,89%
16	35	32	91,43%	3	8,57%	4,39%
17	25	21	84,00%	4	16,00%	3,14%
18	40	29	72,50%	11	27,50%	5,02%
19	34	29	85,29%	5	14,71%	4,27%
20	34	26	76,47%	8	23,53%	4,27%
21	21	19	90,48%	2	9,52%	2,63%
22	23	20	86,96%	3	13,04%	2,89%
23	7	6	85,71%	1	14,29%	0,88%
Total	797	707	88,71%	90	11,29%	100,00%

Tabela A5 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por velocidade (ID=2)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
1	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
7	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
9	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
10	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
14	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
15	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
17	3	3	100,00%	0	0,00%	0,38%	0,0%
18	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
19	2	2	100,00%	0	0,00%	0,25%	0,0%
20	2	2	100,00%	0	0,00%	0,25%	0,0%
21	3	3	100,00%	0	0,00%	0,38%	0,0%
22	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
23	1	0	0,00%	1	100,00%	0,13%	5,3%
25	2	2	100,00%	0	0,00%	0,25%	0,0%
27	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
28	2	1	50,00%	1	50,00%	0,25%	5,3%
29	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
30	4	4	100,00%	0	0,00%	0,51%	0,0%
31	2	2	100,00%	0	0,00%	0,25%	0,0%
32	7	7	100,00%	0	0,00%	0,89%	0,0%
33	4	4	100,00%	0	0,00%	0,51%	0,0%
34	4	4	100,00%	0	0,00%	0,51%	0,0%
35	6	6	100,00%	0	0,00%	0,76%	0,0%
36	4	3	75,00%	1	25,00%	0,51%	5,3%
37	7	6	85,71%	1	14,29%	0,89%	5,3%
38	6	6	100,00%	0	0,00%	0,76%	0,0%
39	9	9	100,00%	0	0,00%	1,14%	0,0%
40	15	15	100,00%	0	0,00%	1,91%	0,0%
41	13	13	100,00%	0	0,00%	1,65%	0,0%
42	16	16	100,00%	0	0,00%	2,03%	0,0%
43	14	14	100,00%	0	0,00%	1,78%	0,0%
44	18	18	100,00%	0	0,00%	2,29%	0,0%
45	27	26	96,30%	1	3,70%	3,43%	5,3%
46	28	27	96,43%	1	3,57%	3,56%	5,3%
47	42	42	100,00%	0	0,00%	5,34%	0,0%
48	54	53	98,15%	1	1,85%	6,86%	5,3%
49	50	49	98,00%	1	2,00%	6,35%	5,3%

(continua ...)

(continuação...)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
50	58	57	98,28%	1	1,72%	7,37%	5,3%
51	66	63	95,45%	3	4,55%	8,39%	15,8%
52	62	59	95,16%	3	4,84%	7,88%	15,8%
53	43	43	100,00%	0	0,00%	5,46%	0,0%
54	37	37	100,00%	0	0,00%	4,70%	0,0%
55	48	47	97,92%	1	2,08%	6,10%	5,3%
56	30	28	93,33%	2	6,67%	3,81%	10,5%
57	22	22	100,00%	0	0,00%	2,80%	0,0%
58	17	16	94,12%	1	5,88%	2,16%	5,3%
59	8	8	100,00%	0	0,00%	1,02%	0,0%
60	10	10	100,00%	0	0,00%	1,27%	0,0%
61	8	8	100,00%	0	0,00%	1,02%	0,0%
62	5	5	100,00%	0	0,00%	0,64%	0,0%
63	5	5	100,00%	0	0,00%	0,64%	0,0%
65	2	2	100,00%	0	0,00%	0,25%	0,0%
66	2	2	100,00%	0	0,00%	0,25%	0,0%
67	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
68	2	2	100,00%	0	0,00%	0,25%	0,0%
69	2	2	100,00%	0	0,00%	0,25%	0,0%
70	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
71	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
78	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
86	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
Total	787	768	97,59%	019	2,41%	100,00%	100,0%

Tabela A6 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por horário (ID=2)

Hora	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
0	8	8	100,00%	0	0,00%	1,02%
1	4	4	100,00%	0	0,00%	0,51%
3	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%
4	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%
5	12	12	100,00%	0	0,00%	1,52%
6	64	63	98,44%	1	1,56%	8,13%
7	52	51	98,08%	1	1,92%	6,61%
8	89	86	96,63%	3	3,37%	11,31%
9	54	53	98,15%	1	1,85%	6,86%
10	77	76	98,70%	1	1,30%	9,78%
11	46	45	97,83%	1	2,17%	5,84%
12	51	49	96,08%	2	3,92%	6,48%
13	52	52	100,00%	0	0,00%	6,61%
14	32	30	93,75%	2	6,25%	4,07%
15	33	33	100,00%	0	0,00%	4,19%
16	28	27	96,43%	1	3,57%	3,56%
17	32	31	96,88%	1	3,13%	4,07%
18	28	25	89,29%	3	10,71%	3,56%
19	42	41	97,62%	1	2,38%	5,34%
20	24	23	95,83%	1	4,17%	3,05%
21	30	30	100,00%	0	0,00%	3,81%
22	14	14	100,00%	0	0,00%	1,78%
23	13	13	100,00%	0	0,00%	1,65%
Total	787	768	97,59%	19	2,41%	100,00%

Tabela A7 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por velocidade (ID=3)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
28	3	3	100,0%	0	0,0%	0,4%	0,0%
29	5	4	80,0%	1	20,0%	0,6%	1,0%
30	4	3	75,0%	1	25,0%	0,5%	1,0%
31	1	1	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
32	7	6	85,7%	1	14,3%	0,9%	1,0%
33	6	4	66,7%	2	33,3%	0,8%	2,0%
34	5	4	80,0%	1	20,0%	0,6%	1,0%
35	8	8	100,0%	0	0,0%	1,0%	0,0%
36	8	8	100,0%	0	0,0%	1,0%	0,0%
37	2	2	100,0%	0	0,0%	0,3%	0,0%
38	10	9	90,0%	1	10,0%	1,3%	1,0%
39	9	8	88,9%	1	11,1%	1,1%	1,0%
40	10	8	80,0%	2	20,0%	1,3%	2,0%
41	13	11	84,6%	2	15,4%	1,6%	2,0%
42	12	9	75,0%	3	25,0%	1,5%	2,9%
43	25	22	88,0%	3	12,0%	3,1%	2,9%
44	26	22	84,6%	4	15,4%	3,3%	3,9%
45	28	26	92,9%	2	7,1%	3,5%	2,0%
46	39	38	97,4%	1	2,6%	4,9%	1,0%
47	54	45	83,3%	9	16,7%	6,8%	8,8%
48	69	64	92,8%	5	7,2%	8,6%	4,9%
49	48	44	91,7%	4	8,3%	6,0%	3,9%
50	60	52	86,7%	8	13,3%	7,5%	7,8%
51	71	58	81,7%	13	18,3%	8,9%	12,7%
52	67	59	88,1%	8	11,9%	8,4%	7,8%
53	54	48	88,9%	6	11,1%	6,8%	5,9%
54	41	36	87,8%	5	12,2%	5,1%	4,9%
55	32	30	93,8%	2	6,3%	4,0%	2,0%
56	23	20	87,0%	3	13,0%	2,9%	2,9%
57	10	8	80,0%	2	20,0%	1,3%	2,0%
58	20	15	75,0%	5	25,0%	2,5%	4,9%
59	7	4	57,1%	3	42,9%	0,9%	2,9%
60	5	4	80,0%	1	20,0%	0,6%	1,0%
61	4	4	100,0%	0	0,0%	0,5%	0,0%
62	5	3	60,0%	2	40,0%	0,6%	2,0%
63	2	1	50,0%	1	50,0%	0,3%	1,0%
65	1	1	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
67	1	1	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
68	1	1	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
69	1	1	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
70	1	1	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
72	1	1	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
Total	799	697	87,2%	102	12,8%	100,0%	100,0%

Tabela A8 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por horário (ID=3)

Hora	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
0	7	6	85,71%	1	14,29%	0,88%
1	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%
2	1		0,00%	1	100,00%	0,13%
3	3	3	100,00%	0	0,00%	0,38%
4	5	3	60,00%	2	40,00%	0,63%
5	21	16	76,19%	5	23,81%	2,63%
6	66	59	89,39%	7	10,61%	8,26%
7	53	50	94,34%	3	5,66%	6,63%
8	41	39	95,12%	2	4,88%	5,13%
9	47	41	87,23%	6	12,77%	5,88%
10	69	61	88,41%	8	11,59%	8,64%
11	50	46	92,00%	4	8,00%	6,26%
12	60	53	88,33%	7	11,67%	7,51%
13	49	41	83,67%	8	16,33%	6,13%
14	48	40	83,33%	8	16,67%	6,01%
15	36	29	80,56%	7	19,44%	4,51%
16	39	33	84,62%	6	15,38%	4,88%
17	23	20	86,96%	3	13,04%	2,88%
18	43	41	95,35%	2	4,65%	5,38%
19	40	32	80,00%	8	20,00%	5,01%
20	40	33	82,50%	7	17,50%	5,01%
21	25	21	84,00%	4	16,00%	3,13%
22	18	18	100,00%	0	0,00%	2,25%
23	14	11	78,57%	3	21,43%	1,75%
Total	799	697	87,23%	102	12,77%	100,00%

Tabela A9 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por velocidade (ID=4)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
0	2	2	100,00%	0	0,00%	0,26%	0,0%
4	2	2	100,00%	0	0,00%	0,26%	0,0%
5	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
6	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
8	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
9	1	0	0,00%	1	100,00%	0,13%	3,0%
10	2	2	100,00%	0	0,00%	0,26%	0,0%
13	6	6	100,00%	0	0,00%	0,77%	0,0%
14	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
15	3	3	100,00%	0	0,00%	0,39%	0,0%
16	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
18	4	4	100,00%	0	0,00%	0,51%	0,0%
19	2	2	100,00%	0	0,00%	0,26%	0,0%
20	2	2	100,00%	0	0,00%	0,26%	0,0%
21	2	2	100,00%	0	0,00%	0,26%	0,0%
22	7	6	85,71%	1	14,29%	0,90%	3,0%
23	4	4	100,00%	0	0,00%	0,51%	0,0%
24	7	7	100,00%	0	0,00%	0,90%	0,0%
25	5	5	100,00%	0	0,00%	0,64%	0,0%
26	4	3	75,00%	1	25,00%	0,51%	3,0%
27	6	6	100,00%	0	0,00%	0,77%	0,0%
28	5	5	100,00%	0	0,00%	0,64%	0,0%
29	6	6	100,00%	0	0,00%	0,77%	0,0%
30	6	5	83,33%	1	16,67%	0,77%	3,0%
31	8	8	100,00%	0	0,00%	1,03%	0,0%
32	10	9	90,00%	1	10,00%	1,29%	3,0%
33	13	11	84,62%	2	15,38%	1,67%	6,1%
34	18	17	94,44%	1	5,56%	2,32%	3,0%
35	18	16	88,89%	2	11,11%	2,32%	6,1%
36	21	21	100,00%	0	0,00%	2,70%	0,0%
37	25	23	92,00%	2	8,00%	3,22%	6,1%
38	22	22	100,00%	0	0,00%	2,83%	0,0%
39	40	38	95,00%	2	5,00%	5,15%	6,1%
40	37	35	94,59%	2	5,41%	4,76%	6,1%
41	61	61	100,00%	0	0,00%	7,85%	0,0%
42	46	42	91,30%	4	8,70%	5,92%	12,1%
43	33	33	100,00%	0	0,00%	4,25%	0,0%
44	57	56	98,25%	1	1,75%	7,34%	3,0%

(continua ...)

(continuação...)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
45	63	59	93,65%	4	6,35%	8,11%	12,1%
46	52	50	96,15%	2	3,85%	6,69%	6,1%
47	37	37	100,00%	0	0,00%	4,76%	0,0%
48	41	39	95,12%	2	4,88%	5,28%	6,1%
49	20	20	100,00%	0	0,00%	2,57%	0,0%
50	23	22	95,65%	1	4,35%	2,96%	3,0%
51	12	12	100,00%	0	0,00%	1,54%	0,0%
52	14	13	92,86%	1	7,14%	1,80%	3,0%
53	2	2	100,00%	0	0,00%	0,26%	0,0%
54	3	3	100,00%	0	0,00%	0,39%	0,0%
55	4	4	100,00%	0	0,00%	0,51%	0,0%
56	2	2	100,00%	0	0,00%	0,26%	0,0%
57	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
59	3	3	100,00%	0	0,00%	0,39%	0,0%
60	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
62	3	3	100,00%	0	0,00%	0,39%	0,0%
63	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
68	1	0	0,00%	1	100,00%	0,13%	3,0%
71	2	1	50,00%	1	50,00%	0,26%	3,0%
73	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
74	1	1	100,00%	0	0,00%	0,13%	0,0%
Total	777	744	95,75%	33	4,25%	100,00%	100,0%

Tabela A10 - Caso I - acertos e erros na leitura de placas por horário (ID=4)

Hora	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
0	8	7	87,50%	1	12,50%	1,03%
1	5	5	100,00%	0	0,00%	0,64%
2	3	3	100,00%	0	0,00%	0,39%
3	3	3	100,00%	0	0,00%	0,39%
4	6	6	100,00%	0	0,00%	0,77%
5	12	10	83,33%	2	16,67%	1,54%
6	44	42	95,45%	2	4,55%	5,66%
7	46	45	97,83%	1	2,17%	5,92%
8	68	66	97,06%	2	2,94%	8,75%
9	71	68	95,77%	3	4,23%	9,14%
10	74	72	97,30%	2	2,70%	9,52%
11	65	64	98,46%	1	1,54%	8,37%
12	50	49	98,00%	1	2,00%	6,44%
13	47	44	93,62%	3	6,38%	6,05%
14	47	45	95,74%	2	4,26%	6,05%
15	31	30	96,77%	1	3,23%	3,99%
16	28	28	100,00%	0	0,00%	3,60%
17	30	27	90,00%	3	10,00%	3,86%
18	38	34	89,47%	4	10,53%	4,89%
19	24	23	95,83%	1	4,17%	3,09%
20	32	31	96,88%	1	3,13%	4,12%
21	19	18	94,74%	1	5,26%	2,45%
22	15	14	93,33%	1	6,67%	1,93%
23	11	10	90,91%	1	9,09%	1,42%
Total	777	744	95,75%	33	4,25%	100,00%

Caso II – Radar fixo, rodovia

Tabela A11 – Caso II - acertos e erros na leitura de placas por velocidade

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
47	2	2	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
49	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
50	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
51	4	4	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
52	5	4	80,0%	1	20,0%	0,1%	0,1%
53	7	5	71,4%	2	28,6%	0,1%	0,2%
54	13	10	76,9%	3	23,1%	0,2%	0,2%
55	13	11	84,6%	2	15,4%	0,2%	0,2%
56	14	12	85,7%	2	14,3%	0,2%	0,2%
57	16	14	87,5%	2	12,5%	0,3%	0,2%
58	17	13	76,5%	4	23,5%	0,3%	0,3%
59	31	25	80,6%	6	19,4%	0,5%	0,5%
60	39	35	89,7%	4	10,3%	0,6%	0,3%
61	61	49	80,3%	12	19,7%	1,0%	1,0%
62	77	63	81,8%	14	18,2%	1,2%	1,1%
63	77	64	83,1%	13	16,9%	1,2%	1,0%
64	93	75	80,6%	18	19,4%	1,5%	1,4%
65	110	85	77,3%	25	22,7%	1,8%	2,0%
66	129	102	79,1%	27	20,9%	2,1%	2,2%
67	128	103	80,5%	25	19,5%	2,0%	2,0%
68	157	122	77,7%	35	22,3%	2,5%	2,8%
69	243	208	85,6%	35	14,4%	3,9%	2,8%
70	176	148	84,1%	28	15,9%	2,8%	2,3%
71	241	196	81,3%	45	18,7%	3,9%	3,6%
72	245	197	80,4%	48	19,6%	3,9%	3,9%
73	283	222	78,4%	61	21,6%	4,5%	4,9%
74	296	240	81,1%	56	18,9%	4,7%	4,5%
75	335	270	80,6%	65	19,4%	5,4%	5,2%
76	316	257	81,3%	59	18,7%	5,1%	4,8%
77	321	257	80,1%	64	19,9%	5,1%	5,2%
78	324	258	79,6%	66	20,4%	5,2%	5,3%
79	331	259	78,2%	72	21,8%	5,3%	5,8%
80	298	238	79,9%	60	20,1%	4,8%	4,8%
81	263	215	81,7%	48	18,3%	4,2%	3,9%
82	252	198	78,6%	54	21,4%	4,0%	4,3%
83	204	155	76,0%	49	24,0%	3,3%	3,9%
84	186	149	80,1%	37	19,9%	3,0%	3,0%

(continua ...)

(continuação...)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
85	181	145	80,1%	36	19,9%	2,9%	2,9%
86	123	101	82,1%	22	17,9%	2,0%	1,8%
87	106	89	84,0%	17	16,0%	1,7%	1,4%
88	78	62	79,5%	16	20,5%	1,2%	1,3%
89	64	50	78,1%	14	21,9%	1,0%	1,1%
90	60	48	80,0%	12	20,0%	1,0%	1,0%
91	51	42	82,4%	9	17,6%	0,8%	0,7%
92	50	35	70,0%	15	30,0%	0,8%	1,2%
93	28	22	78,6%	6	21,4%	0,4%	0,5%
94	37	28	75,7%	9	24,3%	0,6%	0,7%
95	36	28	77,8%	8	22,2%	0,6%	0,6%
96	25	18	72,0%	7	28,0%	0,4%	0,6%
97	20	13	65,0%	7	35,0%	0,3%	0,6%
98	24	18	75,0%	6	25,0%	0,4%	0,5%
99	13	12	92,3%	1	7,7%	0,2%	0,1%
100	6	4	66,7%	2	33,3%	0,1%	0,2%
101	7	5	71,4%	2	28,6%	0,1%	0,2%
102	6	4	66,7%	2	33,3%	0,1%	0,2%
103	6	4	66,7%	2	33,3%	0,1%	0,2%
104	4	3	75,0%	1	25,0%	0,1%	0,1%
105	4	3	75,0%	1	25,0%	0,1%	0,1%
106	2	0	0,0%	2	100,0%	0,0%	0,2%
107	4	1	25,0%	3	75,0%	0,1%	0,2%
108	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
110	2	2	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
114	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
Total	6248	5006	80,1%	1242	19,9%	100,0%	100,0%

Tabela A12 – Caso II - acertos e erros na leitura de placas por velocidade (ID=1)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
47	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
50	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
51	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
52	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
53	3	2	66,7%	1	33,3%	0,1%	0,2%
54	7	4	57,1%	3	42,9%	0,2%	0,6%
55	6	6	100,0%	0	0,0%	0,2%	0,0%
56	3	3	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
57	10	8	80,0%	2	20,0%	0,3%	0,4%
58	4	4	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
59	11	10	90,9%	1	9,1%	0,4%	0,2%
60	17	16	94,1%	1	5,9%	0,6%	0,2%
61	27	22	81,5%	5	18,5%	0,9%	1,0%
62	45	42	93,3%	3	6,7%	1,5%	0,6%
63	43	38	88,4%	5	11,6%	1,4%	1,0%
64	54	47	87,0%	7	13,0%	1,8%	1,4%
65	49	38	77,6%	11	22,4%	1,6%	2,2%
66	55	42	76,4%	13	23,6%	1,8%	2,5%
67	58	47	81,0%	11	19,0%	1,9%	2,2%
68	70	58	82,9%	12	17,1%	2,3%	2,4%
69	111	99	89,2%	12	10,8%	3,7%	2,4%
70	76	68	89,5%	8	10,5%	2,5%	1,6%
71	123	102	82,9%	21	17,1%	4,1%	4,1%
72	130	106	81,5%	24	18,5%	4,3%	4,7%
73	131	107	81,7%	24	18,3%	4,3%	4,7%
74	138	117	84,8%	21	15,2%	4,5%	4,1%
75	169	139	82,2%	30	17,8%	5,6%	5,9%
76	145	124	85,5%	21	14,5%	4,8%	4,1%
77	152	125	82,2%	27	17,8%	5,0%	5,3%
78	158	132	83,5%	26	16,5%	5,2%	5,1%
79	157	135	86,0%	22	14,0%	5,2%	4,3%
80	144	115	79,9%	29	20,1%	4,7%	5,7%
81	131	108	82,4%	23	17,6%	4,3%	4,5%
82	129	106	82,2%	23	17,8%	4,2%	4,5%
83	98	77	78,6%	21	21,4%	3,2%	4,1%
84	95	80	84,2%	15	15,8%	3,1%	2,9%
85	89	75	84,3%	14	15,7%	2,9%	2,7%
86	62	53	85,5%	9	14,5%	2,0%	1,8%

(continua ...)

(continuação...)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
87	53	48	90,6%	5	9,4%	1,7%	1,0%
88	47	39	83,0%	8	17,0%	1,5%	1,6%
89	39	29	74,4%	10	25,6%	1,3%	2,0%
90	29	23	79,3%	6	20,7%	1,0%	1,2%
91	20	15	75,0%	5	25,0%	0,7%	1,0%
92	23	17	73,9%	6	26,1%	0,8%	1,2%
93	21	17	81,0%	4	19,0%	0,7%	0,8%
94	22	18	81,8%	4	18,2%	0,7%	0,8%
95	19	15	78,9%	4	21,1%	0,6%	0,8%
96	12	8	66,7%	4	33,3%	0,4%	0,8%
97	8	5	62,5%	3	37,5%	0,3%	0,6%
98	10	9	90,0%	1	10,0%	0,3%	0,2%
99	8	8	100,0%	0	0,0%	0,3%	0,0%
100	3	2	66,7%	1	33,3%	0,1%	0,2%
101	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
102	4	4	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
103	4	3	75,0%	1	25,0%	0,1%	0,2%
104	2	1	50,0%	1	50,0%	0,1%	0,2%
105	4	3	75,0%	1	25,0%	0,1%	0,2%
107	1	0	0,0%	1	100,0%	0,0%	0,2%
110	2	2	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
Total	3036	2526	83,2%	510	16,8%	100,0%	100,0%

Tabela A13 – Caso II - acertos e erros na leitura de placas por velocidade (ID=2)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
47	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
49	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
51	3	3	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
52	4	3	75,0%	1	25,0%	0,1%	0,1%
53	4	3	75,0%	1	25,0%	0,1%	0,1%
54	6	6	100,0%	0	0,0%	0,2%	0,0%
55	7	5	71,4%	2	28,6%	0,2%	0,3%
56	11	9	81,8%	2	18,2%	0,3%	0,3%
57	6	6	100,0%	0	0,0%	0,2%	0,0%
58	13	9	69,2%	4	30,8%	0,4%	0,5%
59	20	15	75,0%	5	25,0%	0,6%	0,7%
60	22	19	86,4%	3	13,6%	0,7%	0,4%
61	34	27	79,4%	7	20,6%	1,1%	1,0%
62	32	21	65,6%	11	34,4%	1,0%	1,5%
63	34	26	76,5%	8	23,5%	1,1%	1,1%
64	39	28	71,8%	11	28,2%	1,2%	1,5%
65	61	47	77,0%	14	23,0%	1,9%	1,9%
66	74	60	81,1%	14	18,9%	2,3%	1,9%
67	70	56	80,0%	14	20,0%	2,2%	1,9%
68	87	64	73,6%	23	26,4%	2,7%	3,1%
69	132	109	82,6%	23	17,4%	4,1%	3,1%
70	100	80	80,0%	20	20,0%	3,1%	2,7%
71	118	94	79,7%	24	20,3%	3,7%	3,3%
72	115	91	79,1%	24	20,9%	3,6%	3,3%
73	152	115	75,7%	37	24,3%	4,7%	5,1%
74	158	123	77,8%	35	22,2%	4,9%	4,8%
75	166	131	78,9%	35	21,1%	5,2%	4,8%
76	171	133	77,8%	38	22,2%	5,3%	5,2%
77	169	132	78,1%	37	21,9%	5,3%	5,1%
78	166	126	75,9%	40	24,1%	5,2%	5,5%
79	174	124	71,3%	50	28,7%	5,4%	6,8%
80	154	123	79,9%	31	20,1%	4,8%	4,2%
81	132	107	81,1%	25	18,9%	4,1%	3,4%
82	123	92	74,8%	31	25,2%	3,8%	4,2%
83	106	78	73,6%	28	26,4%	3,3%	3,8%
84	91	69	75,8%	22	24,2%	2,8%	3,0%
85	92	70	76,1%	22	23,9%	2,9%	3,0%
86	61	48	78,7%	13	21,3%	1,9%	1,8%

(continua ...)

(continuação...)

Velocidade (km/h)	Quant. de veículos circulantes	Quant. de acertos na leitura da placa	% Acertos (em relação aos veículos circulantes)	Quant. de erros na leitura da placa	% Erros (em relação aos veículos circulantes)	% Veículos (em relação ao total de veículos circulantes)	%E (erros em relação ao total de erros)
87	53	41	77,4%	12	22,6%	1,7%	1,6%
88	31	23	74,2%	8	25,8%	1,0%	1,1%
89	25	21	84,0%	4	16,0%	0,8%	0,5%
90	31	25	80,6%	6	19,4%	1,0%	0,8%
91	31	27	87,1%	4	12,9%	1,0%	0,5%
92	27	18	66,7%	9	33,3%	0,8%	1,2%
93	7	5	71,4%	2	28,6%	0,2%	0,3%
94	15	10	66,7%	5	33,3%	0,5%	0,7%
95	17	13	76,5%	4	23,5%	0,5%	0,5%
96	13	10	76,9%	3	23,1%	0,4%	0,4%
97	12	8	66,7%	4	33,3%	0,4%	0,5%
98	14	9	64,3%	5	35,7%	0,4%	0,7%
99	5	4	80,0%	1	20,0%	0,2%	0,1%
100	3	2	66,7%	1	33,3%	0,1%	0,1%
101	6	4	66,7%	2	33,3%	0,2%	0,3%
102	2	0	0,0%	2	100,0%	0,1%	0,3%
103	2	1	50,0%	1	50,0%	0,1%	0,1%
104	2	2	100,0%	0	0,0%	0,1%	0,0%
106	2	0	0,0%	2	100,0%	0,1%	0,3%
107	3	1	33,3%	2	66,7%	0,1%	0,3%
108	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
114	1	1	100,0%	0	0,0%	0,0%	0,0%
Total	3212	2480	77,2%	732	22,8%	100,0%	100,0%

Anexo A

Entrevista/Questionário – Respostas Obtidas

