

# PTR 3514 – ITS

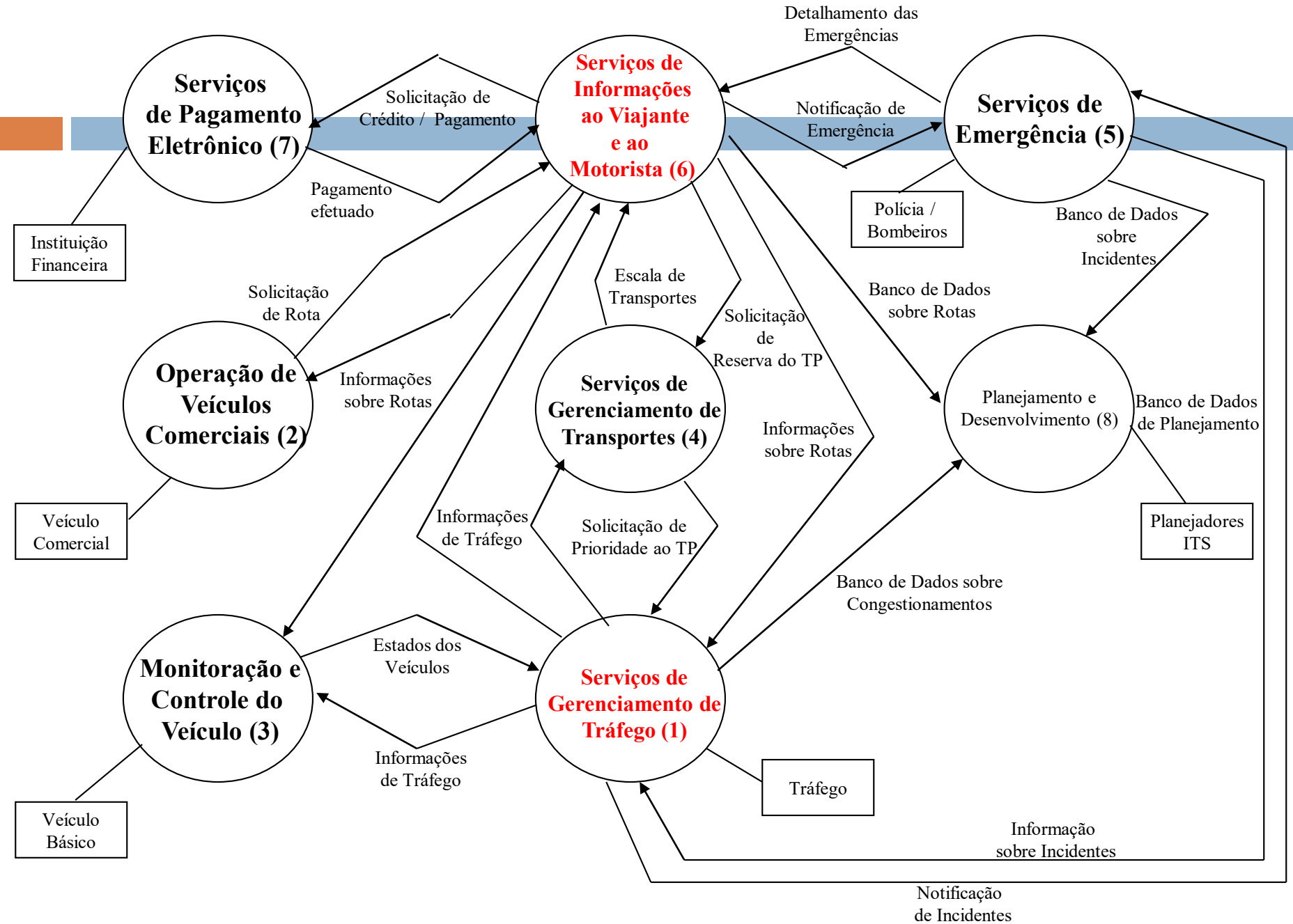


“Fundamentos” de  
Sistemas “Inteligentes” de  
Transportes (ITS)  
[Intelligent Transport Systems]

# Objetivos

- ❑ ITS visa endereçar respostas nas seguintes áreas de aplicações:
  - ❑ Multimodalidade de viagem: informações ao usuário
  - ❑ Operações na “rede de transportes”
    - Gerenciamento de Tráfego
    - Gerenciamento do Transporte Público de Rota Fixa (TPC)
  - ❑ Operação de Veículos
    - Outras frotas, exceto o TPC de “rota fixa”
    - Mobilidade e conectividade da carga
  - ❑ Atividades de coordenação e resposta relacionadas à emergências e desastres
  - ❑ Estratégias de tarifação variável para (cargas) e viagens pessoais

# Diagrama simplificado da **Arquitetura Lógica** do Modelo Nacional Americano de ITS



# ATMS

## Gerenciamento de Tráfego

**ITMS:** **Intelligent** (Advanced)  
Traffic Management Services

AHS: Advanced Highway Services

# 14813 -1: Arquitetura(s) de modelo de referência para o setor de ITS



# 14813 – 1: Domínios de serviços (grupos) ITS

## Arquitetura de referência de ITS

### 2. Operações e gerenciamento de tráfego

2.1 Gerenciamento e controle de tráfego

2.2 Gerenciamento de incidentes relacionados ao transporte

2.3 Gerenciamento de demanda

2.4 Gerenciamento de manutenção da infraestrutura do transporte

2.5 Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito

# ABNT/ISO 14813-1: Grupo de serviços “operações e gerenciamento de tráfego”

- **Definição do Grupo de Funcionalidades** [PROPÓSITO (o que é ?)]
  - ▣ Tratam especificamente da manutenção da **circulação de pessoas, mercadorias e veículos** em toda a rede de transportes
  - ▣ Incluem atividades de **monitoramento e controle automatizadas** que tratam de:
    - **incidentes** em tempo real e outros **distúrbios na rede de transporte**
    - **gerenciamento da demanda** de viagens conforme necessário para manter a mobilidade total
  - ▣ Este grupo de serviço inclui também as atividades relacionadas as **rodovias inteligentes**

# Operações e gerenciamento de tráfego (Traffic Management):

## Serviços/funções envolvidas

- **Gerenciamento e controle de tráfego**
  - ▣ Traffic Management and Control (AUTROADS)
  - ▣ Traffic Control (CANADA)
- **Gerenciamento de incidentes relacionados ao transporte**
  - ▣ Incident Management (AUTROADS / CANADA)
- **Gerenciamento de demanda**
  - ▣ Demand Management (AUTROADS)
  - ▣ Travel Demand Management (CANADA)
- **Gerenciamento de manutenção da infraestrutura do transporte**
  - ▣ Infrastructure Maintenance Management (AUSTROADS)
- **Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito**
  - ▣ Policing / Enforcing Traffic Regulations (AUTROADS)
  - ▣ Automated Dynamic Warning and Enforcement (CANADA)
  - ▣ Emissions Testing And Mitigation (CANADA)



# 14813 – 1: Domínios de serviços (grupos) ITS

## Arquitetura de referência de ITS

### 2. Operações e gerenciamento de tráfego

2.1 Gerenciamento e controle de tráfego

2.2 Gerenciamento de incidentes relacionados ao transporte

2.3 Gerenciamento de demanda

2.4 Gerenciamento de manutenção da infraestrutura do transporte

**2.5 Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito**

# Operações e gerenciamento de tráfego: (ABNT/ISO 14813-1)

## Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito

- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
  - ▣ Este grupo de serviços abrange a aplicação de tecnologias de ITS para auxiliar na fiscalização e no cumprimento das leis de tráfego
  - ▣ Exemplos:
    - controle de acesso
    - prioridade à faixa exclusiva do TP
    - fiscalização de estacionamento regulamento
    - controle do limite de velocidade
    - sinalização semafórica
      - por exemplo - violação da luz vermelha
    - monitoramento de emissões

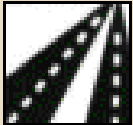
# Operações e gerenciamento de tráfego:

## Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito

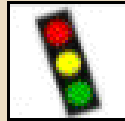
- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
  - ▣ Os serviços utilizados para garantir o cumprimento das leis e regras de trânsito, por meio da identificação e punição de veículos infratores, incluem:
    - **Fiscalização de infrações de trânsito**
      - desobediência a sinais de trânsito, 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
    - **Fiscalização de irregularidades administrativas:**
      - IPVA atrasado,
      - licenciamento vencido,
      - não realização de inspeção veicular
    - **Controle do monitoramento de emissões**

# RITA - ITS: Áreas de Aplicação

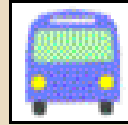
## INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE



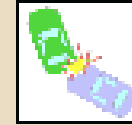
Controle de Rodovias



Controle de Tráfego Urbano



Gestão de Transporte de Passageiros



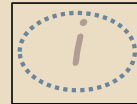
Gestão de Incidentes



Gestão de Emergências



Meios Eletrônicos de Pagamento e Tarifação



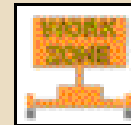
Informação ao Usuário



Gestão da Informação



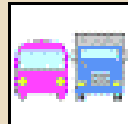
Prevenção de Acidentes e Segurança



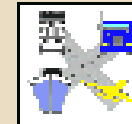
Operação e Manutenção Rodoviária



Gerenciamento das Condições Climáticas



Operação de Veículos Comerciais

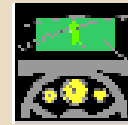


Integração Inter-modal de Viagens

## VEÍCULOS INTELIGENTES



Sistema de Prevenção de Colisões



Sistema de Atendimento ao Motorista

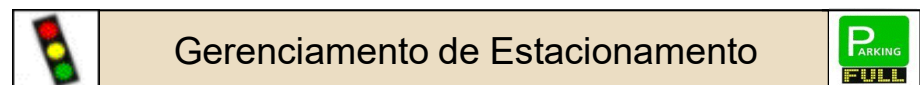
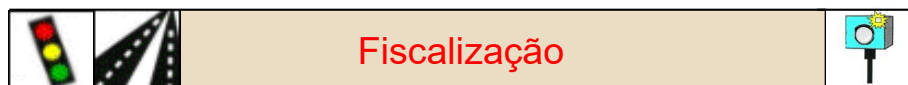
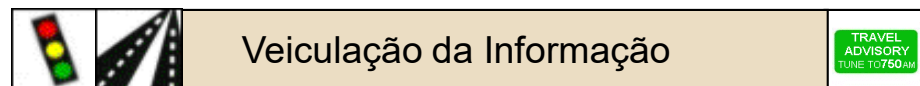
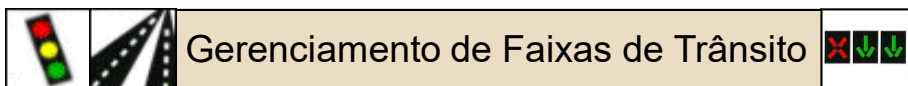
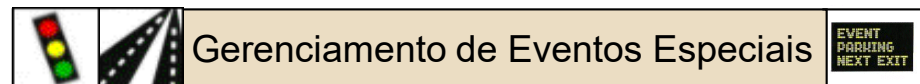
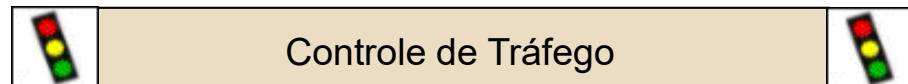
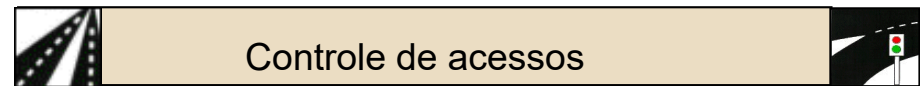
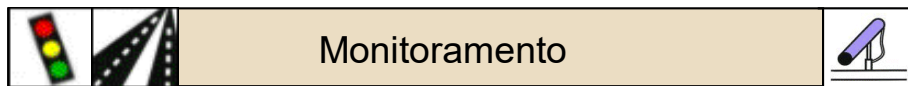


Sistema de Notificação de Colisão

# INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE

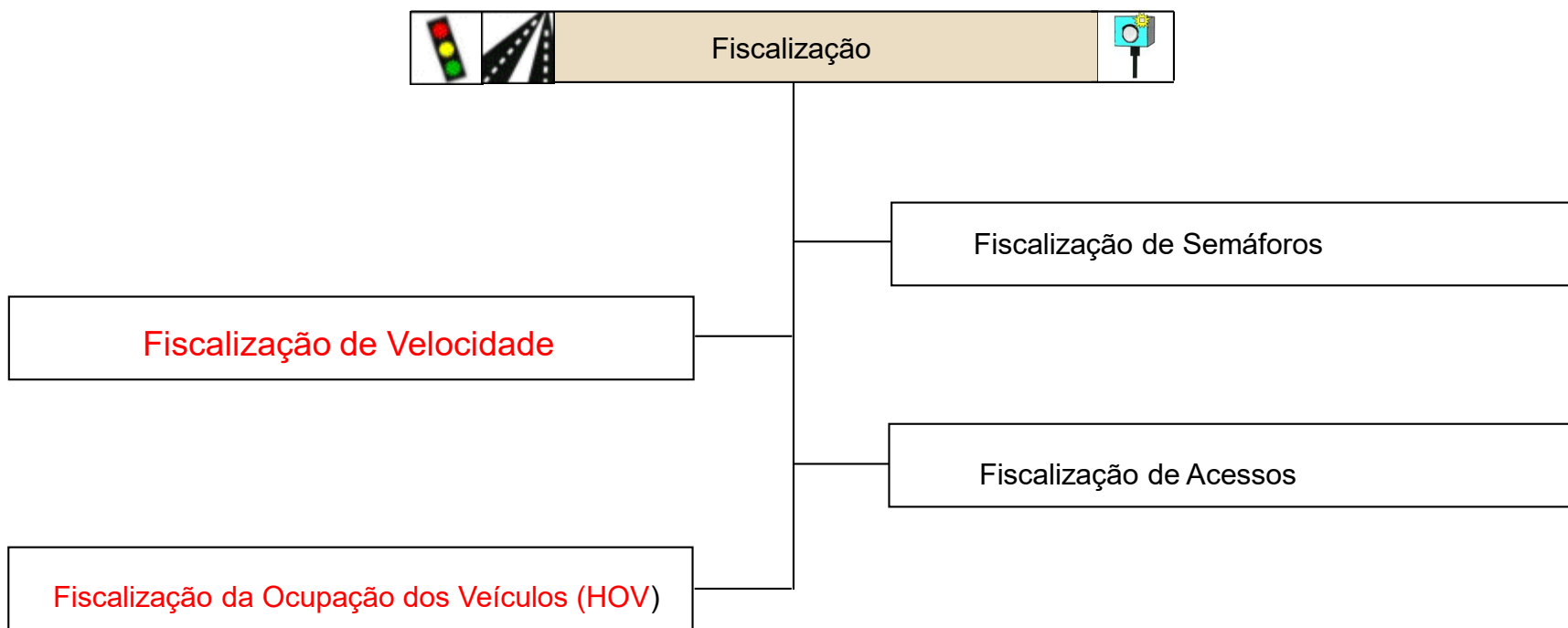
## CONTROLE DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO (RURAL) E URBANO

Sistemas de gestão do tráfego: monitoram vias e veículos - coletam dados - produzem informações para ajudar a decidir as ações operacionais – utilizam os recursos dos sistemas para implementar melhorias na segurança e fluidez das vias - disseminam aos usuários informações sobre as condições do percurso através de tecnologias variadas, objetivando a racionalização e conforto dos deslocamentos.



# INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE

## CONTROLE DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO (RURAL) E URBANO



# OS SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO VEICULAR, EM ESPECIAL O RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE PLACAS

ELY BERNARDI



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

Área de Concentração:  
Engenharia de Transportes

2015

Orientador:  
Prof. Dr. Cláudio L. Marte

**OS SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO VEICULAR, EM ESPECIAL O RECONHECIMENTO  
AUTOMÁTICO DE PLACAS**

**ELY BERNARDI**

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-11052016-162646/>

**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 L. Marte**

**2015**





# **Alguns exemplos de falhas na identificação**

# Falhas: “poluição” na extração da imagem

Eqpto DER.:00000211 Data:01/11/2009 Hora:10h 17min 21s Vel. Regul.:070 km/h Vel. Medida:098 km/h  
Local:Rodovia:SP-150 Acesso:000 km:021 Metros:100 Sentido:Norte Faixa:1 Imagem N.:114681 Placa:JGS2120



# Falhas: placa escondida

Eqpto DER.:00000211 Data:01/11/2009 Hora:10h 15min 52s Vel. Regul.:070 km/h Vel. Medida:094 km/h  
Local:Rodovia:SP-150 Acesso:000 km:021 Metros:100 Sentido:Norte Faixa:1 Imagem N.:114660 Placa:





# **Sistemas de Reconhecimento Automático de Placas**

## **Descrição Sistêmica no Modelo de Camadas**

# Controle Integrado de Tráfego e Mobilidade

## Elementos Lógicos Centralizados

Sistema de configuração, monitoramento, visualização e análise  
Sistema de emissão de relatórios  
Sistema de auditoria    Sistema de comunicação

## Elementos Lógicos Locais


OCR    Gerenciador de banco de dados de decisão    Sistema supervisor e de decisão  
Sistema de comunicação  
Configuração local    Cadastro de veículos manométrico    Dados de tráfego    Perfil

## Elementos Físicos

Sensor de detecção    Câmeras    Iluminadores  
Gabinete (CPU, HD, fontes, no-break, régua de alimentação)  
Equipamentos de telecomunicações

## Infraestrutura

Rede de telecomunicações  
Rede de energia    Infraestrutura da via



# **Proposta de Classificação de Falhas (considerando o modelo sistêmico de camadas)**

# Proposta de classificação de falhas (I)

| 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.  |
|                   | <b>Câmeras</b>   | <b>Posicionamento em relação ao iluminador, foco.</b>  | <b>Posição do veículo e posição relativa entre veículos; vandalismo.</b>  |
|                   | Iluminadores   | Posicionamento em relação à câmera.  | Luminosidade externa. Vandalismo  |
|                   | Gabinete (CPU, HD, fontes, no-break, 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   |   |

# Proposta de classificação de falhas (II)

| Camadas                  |  | Fontes de Falhas  |   |
|--------------------------|--|---|---|
|                          |  | Intrínsecas   | Extrínsecas   |
| 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   |   |





# **Análise Experimental**

# Análise experimental

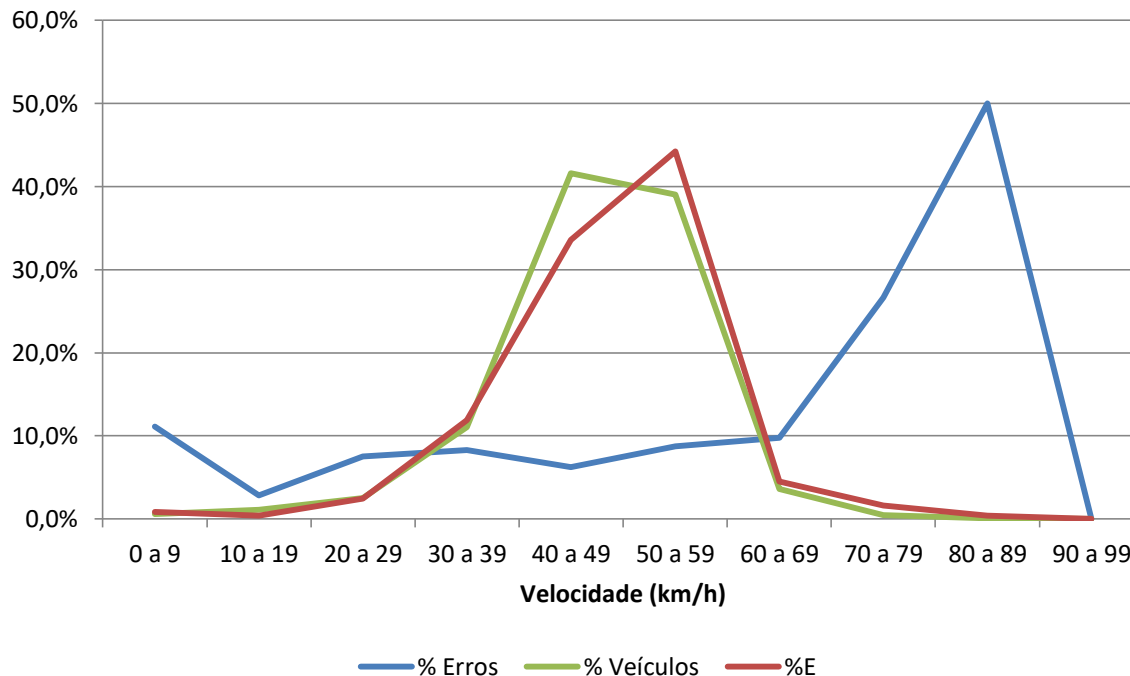
- Analisar e compreender variáveis que podem influenciar na identificação: erros x velocidade, período do dia, tecnologia.
- Dados provenientes de testes realizados entre 2008 e 2013 em vias urbanas, para fiscalização automática de diversas infrações, e em rodovias, para fiscalização de velocidade e de irregularidades administrativas
- Análises: leitura correta de placas; aproveitamento de imagens de infratores; e leitura correta com câmeras de vídeo



# Leitura de placas, radar fixo (I)

## Caso I, via urbana

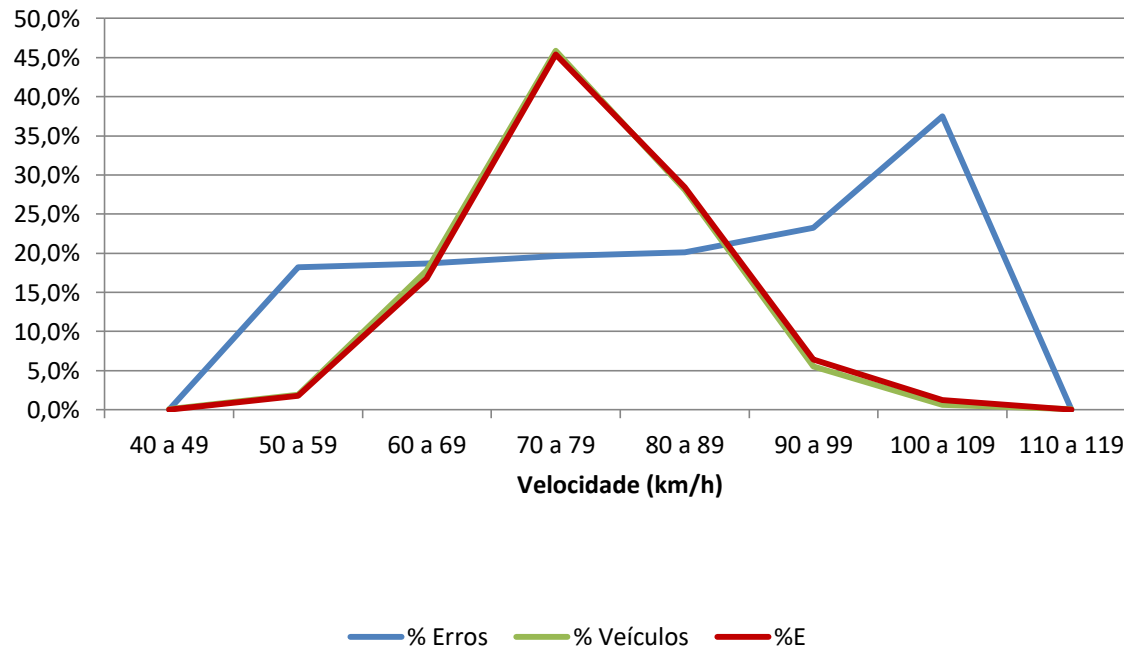
- Amostra de cerca de 800 veículos por solução (4 soluções), excluídas motos e placas ilegíveis
- Índices de acerto variaram entre 87% e 96%
- Comportamento dos erros em função da velocidade:



# Leitura de placas, radar fixo (II)

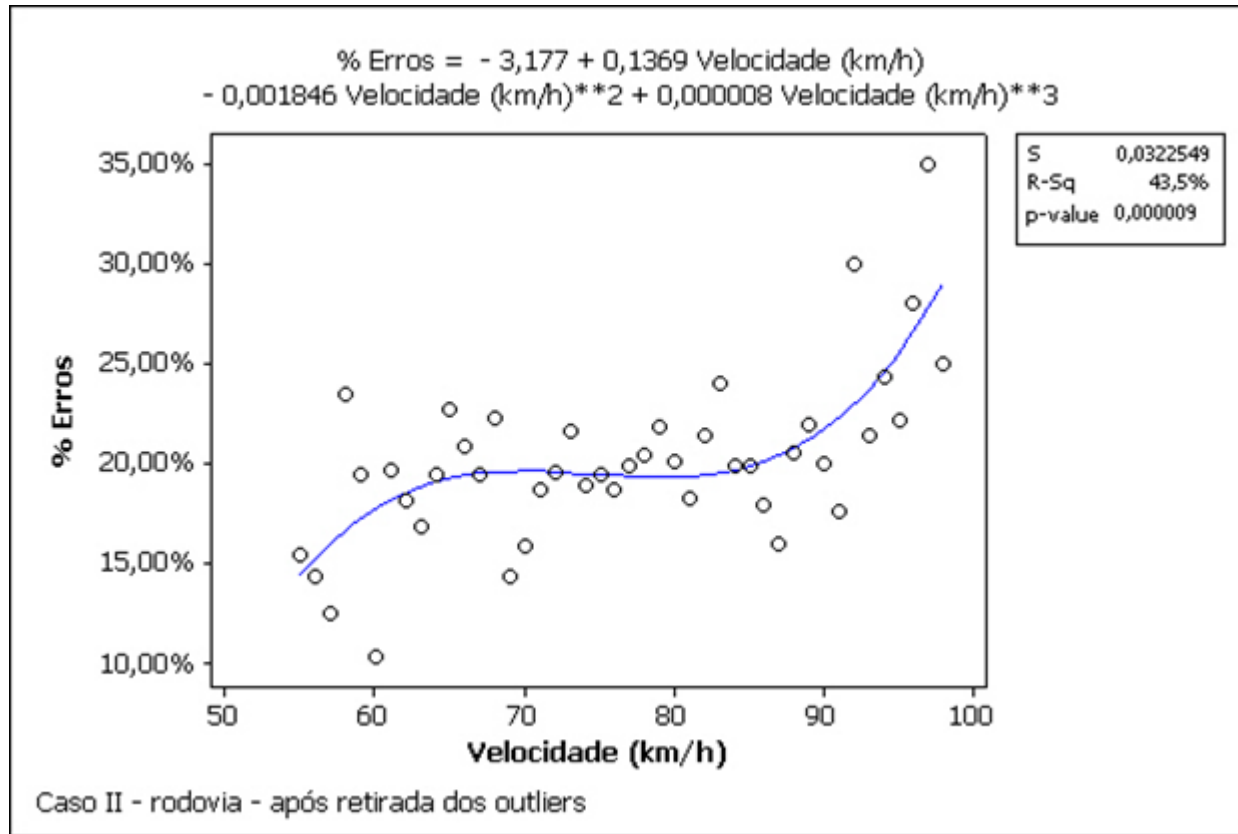
## Caso II, rodovia

- Amostra de cerca de 3300 veículos por solução (2 soluções), excluídas motos e placas ilegíveis
- Índices de acerto variaram entre 72% e 83%
- Comportamento dos erros em função da velocidade



# Leitura de placas, radar fixo (III)

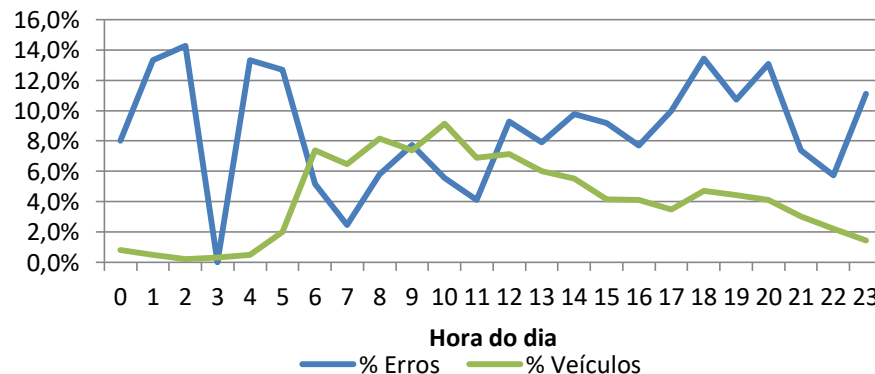
## Modelo encontrado para o Caso II



# Leitura de placas, radar fixo (V)

## Influência do horário de captura

- O Caso I foi utilizado para avaliar o comportamento dos erros em função do horário de circulação do veículo; não foi possível obter correlação matemática.
- No entanto, **observou-se clara tendência de aumento no número de erros após as 12 horas**, provavelmente provocado pela influência do sol que apontava na direção traseira dos veículos (direção da captura) após esse horário (efeito bastante citado na literatura).



# Aproveitamento de imagens de infratores (I)

## Radar fixo, via urbana

- Caso A: 8 soluções (2008)
- Caso B: 6 soluções (2008)
- Caso C: 4 soluções (2013)

Obs.: Foram excluídos dados de soluções que não atenderam exigências mínimas

| Tipo de Infração | Caso A                           | Caso B      | Caso C     |
|------------------|----------------------------------|-------------|------------|
|                  | Média de acertos (Desvio Padrão) |             |            |
| Rodízio          | 89% (5,0%)                       | 80% (12,3%) | 91% (2,8%) |
| ZMRC             | 80% (9,4%)                       | 91% (3,9%)  | 88% (7,8%) |
| Velocidade       | 98% (1,9%)                       | 90% (12,3%) | 92% (2,9%) |
| Invasão faixa    |                                  | 93% (4,5%)  | 88% (9,1%) |
| Todas            | 88% (9,5%)                       | 89% (10,0%) | 89% (7,1%) |

# Aproveitamento de imagens de infratores (II)

## Conclusões

- **Máximo valor obtido: 98 %** para infração de velocidade
- De 61 índices de aproveitamento obtidos, apenas cinco foram inferiores a 75%
- **A média de aproveitamento foi de 88%**, com pequena variação entre os casos
- **O menor desvio padrão obtido foi para o teste realizado mais recentemente**



# Leitura de placas, câmera de vídeo

## Câmera de vídeo, rodovia

- Duas soluções, em modo estático (aproximação e afastamento) e embarcado (velocidade superior, inferior e sentido oposto)

| Solução testada | Veículos circulantes | Veículos identificados corretamente | Índice de identificação correta |
|-----------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Estático 1      | 1681                 | 1244                                | 74%                             |
| Estático 2      | 1681                 | 1378                                | 81%                             |
| Embarcado 1     | 541                  | 406                                 | 75%                             |
| Embarcado 2     | 638                  | 480                                 | 75%                             |

**Conclusão:** índices de acerto variaram entre 74% e 81%, bem próximos ao Caso II, radar fixo

# Leitura Recomendada - 1

- PIARC Committee on Intelligent Transport. **ITS Handbook 2000 – Recommendations from the World Road Association (PIARC)**. Boston, Mass.: 1999. 434p.
- **ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos. Sistemas Inteligentes de Transportes. Série Cadernos Técnicos – Volume 8. São Paulo. Maio de 2012.**
  - **Artigo 8: ITS em Rodovias Brasileiras**

# Leitura Complementar (2)

- **DNIT – Deptº Nacional de Infraestrutura de Transportes.**
  - **Artigo DNER / Publicação IPR-699: Procedimentos Básicos para Operação de Rodovias. 1997**

# PTR3514 – “Fundamentos” de ITS

- Claudio L. Marte
  - Tel (Poli): 999 183 655
  - E-mail: [claudio.marte@usp.br](mailto:claudio.marte@usp.br)
  
- STOA:
  - PTR3514\_2sem20
  - Sistemas Inteligentes de Transporte