

# PTR 2580 – Fundamentos de ITS

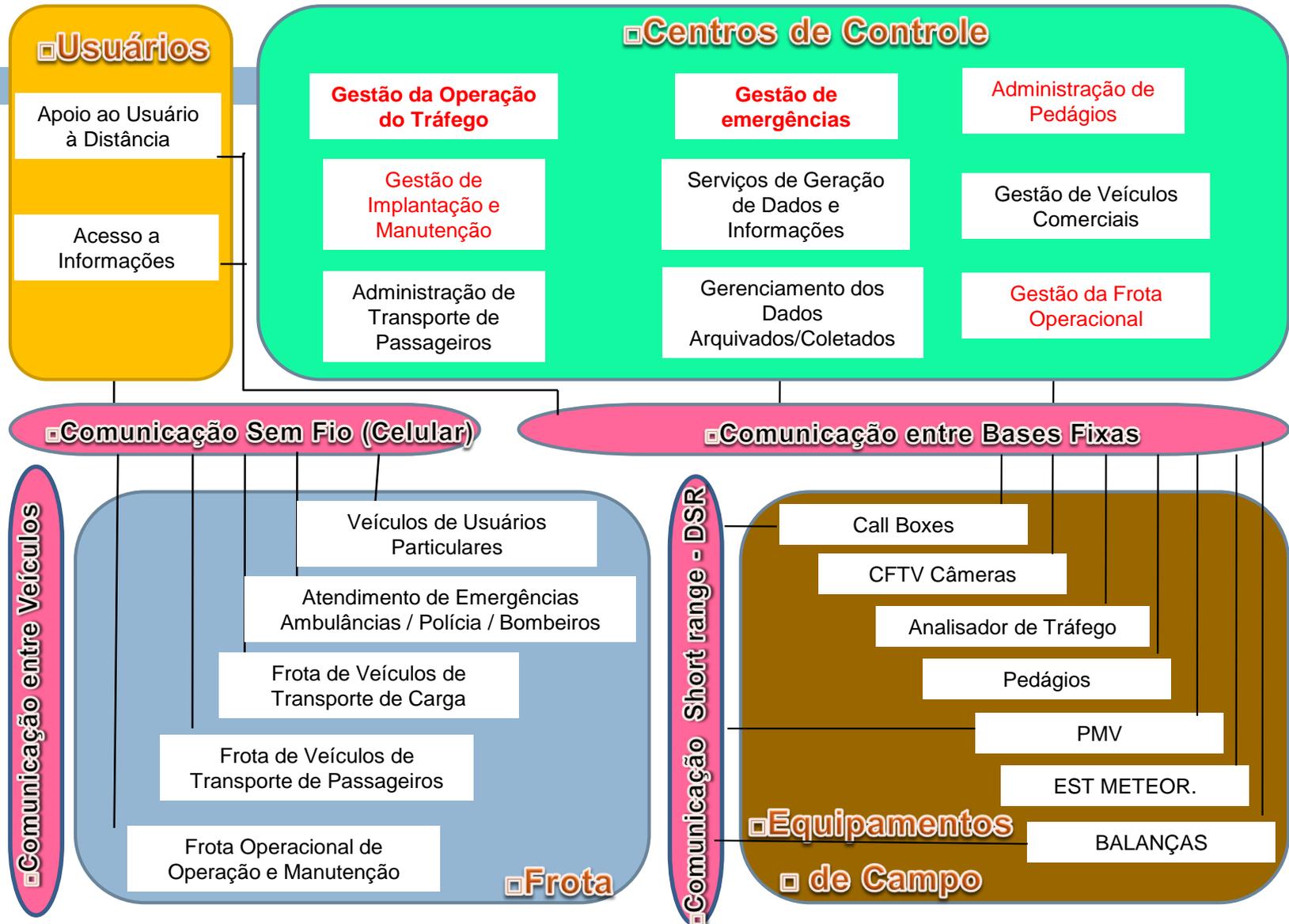


“Fundamentos” de  
Sistemas “Inteligentes” de  
Transportes (ITS)  
[Intelligent Transport Systems]

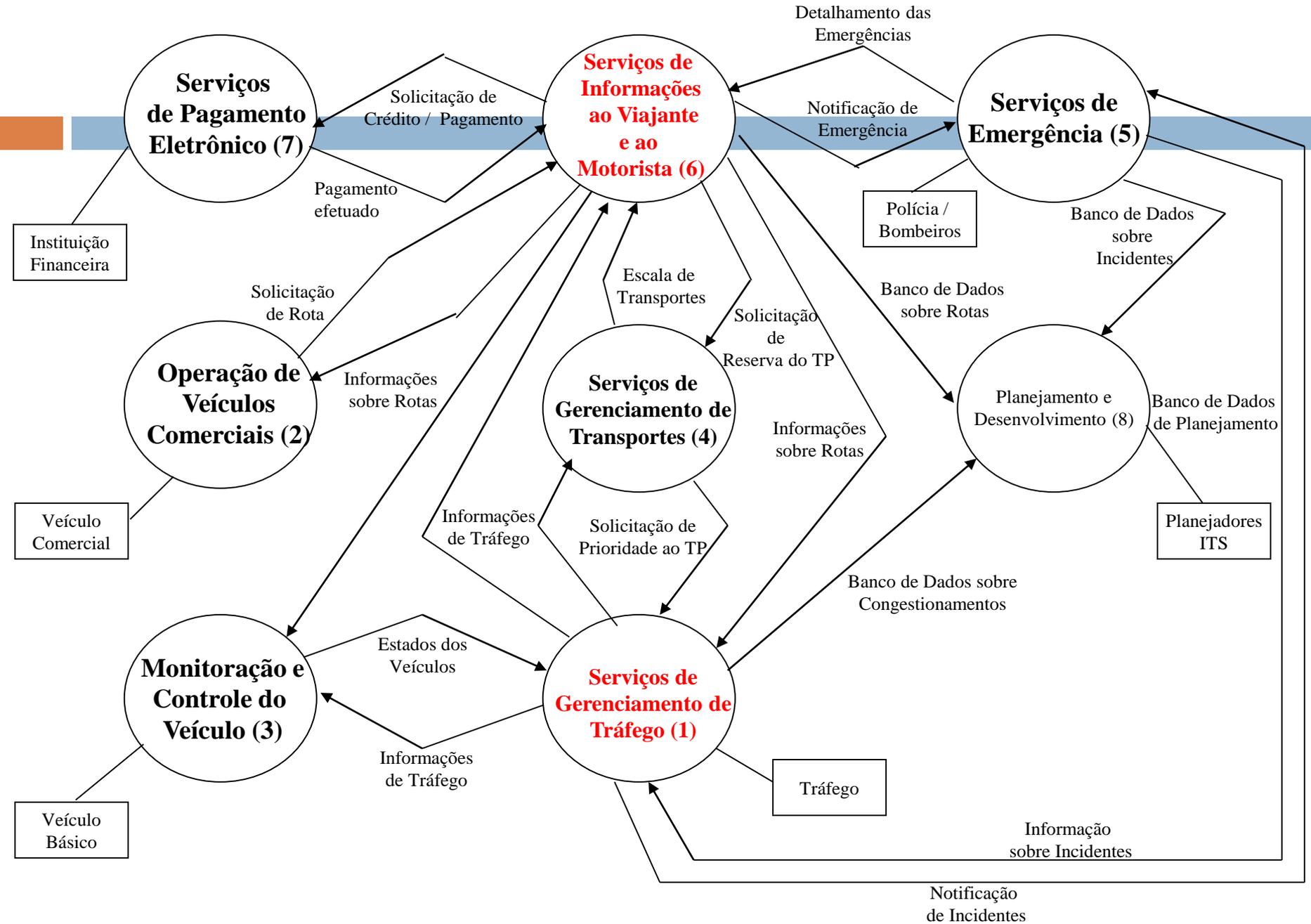
# Objetivos

- **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 de Interconexão da **Arquitetura Física** do Modelo Nacional Americano de ITS



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



# □ Macro-Programação

		Planejamento da Disciplina. Pacotes de Serviços (e Funções) ITS. Arcabouço Conceitual e Metodológico - Arquiteturas ITS
Parte 1	Introdução	
<b>Parte 2</b>	<b>Informações ao Usuário [ITIS]</b> <b>Gerenciamento de Tráfego [IHS / ITMS]</b>	<b>Cenário Interurbano</b> - Supervisão Aplicada as Rodovias. Fiscalização do cumprimento de regras de trânsito. Serviços de Apoio aos Usuários (SAU). <b>Cenário Urbano</b> - Gerenciamento de Incidentes. Controle do Fluxo e da Demanda.
Parte 3	Gerenciamento de Frotas [IPTS, CVO]	<b>Cenário Urbano:</b> Operação do Transporte Público (TP) de “Rota Fixa”. Gestão de Frotas e dos Serviços Prestados. Prevenção e Segurança. Coordenação Multimodos. BRTs (Bus Rapid Transit) Transporte sob Demanda. Processos relacionados ao Veículo Comercial (Baldeações Modais). Gerenciamento de Frotas para o Transporte de Cargas.

# Leitura Recomendada – Aula 5

- AUSTRROADS
  - ▣ **Freeway Traffic Flow under Congested Conditions: Literature Review. AP-R318/08.**
  - ▣ **Para ser respondido no STOA até 4/5**

# 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:

## AUSTROADS

- **Definição do Grupo de Funcionalidades [PROPÓSITO (o que é ?)]**
  - ▣ “O domínio **Gestão de Tráfego e Operações** aborda especificamente a manutenção do movimento de pessoas, mercadorias e veículos em toda a rede de transportes
  - ▣ Inclui tanto o monitoramento automatizado e atividades de controle, bem como processos de decisão (tanto automática e manual) que **endereçam, em tempo real, incidentes e outras perturbações na rede de transporte**, bem como a **gestão da demanda de viagens** necessárias para manter a mobilidade geral.”

# Table 11 ITS Service Domain Priorities

ITS Service Domain	Priority
Traffic Management	1
Public Transport	2
Personal Safety	3
Vehicle	4
Disaster Response Management and Coordination	5
Emergency	6
Traveller Information	7
Weather & Environmental Conditions Monitoring	8
Electronic Payment	9
Freight Transport	10
National Security	11

AUSTORROADS. **Defining Applicability of International Standards for Intelligent Transport Systems (ITS)**. AP-R338/10. 2010

Págs 51 à 54, em especial

# Table 12 ITS Service Group Priorities

Service Group	Service Group Priority	Service Domain	Service Domain Priority
Incident Management	1	Traffic Management	1
Traffic Management and Control	2	Traffic Management	1
Public Transport Information	3	Public Transport	2
Safety Readiness	4	Vehicle	4
Transport Planning Support	5	Traffic Management	1
Policing / Enforcing Traffic Regulations	6	Traffic Management	1
Collision Avoidance	7	Vehicle	4
Emergency Notification And Personal Security	8	Emergency	6
Public Transport Management	9	Public Transport	2
On-Trip Route Guidance And Navigation	10	Traveller Information	7
On-Trip Information	11	Traveller Information	7
Emergency Vehicle Management	12	Emergency	6

# Table 12 ITS Service Group Priorities

Service Group	Service Group Priority	Service Domain	Service Domain Priority
Demand Management	13	Traffic Management	1
Pre-Crash Restraint Deployment	14	Vehicle	4
Coordination with Emergency Agencies	15	Disaster Response Management and Coordination	5
Pre-trip Information	16	Traveller Information	7
Safety Enhancement For Vulnerable Road Users	17	Personal Safety	3
Infrastructure Maintenance Management	18	Traffic Management	1
Safety Provisions for Pedestrians Using Intelligent Junctions Links	19	Personal Safety	3
Hazardous Material And Incident Notification	20	Emergency	6
Disaster Response Management	21	Disaster Response Management and Coordination	5
Pre-Trip Route Guidance and Navigation	21	Traveller Information	7
Electronic Financial Transactions	23	Electronic Payment	9
Weather Monitoring	24	Weather & Environmental Conditions Monitoring	8
Management of Dangerous Freight	25	Freight Transport	10
Public Travel Security	26	Personal Safety	3

# 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 (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)

# Operações e gerenciamento de tráfego (Traffic Management):

## Variantes (outros tipos) de serviços

### □ Highway-Rail Intersection (CANADA)

- AUSTRROADS – tratado em “Traffic Management and Control”

- A gestão e controle das interseções entre rodovia e ferrovia usa tecnologias ITS para fornecer um melhor controle

- a fim de evitar ou diminuir a gravidade das colisões que ocorrem entre trens e veículos nestas interseções

### □ Non-Vehicular Road User Safety (CANADA)

- Sistemas que avisam os condutores quanto ao perigo iminente e proporcionam uma aplicação eletrônica de controle de tráfego e regulamentação



# 17th ITS World Congress, Busan, 2010

October 25-29, 2010 BEXCO, Busan, Korea

## 3. Traffic Management

- 3.1 Traffic Control and Congestion Management
- 3.2 Traffic Surveillance and Enforcement
- 3.3 Intelligent Demand Management
- 3.4 Traffic Incident and Work Zone Management
- 3.5 Emission / Climate / Weather Related Traffic Management
- 3.6 Parking Management and Access Control
- 3.7 Modeling and Simulation

# Centro de Controle do Tráfego de Paris (França)

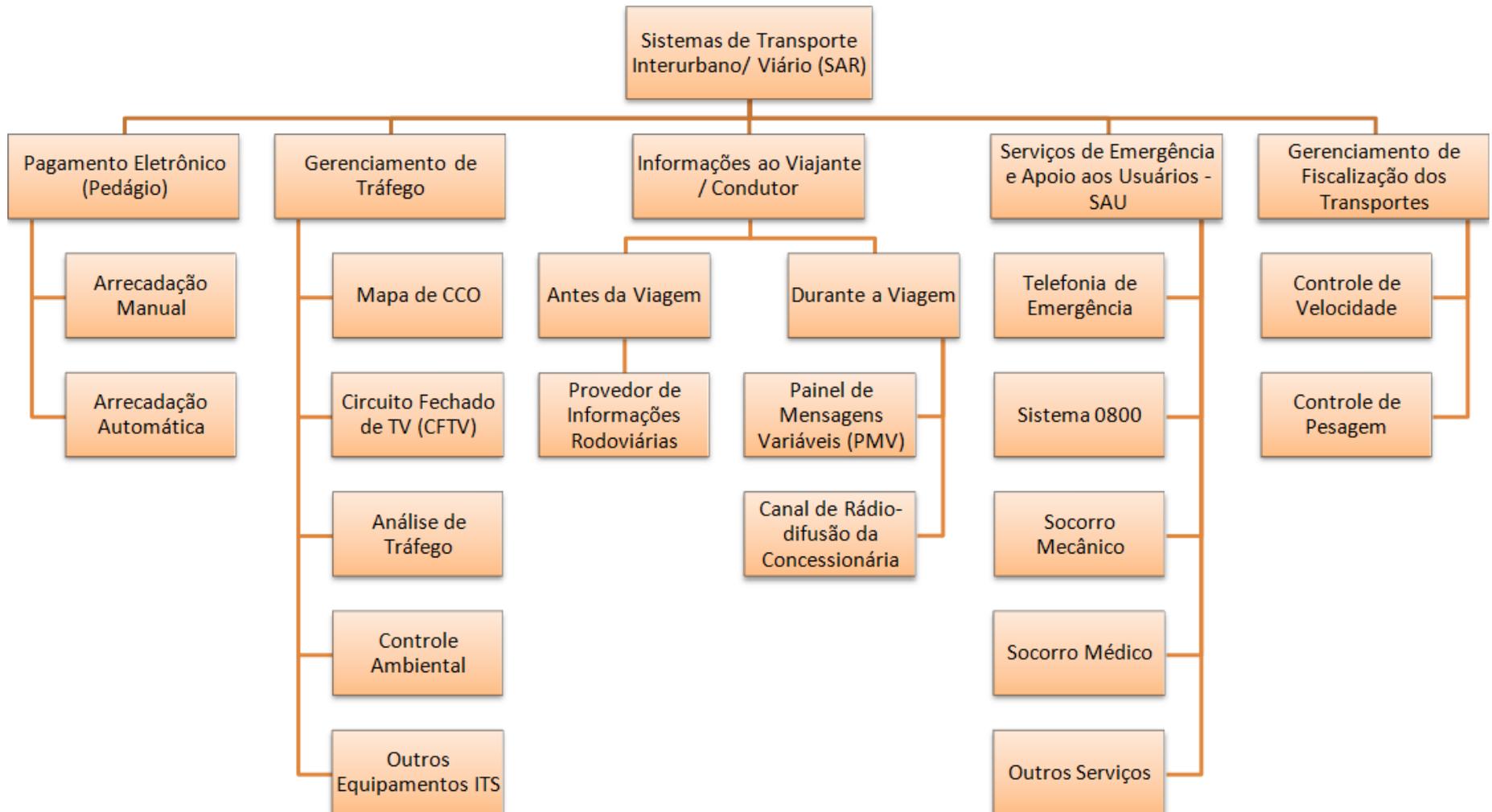


# Exemplo de ITS em Rodovias



# Ger. de Tráfego em Rodovias

## Serviços/funções envolvidas



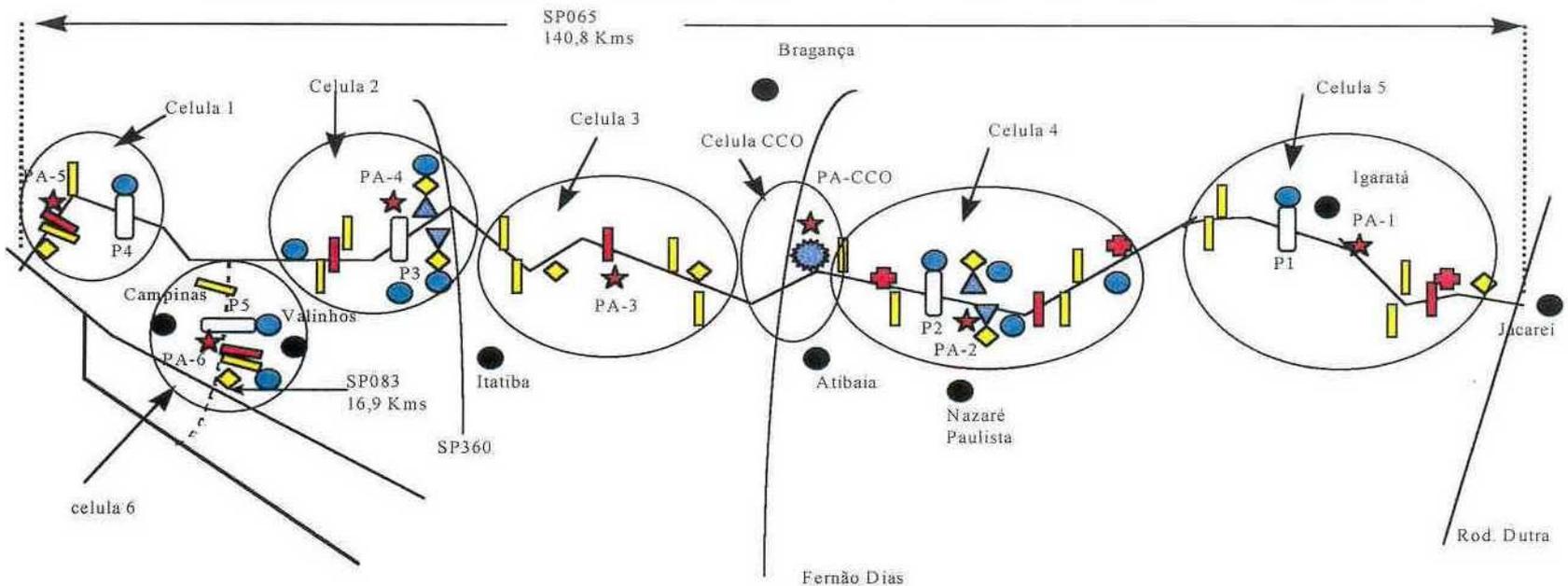
# ITS em Rodovias

## Serviços:

- **controle de tráfego**
  - contagens volumétricas
  - contagens classificatórias
  - movimentos de conversão em interseções
- **gerência de incidentes**
- **gerência de demanda**
- **policciamento e fiscalização:**
  - pesagem e inspeção de carga em movimento
  - rastreamento de carga, perigosa inclusive
  - rastreamento e inspeção de veículos
  - controle de velocidade
- **Inspeção rotineira de tráfego**

# Representação de equipamentos ITS e áreas atendidas em rodovias

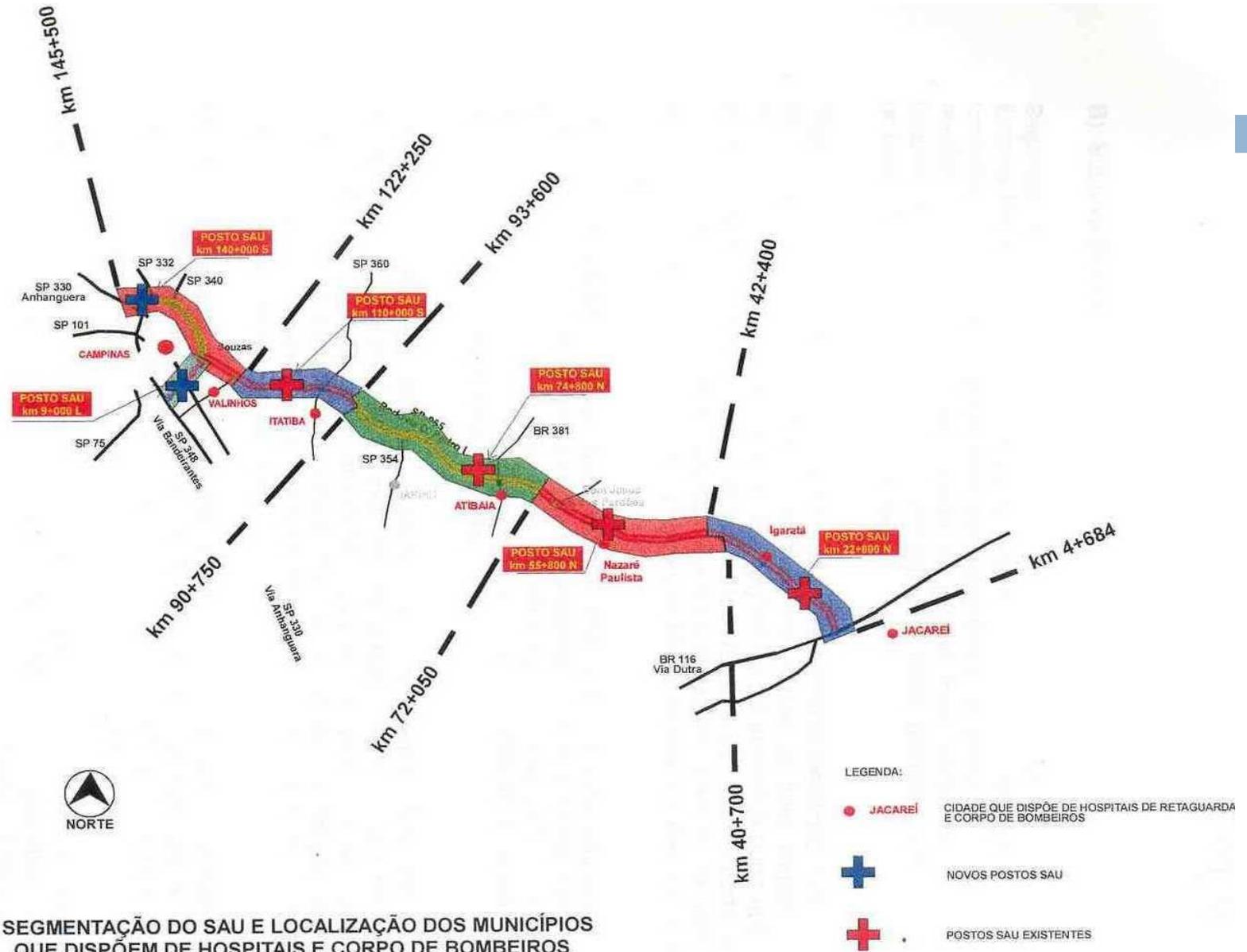
## Arquitetura Geral da Localização dos Equipamentos



- Praças de Pedágio, P1 - km 18+140 da SP065  
 P2 - km 55+800 da SP065  
 P3 - km 110+000 da SP065  
 P4 - km 140+700 da SP065  
 P5 - km 9+060 da SP083
- 4 Postos de Controle/Controle de Peso  
 Posto Geral de Fiscalização (ver ilustração adicional)
- 1 CCO (c/ Mux 4E1 e PA-CCO)
- 9 PMV

- 7 Multiplex de Dados/Imagem/Ponto de Acesso a RCD-F.O. ( PA -1 a 6 + PA-CCO)
- 6 SAT fixos
- 18 Pontos de Medição p/ SDV Móvel
- 12 CFTV
- 276 CallBox a cada 1 km nos 2 sentidos na SP065 (ver desenho do CallBox)
- 30 Call Box a cada 1 km nos 2 sentidos na SP083
- 3 Sensores de Visibilidade

# Representação de pontos de atendimento a incidentes em rodovias



# BASE ITS INSTALADA NAS RODOVIAS DO BRASIL (2008/2011)

O SISTEMA RODOVIÁRIO BRASILEIRO POSSUIA EM 2008 DA ORDEM DE **12.496,77 (13.781) KM** [da ordem de 15.000 Km] DE RODOVIAS CONCESSIONADAS, ONDE EXISTE O EMPREGO DE APLICAÇÕES ITS PARA APOIO À OPERAÇÃO.

AS CONCESSÕES CONCENTRAM-SE EM OITO ( **9 ?** ) ESTADOS: BAHIA, ESPÍRITO SANTO, MINAS GERAIS, PARANÁ, **PERNAMBUCO**, RIO GRANDE DO SUL, RIO DE JANEIRO, SANTA CATARINA E SÃO PAULO, COM **44 LOTES** [da ordem de 50 lotes] CONCESSIONADOS.

# BASE ITS INSTALADA NAS RODOVIAS DO BRASIL

Fonte: ABCR e sites das Concessionárias (2006 ?)

	BAHIA		ESPÍRITO SANTO		MINAS GERAIS		PARANÁ	
	TOTAL	ÍNDICE km	TOTAL	ÍNDICE km	TOTAL	ÍNDICE km	TOTAL	ÍNDICE km
Praça de Pedágio	1	217,17	2	33,75	6	66,40	23	95,87
Call Box	34	6,39	0		0		3	735,04
PMV	0		4	16,88	0		2	1102,56
Câmera CFTV	1	217,17	9	7,50	0		145	15,21
Pesagem	0		6	11,25	0		15	147,01
Fiscalização de Velocidade	0		4	16,88	0		0	
Analisador de Tráfego	0		2	33,75	0		0	
Estação Meteorológica	0		0		0		0	
	RIO GRANDE DO SUL		RIO DE JANEIRO		SÃO PAULO		RODOVIAS FEDERAIS INTEREST.	
	TOTAL	ÍNDICE km	TOTAL	ÍNDICE km	TOTAL	ÍNDICE km	TOTAL	ÍNDICE km
Praça de Pedágio	35	70,67	19	47,98	89	43,62	33	70,95
Call Box	223	11,09	174	2,25	3808	0,94	800	0,73
PMV	20	123,67	21	18,63	141	25,25	32	18,21
Câmera CFTV	144	17,18	63	6,21	625	5,70	23	25,33
Pesagem	16,00	154,58	5	78,23	91	39,13	13	44,82
Fiscalização de Velocidade	0		0		86	41,40	25	23,30
Analisador de Tráfego	0		0		73	48,78	0	
Estação Meteorológica	0		0		12	296,73	6	97,10

MLFF = Multi Lane Free Flow

# 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 (Traffic Management) :

## Serviços/funções envolvidas

- Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego
  - ▣ Traffic Management and Control (AUTROADS)
  - ▣ Traffic Control (CANADA)
- **Gerenciamento de incidentes relacionados (à rede de transportes)**
  - ▣ 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)

# Operações e gerenciamento de tráfego:

## Gerenciamento de incidentes relacionados (à rede de) transportes

- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
  - ▣ **AUSTROADS:** Este grupo de serviços permite **detectar e responder a vários incidentes na rede de transportes**, que podem envolver eventos iniciados na própria rede, bem como eventos oriundos de fontes externas (por exemplo, desastres naturais, ataques terroristas)
  
  - ▣ **ITS\_CANADA (adaptado):** O **Gerenciamento de incidentes relacionados à rede de transportes** utiliza sensores, processamento de dados e comunicações para melhorar o gerenciamento de incidentes e capacidades de resposta aos incidentes.  
Este serviço ajuda a **identificar de forma rápida e com precisão os incidentes e implementar uma resposta que minimiza o congestionamento do tráfego e os efeitos desses incidentes sobre o meio ambiente e no movimento de pessoas e bens**

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

## Gerenciamento de incidentes relacionados (à rede de) transportes

- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
  - ABNT/ISO 14813-1: provê a **capacidade de detectar e responder a vários incidentes na rede de transportes, que envolve especificamente condições iniciadas na própria rede**
    - não são tratados aqui, por ex., incidentes provocados por fontes externas
    - por exemplo: desastres naturais, ataques terroristas

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

## Gerenciamento de incidentes relacionados (à rede de) transportes

- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
  - Os exemplos de **atividades de gerenciamento de incidentes** incluem:
    - Informações no local de ocorrência do incidente
    - Detecção e confirmação de incidentes
    - 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 feridos, remover o incidente e restaurar a operação normal em tempo hábil**
    - **Análise da implicação do incidente 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, em conjunto com o grupo de serviço de materiais perigosos e notificação de incidentes**

# RITA - ITS: Áreas de Aplicação

## INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE



Controle de Rodovias



Controle de Tráfego Urbano



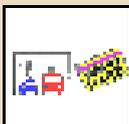
Gestão de Transporte de Passageiros



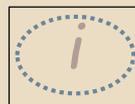
Gestão de Incidentes



Gestão de Emergências



Meios Eletrônicos de Pagamento e Tarifação



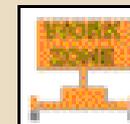
Informação ao Usuário



Gestão da Informação



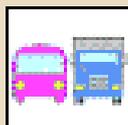
Prevenção de Acidentes e Segurança



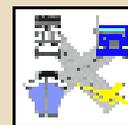
Operação e Manutenção Rodoviária



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



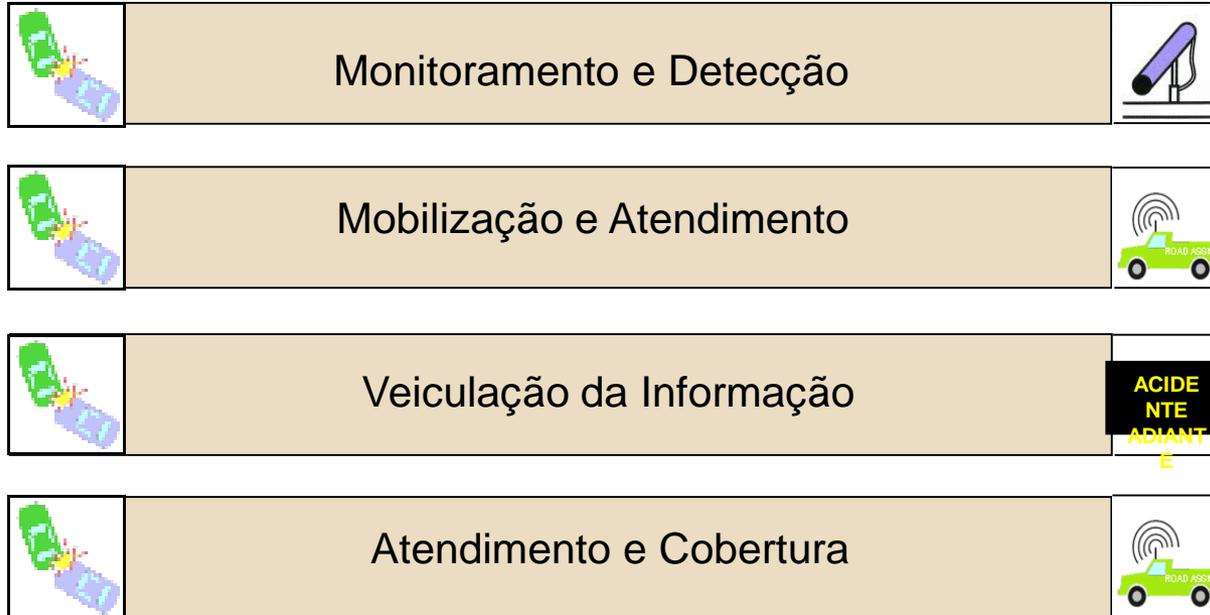
Sistema de Notificação de Colisão

# INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE

## GESTÃO DE INCIDENTES

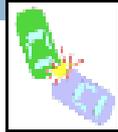
Objetivo: **minimizar os efeitos da perturbação no trânsito**, relacionados com o incidente, **reduzindo os tempos de detecção e de atendimento** e portanto - **reduzindo o tempo para que o tráfego volte às condições normais**.

(A menor severidade dos acidentes está relacionada a um menor o tempo de atendimento)

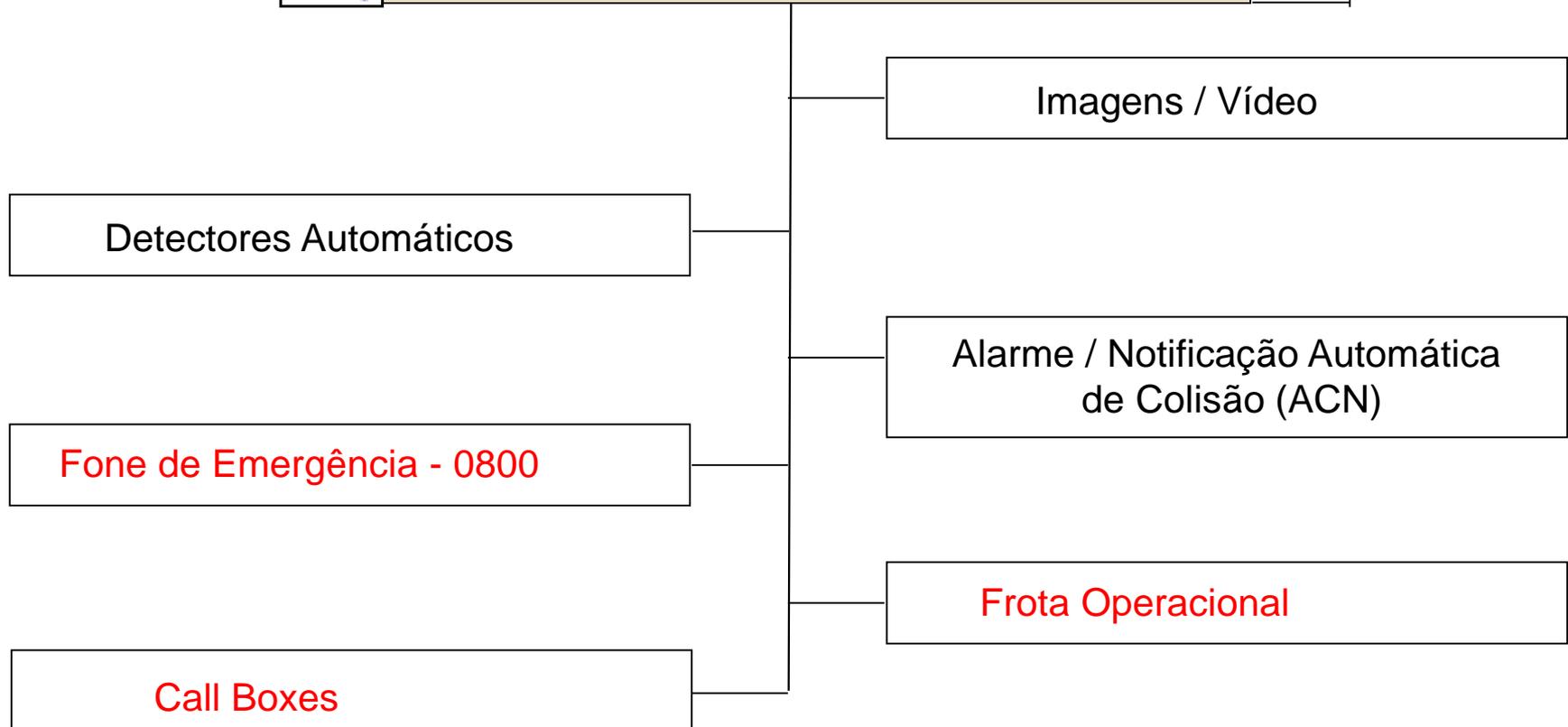
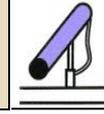


# INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE

## GESTÃO DE INCIDENTES

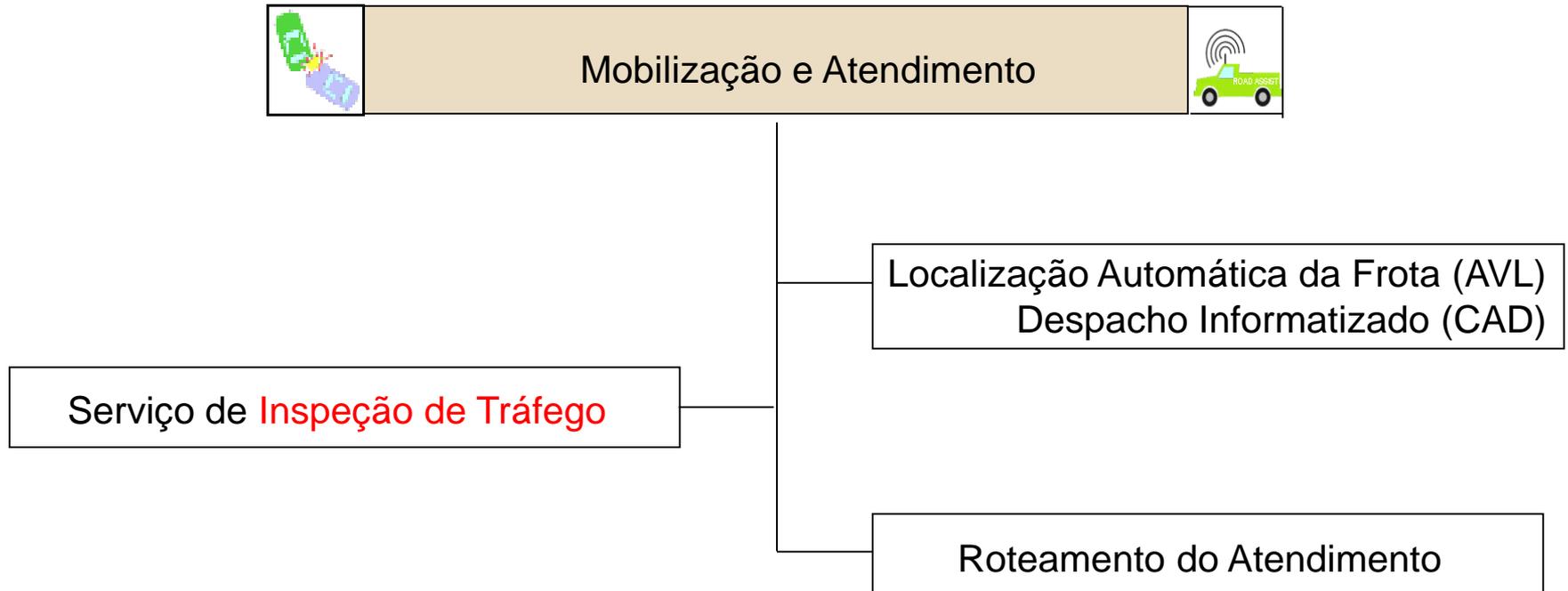


Monitoramento e Detecção



# INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE

## GESTÃO DE INCIDENTES



# ITS em Rodovias

## Serviços:

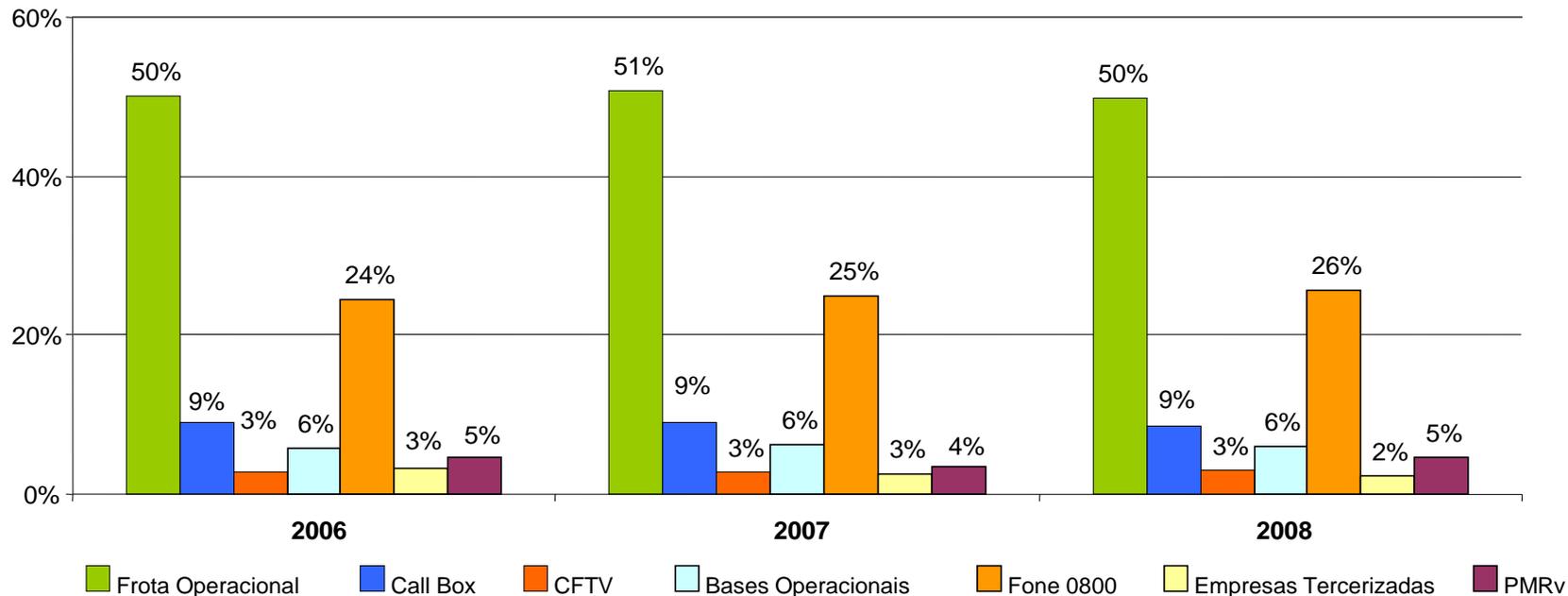
- **controle de tráfego**
  - contagens volumétricas
  - contagens classificatórias
  - movimentos de conversão em interseções
- **gerência de incidentes**
- **gerência de demanda**
- **policciamento e fiscalização:**
  - pesagem e inspeção de carga em movimento
  - rastreamento de carga, perigosa inclusive
  - rastreamento e inspeção de veículos
  - controle de velocidade
- **Inspeção rotineira de tráfego**

# ITS em Rodovias: gerência de incidentes

- **incidentes rodoviários:**
  - acidentes rodoviários
  - quebra de veículos
  - derramamento de produtos perigosos
- **congestionamentos de tráfego** ou impedimentos de pista
- **atividades de conserva ou manutenção**
- irregularidades na pista, como buracos e ondulações
- **fenômenos climáticos adversos**  
como chuvas e ventos intensos
- **acidentes naturais**( ex.: escorregamento de taludes)
- **restrição à visibilidade**, por causa de fumaça ou neblina

# ATENDIMENTO DE OCORRÊNCIAS

## Contribuição por tipo de acionamento nas Rodovias Concessionadas no Estado de São Paulo

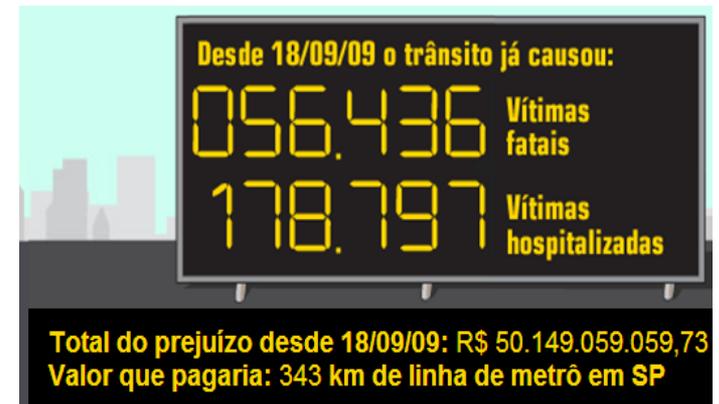


Número médio de acionamentos: 95 mil acionamentos/ano – fonte: ARTESP (2009 ?)

# Tsunami Brasileiro

- O Tsunami brasileiro deixa milhares de mortos todos os anos nas estradas, principalmente nas federais.
- Nossa estradas matam 37 mil pessoas e ferem 180 mil ao ano.
- O custo desses acidentes é de 34 bilhões de reais.

(Fonte: Cevibrazil)



# ACIDENTES DE TRÂNSITO EM RODOVIAS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DE ITS

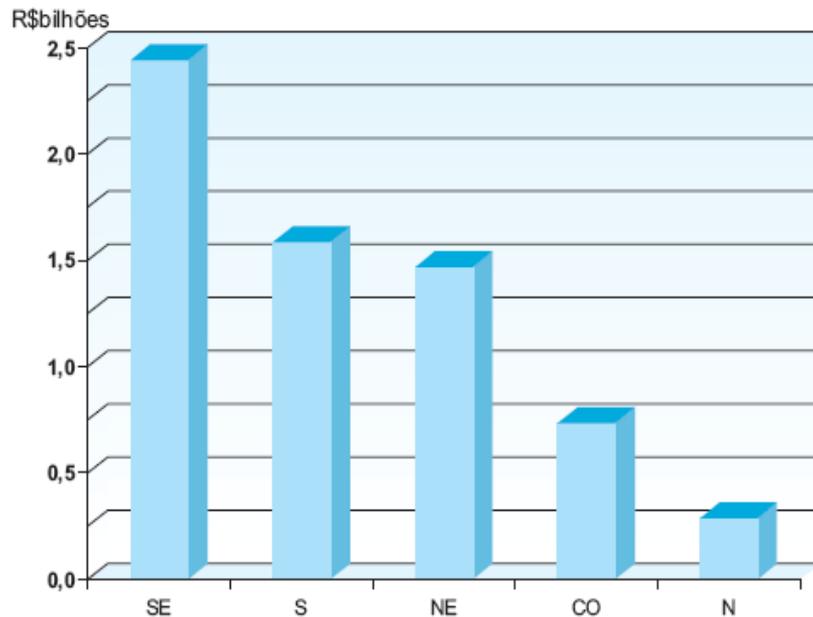
O **GRAU DE SEVERIDADE** DO ACIDENTE DE TRÂNSITO É **FUNÇÃO DIRETA** DO **TEMPO DE ATENDIMENTO E DE SOCORRO DAS VÍTIMAS.**

DO **ESTUDO** REALIZADO PELO IPEA /DENATRAN – **IMPACTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO NAS RODOVIAS BRASILEIRAS (2006)** – PODE-SE EXTRAIR ALGUMAS INFORMAÇÕES QUE INDICAM OS BENEFÍCIOS NA REDUÇÃO DO GRAU DE SEVERIDADE DECORRENTE DA INTENSIFICAÇÃO DE SISTEMAS ITS NA MALHA RODOVIÁRIA.

# CUSTO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO RODOVIAS FEDERAIS

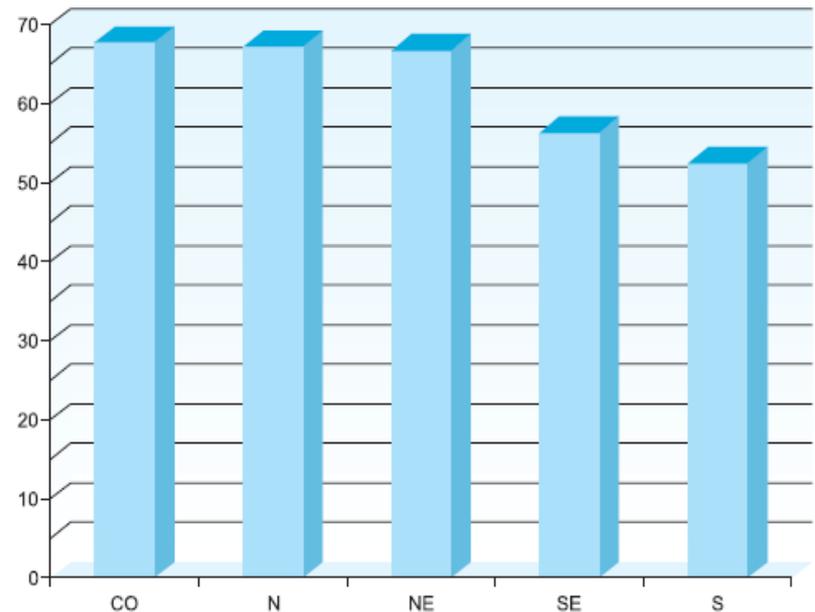
IPEA – Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Rodovias Brasileiras (2006)

· Custo total dos acidentes nas rodovias federais,  
por região geográfica – 1º/jul/04 a 30/jun/05 – R\$ bilhão de dez/05



Elaborada pelo Projeto IPEA/Denatran

· Custo médio do acidente por região geográfica,  
nas rodovias federais, 1º/jul/04 a 30/jun/05 – R\$ mil de dez/05



Elaborada pelo Projeto IPEA/Denatran

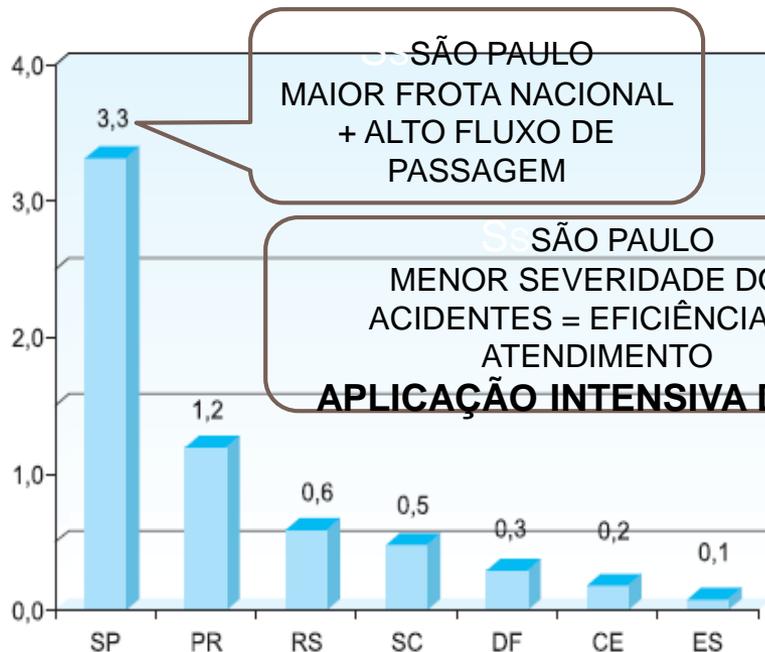
REGIÕES SUL E SUDESTE  
MAIOR FROTA NACIONAL + ALTO FLUXO  
DE PASSAGEM

REGIÕES SUL E SUDESTE  
MENOR SEVERIDADE DOS ACIDENTES =  
EFICIÊNCIA NO ATENDIMENTO  
RODOVIAS COM ITS

# CUSTO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO RODOVIAS ESTADUAIS

IPEA – Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Rodovias Brasileiras (2006)

- Custo total dos acidentes de trânsito em rodovias estaduais,  
por UFs do Grupo 1 – R\$ bilhão de dez/05



Elaborada pelo Projeto IPEA/Denatran

Custos médios de um acidente de trânsito em Rodovias Estaduais,  
por UFs do Grupo 1 – R\$ mil de dez/05



Elaborada pelo Projeto IPEA/Denatran

# **ACIDENTES DE TRÂNSITO EM RODOVIAS**

## **RESULTADOS DA APLICAÇÃO DE ITS**

**CUSTO GLOBAL MÉDIO DE 1 ACIDENTE, COMPUTANDO TODOS OS REGISTRADOS EM RODOVIAS ESTADUAIS FOI R\$ 54 MIL**

**O CUSTO MÉDIO DE 1 ACIDENTE NAS RODOVIAS ESTADUAIS DE SÃO PAULO, FOI DE R\$ 47,2 MIL.**

**ESSA DIFERENÇA DE 13% EM RELAÇÃO À MÉDIA GLOBAL, PODE SER ATRIBUÍDA, ENTRE OUTROS FATORES, AOS SISTEMAS ITS IMPLANTADOS NAS RODOVIAS, O QUE SIGNIFICA UMA ECONOMIA ANUAL DE APROXIMADAMENTE R\$ 430 MILHÕES NO ESTADO DE SÃO PAULO**

**PODE-SE INFERIR QUE SISTEMAS ITS SÃO ECONOMICAMENTE VIÁVEIS, POIS OS BENEFÍCIOS GERADOS, COMO POR EXEMPLO NA REDUÇÃO DA GRAVIDADE DOS ACIDENTES, É COMPENSADORA.**

# 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 (Traffic

## Management): **Serviços/funções envolvidas**

- **Gerenciamento e controle (dos fluxos) 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)

# Operações e gerenciamento de tráfego: (ITS CANADA) Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- Definição da Funcionalidade [**PROPÓSITO** (o que é ?)]:
- O Serviço de Gerenciamento e Controle do Fluxo de Tráfego prevê a integração e **controle adaptativo das vias** para:
  - ▣ melhorar o fluxo de tráfego
  - ▣ minimizar o congestionamento
  - ▣ maximizar o movimento de pessoas e bens
  - ▣ dar **preferência para o transporte público** e outros veículos de alta ocupação (HOV)

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

## Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- Definição da Funcionalidade [**PROPÓSITO** (o que é ?)]:
  - ▣ Principais estratégias de controle:
    - **variação**, em tempo real, **do sincronismo dos sinais de trânsito** (semáforos) → **TSP (prioridade ao HOV)**
    - **controle responsivo do tráfego** das entradas em rampa para autoestradas/vias expressas → **Ramp Metering**
    - **controle de velocidade variável** (variação da velocidade máxima permitida ou da direção do tráfego) em tempo real, com relação:
      - ao volume de tráfego
      - existência ou formação de congestionamento
      - a ocorrência de incidentes ou condições ambientais adversas

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

## Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
- **Outras estratégias de controle** incluem:
  - **priorização de rotas ao transporte público** e a veículos de emergência
    - gerenciamento de acesso a terminais de transporte e ligações intermodais
  - criação de **nova rota dinâmica de tráfego (desvio)** em função da ocorrência de **incidentes, obras na via, fechamentos na rede de rodovias ou até em função de eventos especiais** (de grande porte), tais como, shows, jogos, corridas, exposições, passeatas
  - **gerenciamento de áreas de estacionamentos**
  - **controle da emissão de gases poluentes**
  - ...
    - controle e **monitoramento de cruzamentos em nível com ferrovias** (para reduzir potenciais acidentes e colisões)
    - gerenciamento de acesso e **operações dentro de túneis e pontes** (incluindo pontes com vãos móveis)

# Forma de Apresentação

## ❖ Considerações Gerais [“Dicas” (“Caveats”)]

### ▣ Alertas

- Considerações práticas quanto à implementação
  - para o usuário, organizacionais, ...
- Dificuldades tecnológicas
  - o lado “ruim” da tecnologia
  - problemas que podem ocorrer

### ▣ Reflexões

- Aspectos de **custo-benefício** (Benefícios Diretos e/ou Indiretos)
- **Potencial de Impactos e Impactos Medidos (Gerais na Operação)**
  - impactos causados pela aplicação dos serviços (ou variantes)

# Operações e Gerenciamento de Tráfego: Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- **Reflexões: Potencial de Impactos e Impactos Medidos (Gerais na Operação)**
  - Quanto a **eficiência dos sistemas de controle dos semáforos**, o UTC **SCOOT**, que foi amplamente usado no Reino Unido e em vários países, inclusive no Brasil (São Paulo)
    - Faz ininterruptas pequenas mudanças nos tempos dos semáforos, baseado em informações em real tempo do fluxo do tráfego
    - Algumas versões do sistema introduziram muitas características que possibilitaram à autoridade local influenciar nos tempos dos semáforos
  - **Estudos detalhados na Europa mostraram que em média o SCOOT reduziu os atrasos em 12%, se comparados com planos fixos de tempo**
  - **Outros estudos em Londres mostraram que houve uma redução de 8% nos tempos de jornada**

# Operações e Gerenciamento de Tráfego: Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

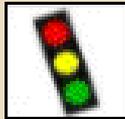
- Impactos Medidos (Gerais na Operação)
- Eficiência dos sistemas de controle dos semáforos (UTC SCOOT)
  - No projeto PROMPT, o TPU utilizou os sistemas de controle de tráfego avançado UTC - SCOOT e o UTOPIA/SPOT em Londres, Turim e Gothenburg
    - Os resultados obtidos em Londres foram:
      - **Atraso de ônibus: 22%-33%**
      - **Tempos de jornada: 7%-8%**
      - **Variação na demora de ônibus: 6%-25%**
    - Os impactos medidos, com a aplicação dos Sistemas de **Prioridade ao TPU** em Gothenburg, chegaram às diminuições dos seguintes parâmetros:
      - **Parada de Veículo: 23,3%**
      - **Consumo de Combustível: 5%**
      - **Emissões de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e CO: 4% a 5%**

# RITA - ITS: Áreas de Aplicação

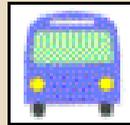
## INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE



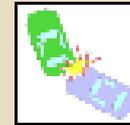
Controle de Rodovias



Controle de Tráfego Urbano



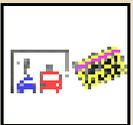
Gestão de Transporte de Passageiros



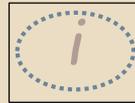
Gestão de Incidentes



Gestão de Emergências



Meios Eletrônicos de Pagamento e Tarifação



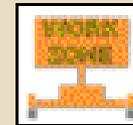
Informação ao Usuário



Gestão da Informação



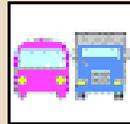
Prevenção de Acidentes e Segurança



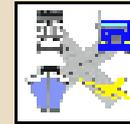
Operação e Manutenção Rodoviária



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

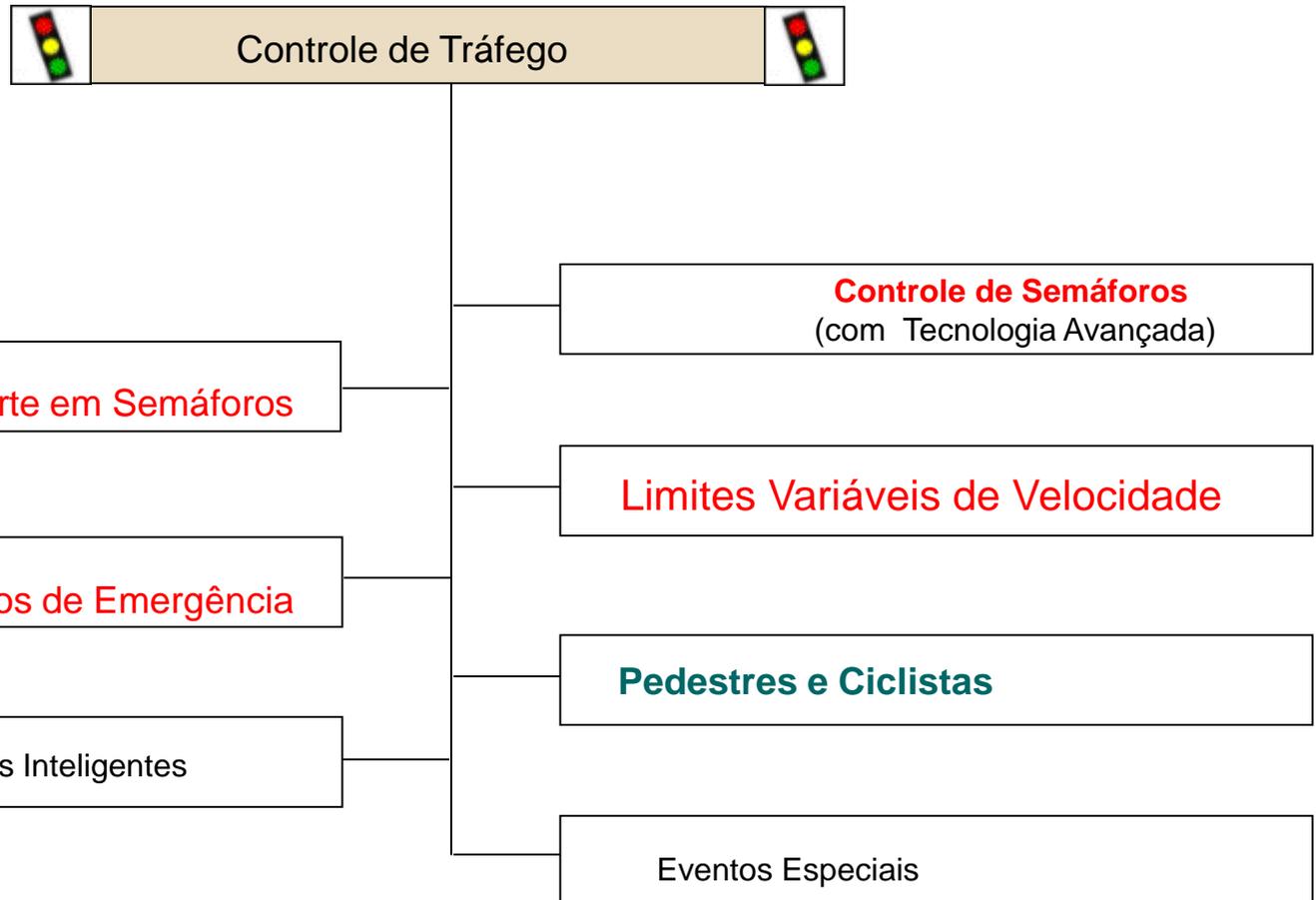
## CONTROLE DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO (RURAL) E URBANO

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.



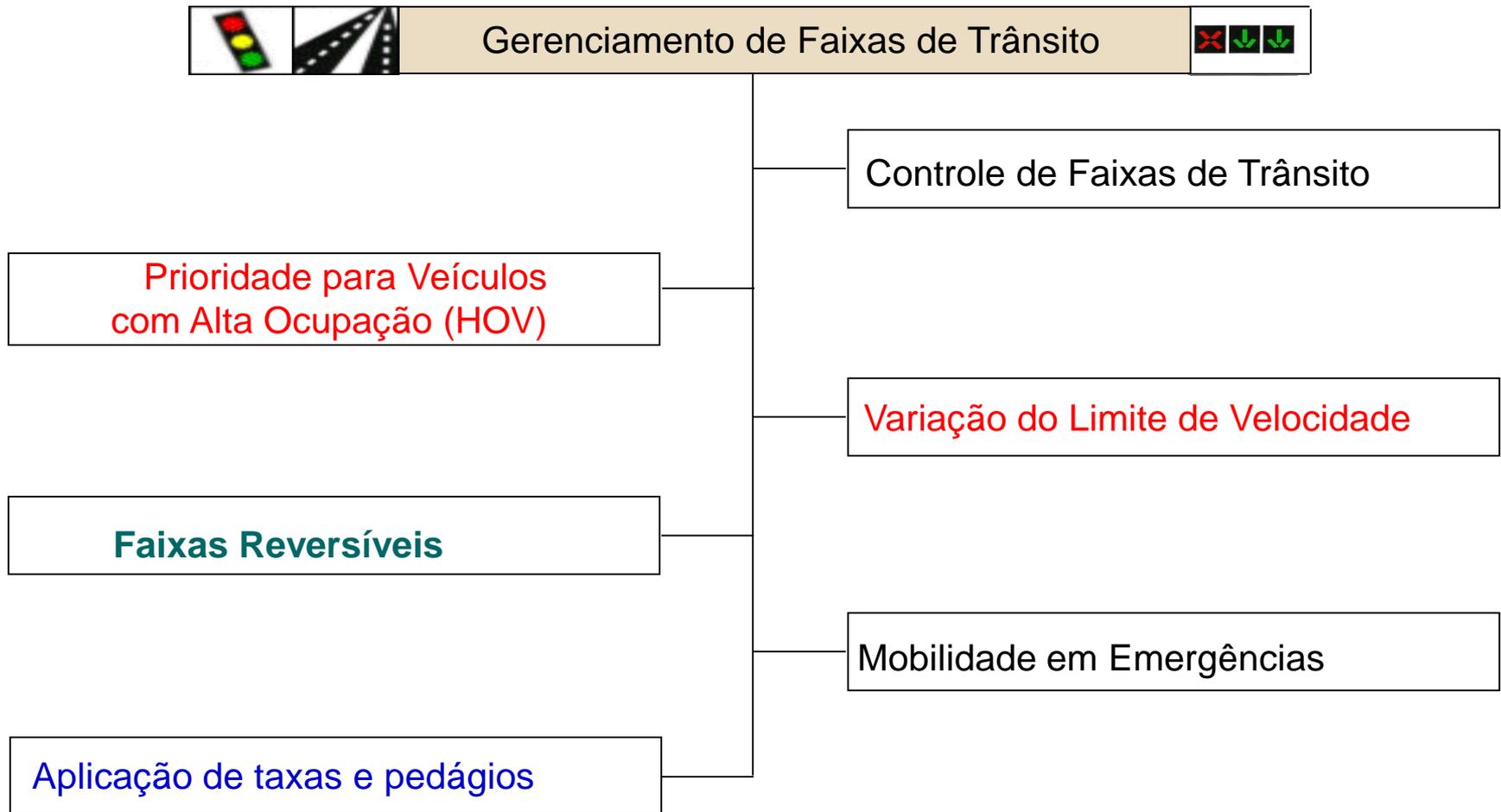
# INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE

## CONTROLE DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO (RURAL) E URBANO



# INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE

## CONTROLE DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO (RURAL) E URBANO



# 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 (Traffic

## Management): **Serviços/funções envolvidas**

- **Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego**
  - ▣ Traffic Management and Control (AUTROADS)
  - ▣ Traffic Control (CANADA)
- Gerenciamento de incidentes relacionados (à rede) de transportes
  - ▣ 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)

# Operações e gerenciamento de tráfego:

(ABNT/ISO 14813-1) Gerenciamento de demanda

- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
  - Abrange 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/semana:**
    - pela **tarifação**: variável, menor fora do horário de pico (FHP)
    - pelo **controle de acesso**: bicicletas permitidas aos domingos
    - pela **disponibilização de modos variados de transporte**: **maior** integração entre controle de estacionamento e TPU

# Operações e gerenciamento de tráfego:

(ABNT/ISO 14813-1) Gerenciamento de demanda

- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
  - Serviços tais como:
    - **Pedagiamento** para circulação em áreas mais congestionadas ou com baixa qualidade do ar
    - **Controle de acesso e circulação** em determinadas áreas
      - controlar o acesso de veículos particulares em regiões históricas ou centros de cidade
      - Exemplos: Barcelona (Espanha) e Roma (Itália)
    - **Rodízio** para circulação de veículos
    - **Gerenciamento de estacionamentos**
      - por meio de PMVs os condutores podem ser alertados sobre o **número de vagas nos estacionamentos em determinadas regiões, nas ruas ou fora delas,**
      - Exemplo: Cologne - Alemanha
    - **Gerenciamento de tarifas do transporte público**
    - **“Gerenciamento ambiental”**

# Exemplo de Soluções para Gerenciamento da Demanda

## Soluções para o Tráfego Urbano **Kapsch** TrafficCom



# Operações e Gerenciamento de Tráfego

## Gerenciamento de demanda

### Sistemas de Pedágamento nas Cidades



- Vários esquemas (zona, cordão, tempo)
- Estático, variável, precificação dinâmica

### Sistemas de Restrição de Acesso



- Áreas Sensitivas
- Áreas Residenciais
- Centros históricos
- Zonas de Estacionamento nas ruas

### Sistemas de Zonas de Baixa Emissão



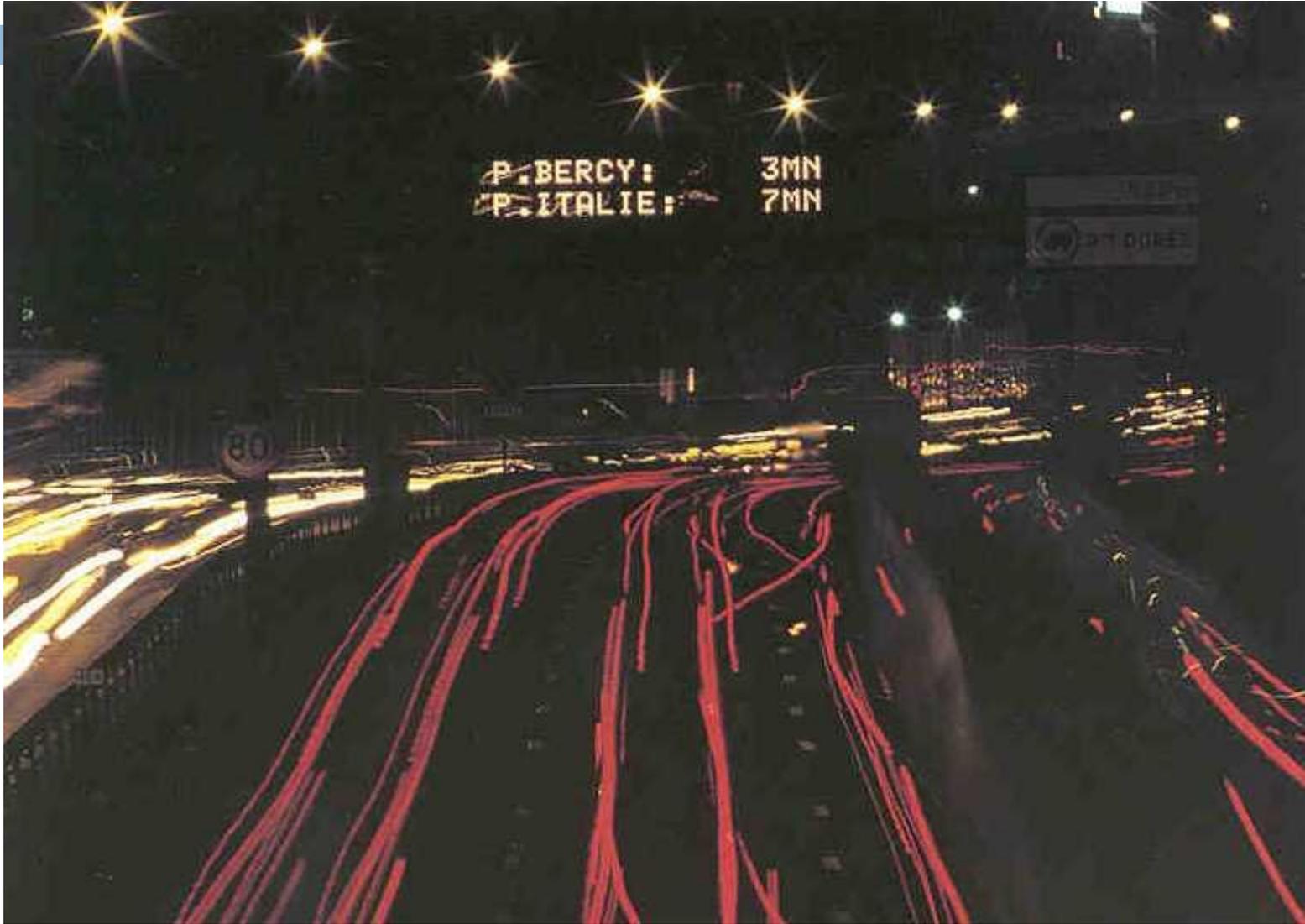
- Zonas de Baixa Emissão
- Sensitiva à poluição
- Sensitiva aos veículos

### Sistemas de Estacionamento de Zona Aberta



- Estacionamento nas ruas
- Sensitiva ao usuário

## Painéis de Mensagens Variáveis informando aos motoristas sobre o tempo de viagem para determinados destinos (Paris / França)



# Sistema de Controle de Vagas em Estacionamentos em Cologne / Alemanha (<http://www.netcologne.de/koelnverkehr>)



# Reflexões: Potencial de Impactos e Impactos Medidos

## Gerenciamento de Estacionamentos: Cologne (Alemanha)

- Desde **1986** a municipalidade introduziu o sistema de aviso sobre o número de vagas em estacionamentos
- Em horário de pico **25% dos condutores no centro da cidade procuravam lugar para estacionar**
  - ▣ aumentando o congestionamento
- **O sistema**
  - ▣ monitorava o número de espaços livres em 29 estacionamentos e em 3 zonas de estacionamento no centro da cidade
  - ▣ com informações processadas numa central e mostradas em 74 PMVs e na Internet pelo site <http://www.netcologne.de/koelnverkehr>

# Reflexões: Potencial de Impactos e Impactos Medidos

## Gerenciamento de Estacionamento: Cologne (Alemanha)

- Tal sistema de aviso reduziu em 30% a busca de vagas pelos motoristas
  
- Pesquisas mostraram que:
  - 90% dos condutores estavam familiarizados com o sistema
  - 79% o utilizaram regular ou ocasionalmente e
  - foi “apreciado” por 88% dos usuários

# Sistema de Avisos sobre Poluição em Atenas / Grécia



# Reflexões: Potencial de Impactos e Impactos Medidos

## “Gerenciamento ambiental”: Atenas (Grécia)

- Cidades sensíveis às condições climáticas e que podem se complicar
  - ▣ piorando a qualidade do ar
  - ▣ devido ao aumento no volume de tráfego
- Necessitam de sistemas:
  - ▣ para medir esses parâmetros
  - ▣ relacionando qualidade do ar e condições atmosféricas
- Repassando as informações aos condutores
  - ▣ pelo rádio, PMVs
  - ▣ sistemas de controle de acesso determinando o **valor dos sistemas de pedágio urbano** (***Congestion pricing*** / ***Air quality based zone pricing***) em função da qualidade do ar

# Modelos para Reflexões



# 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 (Traffic

## Management): **Serviços/funções envolvidas**

- **Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego**
  - ▣ Traffic Management and Control (AUTROADS)
  - ▣ Traffic Control (CANADA)
- **Gerenciamento de incidentes relacionados (à rede de) transportes**
  - ▣ 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)

# 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 ?)]:**
  - ▣ Como bem observado pela Associação Nacional de Transportes Públicos 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
  - ▣ (\*) ANTP 30 anos. Anuário 2007. São Paulo, maio de 2008.

# Operações e gerenciamento de tráfego: Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito

- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
  - ▣ 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

# Operações e gerenciamento de tráfego:

## Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito

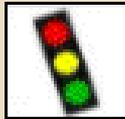
- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
  - Os serviços utilizados para garantir o cumprimento das leis e regras de trânsito, por meio da identificação e punição de veículos infratores, incluem:
    - **Fiscalização de infrações de trânsito**
      - desobediência a sinais de trânsito, 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

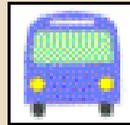
## INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE



Controle de Rodovias



Controle de Tráfego Urbano



Gestão de Transporte de Passageiros



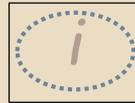
Gestão de Incidentes



Gestão de Emergências



Meios Eletrônicos de Pagamento e Tarifação



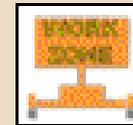
Informação ao Usuário



Gestão da Informação



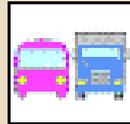
Prevenção de Acidentes e Segurança



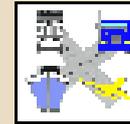
Operação e Manutenção Rodoviária



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

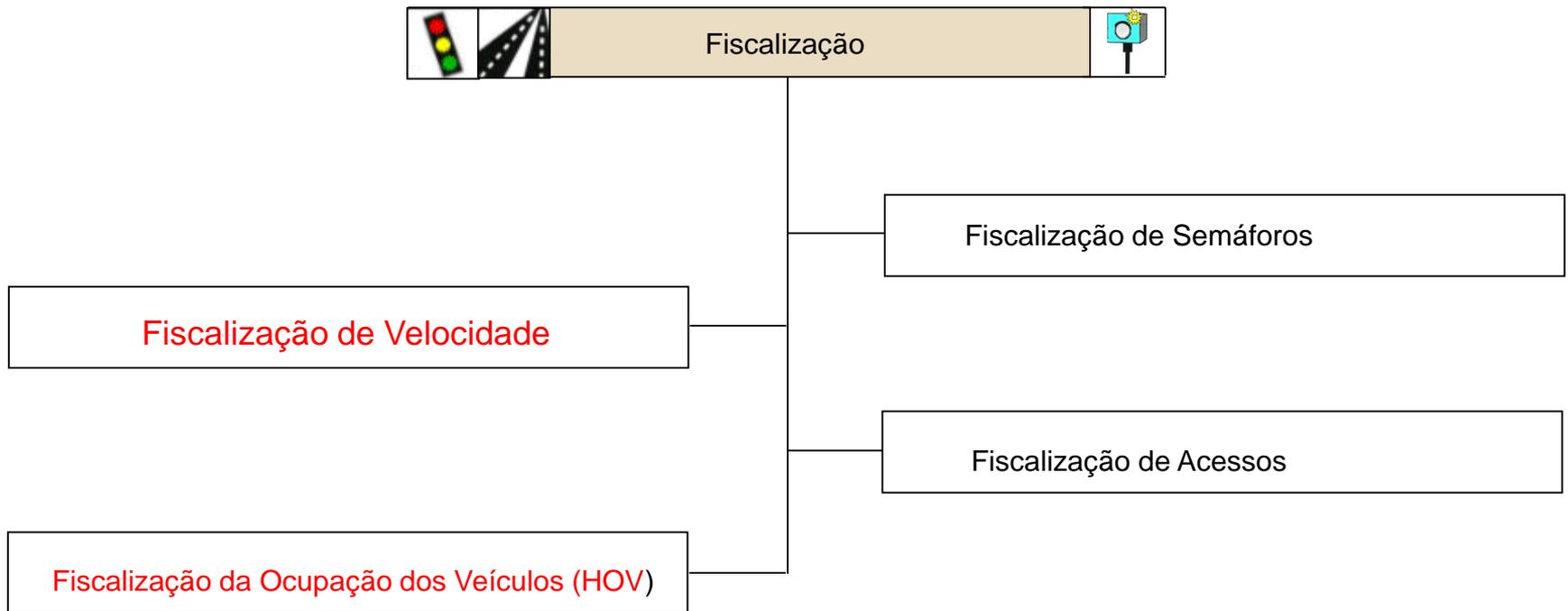
## CONTROLE DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO (RURAL) E URBANO

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

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**



# **Alguns exemplos de falhas na identificação**

# Outras falhas: “poluição” na extração da imagem

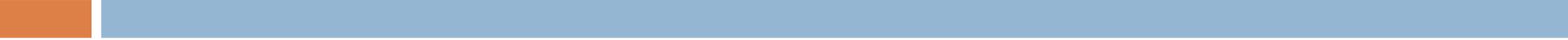
Eqpto DER.:00000211 Data:01/11/2009 Hora:10h 17min 21s Vel. Regul.:070 km/h Vel. Medida:098 km/h  
Local:Rodovia:SP-150 Acesso:000 km:021 Metros:100 Sentido:Norte Faixa:1 Imagem N.:114681 Placa:JGS2120



# Outras 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 magnético    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 (II)

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.	



# **Análise Experimental**

# Análise experimental

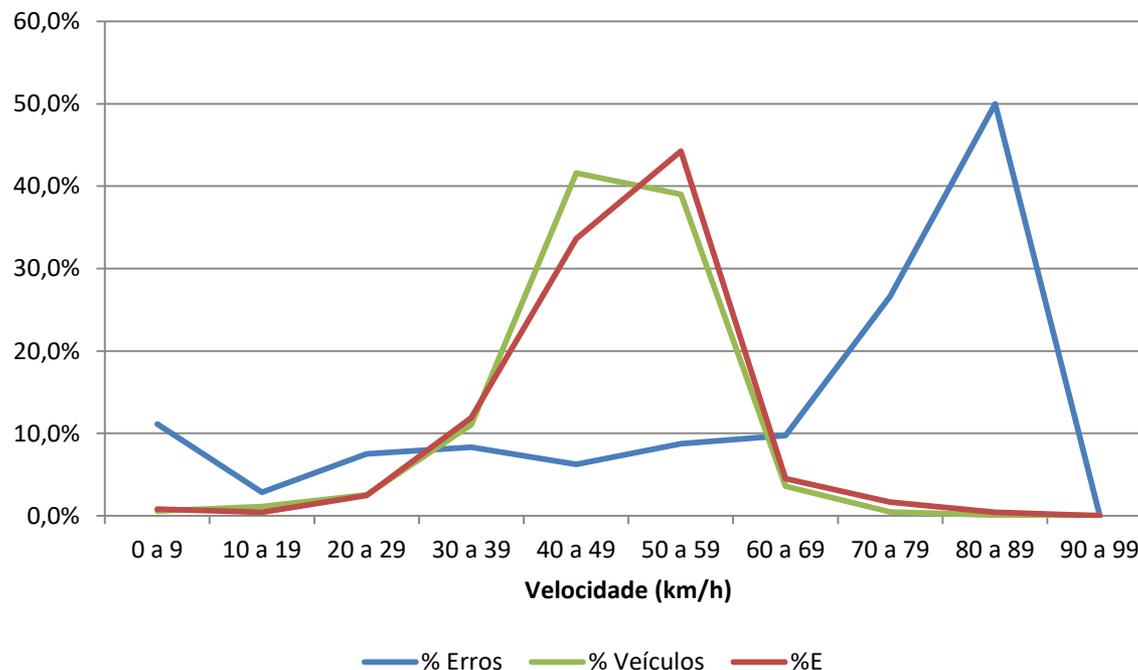
- Analisar e compreender variáveis que podem influenciar na identificação: erros x velocidade, período do dia, tecnologia.
- Dados provenientes de testes realizados entre 2008 e 2013 em vias urbanas, para fiscalização automática de diversas infrações, e em rodovias, para fiscalização de velocidade e 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

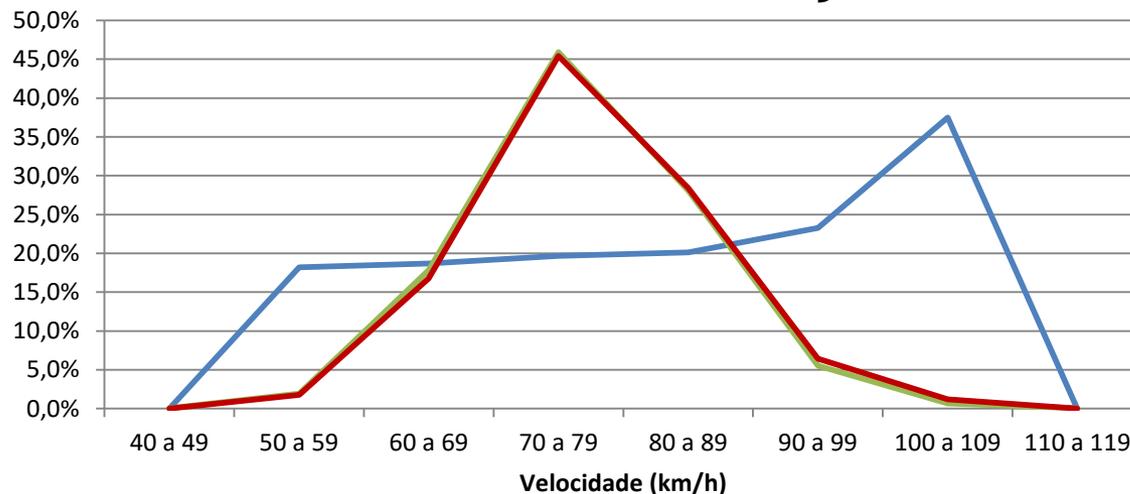
- Amostra de cerca de 800 veículos por solução (4 soluções), excluídas motos e placas ilegíveis
- Índices de acerto variaram entre 87% e 96%
- Comportamento dos erros em função da velocidade:



# 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



— % Erros — % Veículos — %E

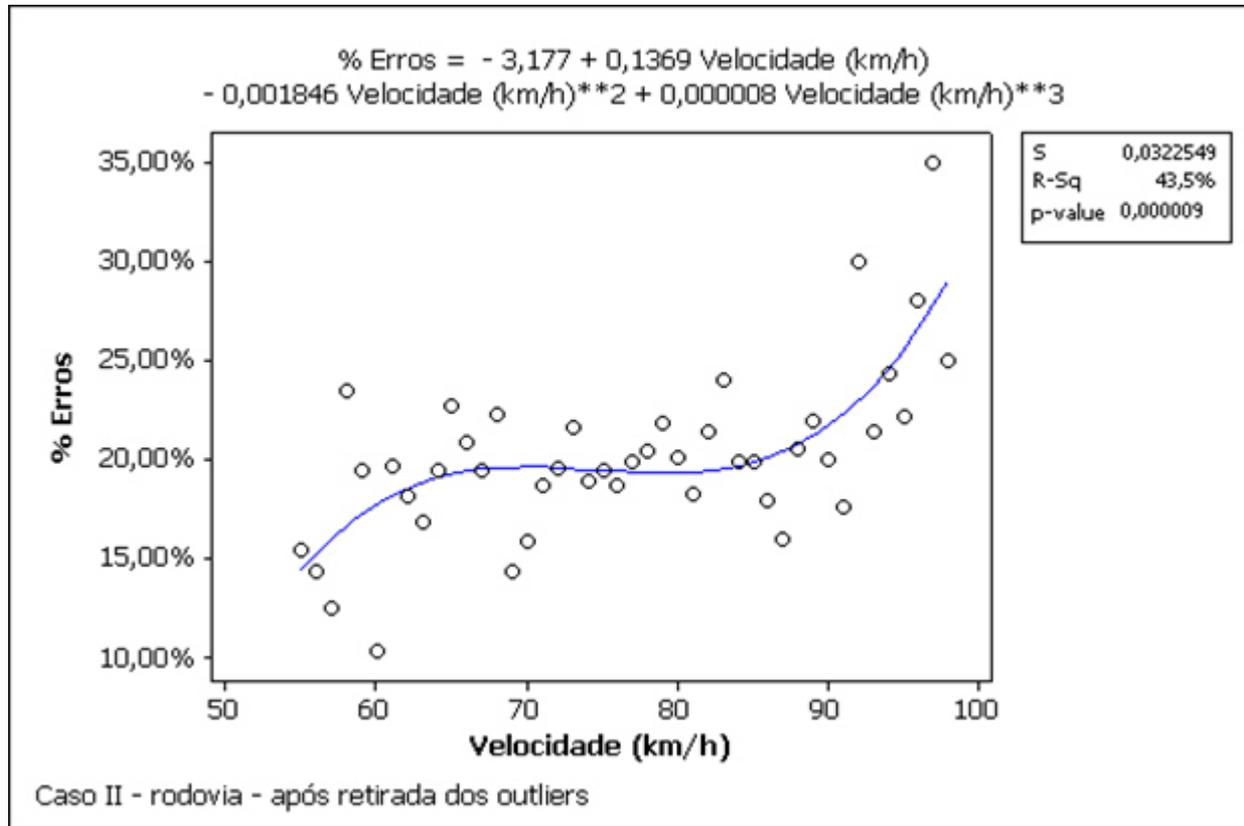
# Leitura de placas, radar fixo (III)

## Análise mais detalhada

- Estatística descritiva da variável velocidade (diagrama *boxplot* para extrair pontos atípicos) e diagramas de dispersão; e análise de regressão (% erros e velocidade e % erros e quantidade de veículos)
- Não se obteve relação significativa entre % erros versus quantidade de veículos
- Somente para o Caso II encontrou-se uma relação significativa entre % erros e velocidade, após a retirada dos *outliers*, representada por um modelo cúbico e com variação de resíduos constante em torno do modelo ajustado.

# Leitura de placas, radar fixo (IV)

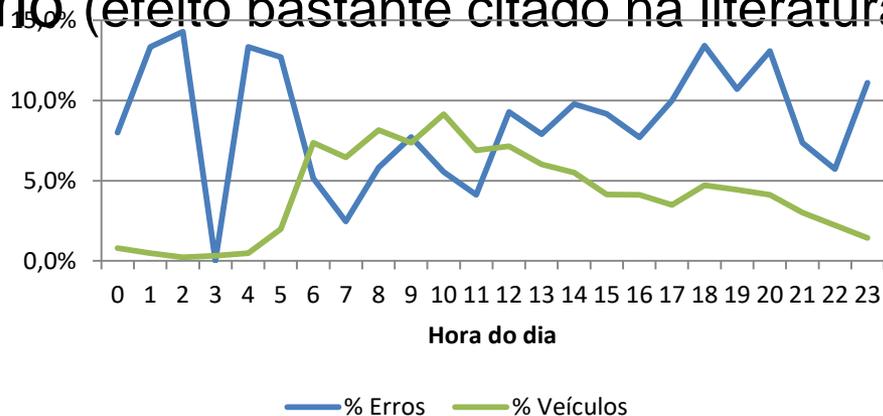
## Modelo encontrado para o Caso II



# 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).



# Leitura de placas, radar fixo (VI)

## Conclusões

1. Índices de acerto variaram entre 87% e 96% em via urbana e entre 72% e 83% em rodovia, podendo indicar influência da velocidade ou resultar das diferentes soluções analisadas.
2. Uma correlação matemática entre % erros e velocidade não pode ser obtida para todos os dados, mas nota-se que a % erros tende a se estabilizar quando o volume de veículos é maior.
3. Ao se isolar a faixa de dados em que a quantidade de veículos é maior, para o Caso II observou-se um comportamento matemático que não ocorreu no Caso I.
4. Para o Caso I, observou-se uma tendência de aumento no número de erros após as 12 horas, provavelmente provocada pela posição do sol.

# 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

# Leituras Complementares

- **AUSTROADS. Defining Applicability of International Standards for Intelligent Transport Systems (ITS).** AP-R338/10. 2010.
- **BAZZAN, Ana L. C.; KLUGL, Franziska. Sistemas Inteligentes de Transporte e Tráfego: uma abordagem de Tecnologia da Informação.** Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2007.

# PTR2580 – Fundamentos de ITS

- Claudio L. Marte
  - ▣ Tel (Poli): 3091-9983
  - ▣ E-mail: [claudio.marte@usp.br](mailto:claudio.marte@usp.br)
  
- STOA:
  - ▣ PTR2580\_1sem17\_T51 (quarta) ou
  - ▣ PTR2580\_1sem17\_T50 (quinta)
  - ▣ Fundamentos de Sistemas Inteligentes de Transporte

# Leitura Recomendada – Aula 5

- AUSTRROADS
  - ▣ **Freeway Traffic Flow under Congested Conditions: Literature Review. AP-R318/08.**
  - ▣ **Para ser respondido no STOA até 4/5**

# Gerenciamento de Tráfego:

## Natureza da aplicação

- Visando proporcionar: **maior segurança aos usuários e diminuir as perdas humanas causadas por acidentes (Década de Segurança Viária)**
- Projetos especiais nas vias podem contemplar: retificação de traçado, **melhora da visibilidade**, reforços e melhorias nas pistas, visando segurança dos próprios veículos e **conscientização da população sobre a importância de respeitar as normas de segurança**
- Os sistemas viários sofrem influência de fatores que têm grande importância no meio urbano, como o planejamento da circulação e dos transportes
  - políticas que, portanto, não podem ser vistas de forma isolada

# Gerenciamento de Tráfego:

## Natureza da aplicação

- É dentro desses novos conceitos, que se inserem os sistemas de **gestão da circulação**, cujos investimentos devem privilegiar fatores tais como:
  - ▣ **melhoria do transporte urbano**
    - com prioridade ao transporte público, melhoria das condições de intermodalidade, ... e
  - ▣ **detecção automática de acidentes para rápida resposta às emergências ...**
- Há a necessidade de utilizar mais tecnologia (TIC) na infra-estrutura das vias, a fim de
  - ▣ melhorar
    - a qualidade de sua conservação
    - tipos de serviços prestados
  - ▣ Minimizar
    - o número de acidentes - conseqüentemente o número de vítimas
    - a agressão ao meio ambiente (Rodovias com Certificação Verde)

# 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 (Traffic

## Management): **Serviços/funções envolvidas**

- **Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego**
  - ▣ Traffic Management and Control (AUTROADS)
  - ▣ Traffic Control (CANADA)
- **Gerenciamento de incidentes relacionados (à rede de) transportes**
  - ▣ 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)

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

## Gerenciamento de manutenção da infraestrutura do transporte

- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
  - Este grupo de serviços abrange a o gerenciamento da manutenção da rede viária e da infraestrutura de telecomunicações e de TI utilizada, como por ex.,
    - Gerenciamento da **manutenção do pavimento**
    - Gerenciamento da **manutenção de obras de arte** (pontes e viadutos)
    - Gerenciamento da **manutenção de sinais de trânsito** (semáforos)
    - **Outros equipamentos necessários aos serviços de utilidade pública**

# Modelos para Reflexões



# PTR2580 - Leitura Citada

- SMITH, Laurence C. **O mundo em 2050** – Como a demografia, a demanda de recursos naturais, a globalização, a mudança climática e a tecnologia moldarão o futuro. Campus (Elsevier Editora Ltda), 2011.
  - Caps. 1, 2 e 3
  - Cap 1: as forças globais
  - Cap 2: Que tipo de cidade queremos ? (pág 30)
    - **ONU: “XXI é o Século da Cidade”**
    - Cingapura *versus* Lagos (Nigéria)

# Sistema de Controle de Acesso em Barcelona / Espanha



# Reflexões: Potencial de Impactos e Impactos Medidos

## Controle de Acesso: Barcelona (Espanha)

- Durante os Jogos Olímpicos de **1992** foi instalado um sistema de controle de acesso, visando à proteção de áreas residenciais da cidade
- Em **1995** esse sistema foi ampliado no centro histórico da cidade
  - ▣ Residentes e pessoas que trabalham na área puderam obter permissão eletrônica de entrada
  - ▣ Outros somente com permissão temporária ou restrita
- Este esquema
  - ▣ **reduziu para um terço o tráfego entrante em cada área**
  - ▣ **incrementou em 15% a disponibilidade de vagas em estacionamentos**

# Modelo para Reflexões:

## Barcelona (Espanha)

- Tem desenvolvido seguidos projetos para tornar-se uma cidade que faz uso intensivo de tecnologia para conectar pessoas, informações e utilidades da cidade, com os objetivos de:
  - ▣ Melhorar a qualidade de vida
  - ▣ Atrair negócios inovadores e competitivos
  - ▣ Tornar o gerenciamento e a manutenção mais fáceis e baratos
  - ▣ Ser uma cidade sustentável e que faz uso de tecnologias limpas
- Para isso, tem investido no uso de serviços inteligentes e ricos em informação
  - ▣ adotando tecnologias de última geração
- Possui um plano de infraestrutura que inclui um reprojeto de toda a cidade, com um plano de mobilidade que
  - ▣ contempla 150.000 pontos de conexão de transportes intermodais (*commuters*)
  - ▣ renovação do espaço público
    - por ex.: de 35 km de ruas

# Modelo para Reflexões:

## Barcelona (Espanha)

- Desde 1994 vem sendo implantada uma forte estrutura de telecomunicações
  - ▣ entre outros usos tem sido utilizada para o gerenciamento de tráfego
- Alguns serviços disponíveis são
  - ▣ parquímetros, controle semaforico, painéis informativos, câmeras para controle do tráfego e para segurança
- Dentre os sensores de tráfego, existem 140 câmeras instaladas, além de 1080 laços indutivos
  - ▣ Como prova de conceito, foram instalados 13 sensores bluetooth e 8 câmeras com visão artificial (Traffic Now)
  - ▣ Mais 50 sensores bluetooth para medição de tráfego estão em experimentação num projeto piloto

# Modelo para Reflexões:

## Barcelona (Espanha)

- Também está em projeto piloto uma **plataforma única para gerenciamento de sensores** de vários fabricantes e que possuem diversos objetivos
  - ▣ tais como: sensores de estacionamento, fluxo de tráfego e poluição (do ar e sonora)
- Outros projetos em andamento tentam fazer o **rastreamento de visitantes e do compartilhamento de bicicletas**
- O projeto “22@ district” tenta fazer da cidade um campo de testes para a última fase de desenvolvimento de produtos e serviços inovadores com impacto urbano para tornar a cidade uma **“smart city”**
  - ▣ São mais de 20 aplicações estão em experimentação

# Modelo para Reflexões:

## Estocolmo (Suécia)

- Locais de trabalho predominantemente no norte da cidade e moradias no sul
- Número de ciclistas cresceu 75% nos últimos 10 anos
  - hoje a cidade possui 760 km de ciclovias
- O tráfego é a maior fonte de emissões prejudiciais à saúde e também a maior fonte de emissão de gás estufa
  - Mais de um terço dos carros novos vendidos são veículos limpos
  - Todos os veículos de propriedade da cidade são limpos
- Os ônibus utilizam combustíveis renováveis, crescendo fortemente a utilização de biogás
  - A frota de ônibus que utiliza etanol é a maior do mundo!
  - O objetivo é em 2025 não possuir ônibus com combustíveis fósseis
  - As empresas de ônibus trabalham para aumentar a utilização de transporte público, com estratégias tais como:
    - informações sobre o meio ambiente
    - aumento na frequência do serviço
    - investimentos em novas infraestruturas

# Modelo para Reflexões:

## Estocolmo (Suécia)

- A **taxa de congestionamento** foi introduzida em 2006 para os carros que cruzam os limites da cidade durante o dia e em dias regulares de trabalho
  - Experimental entre jan e jul.2006 e implantada em 2007
  - Essa taxa, que depende do horário, é aplicada pelo governo aos carros registrados na Suécia
  - Os carros são automaticamente registrados em estações de pagamento e a taxa é paga mensalmente por meio de uma “invoice” enviada ao proprietário
- Os **gases de efeito estufa foram reduzidos em 14%** no centro da cidade e a **qualidade do ar subiu de 2 a 10%**
- O **tráfego entrando e saindo do centro da cidade caiu aproximadamente 20%** e o **tempo de filas no centro e em seu entorno caiu de 30 a 50 %**

# Modelo para Reflexões:

## Estocolmo (Suécia)

- O sistema é constituído de laser e câmeras utilizados para detectar, identificar e taxar veículos
  - O veículo cruza o primeiro detector laser, disparando transceivers, que sinalizam um transponder no veículo, capturando tempo, dia e valor a ser pago
  - Ao mesmo tempo, uma câmera fotografa a placa frontal do veículo
  - Ao passar por um segundo laser, uma segunda câmera é acionada, fotografando a placa traseira, tudo sem que o veículo tenha que diminuir sua velocidade
  - Caso o veículo não utilize tags, uma multa será aplicada
- <http://international.stockholm.se/Future-Stockholm/Infrastructure-and-accessibility/>
- <http://www.ibm.com/ibm/ideasfromibm/cz/cs/howitworks/040207/>
- [http://www-07.ibm.com/innovation/au/howitworks/stockholm/pdf/HiW\\_tr\\_04022007.pdf](http://www-07.ibm.com/innovation/au/howitworks/stockholm/pdf/HiW_tr_04022007.pdf)

# 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

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**



# **Alguns exemplos de falhas na identificação**

# Outras 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



# Outras 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 magnético    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.
	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, 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	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	

# Proposta de classificação de falhas (III)

Camadas		Fontes de Falhas	
		Intrínsecas	Intrínsecas
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.	



# **Análise Experimental**

# Análise experimental

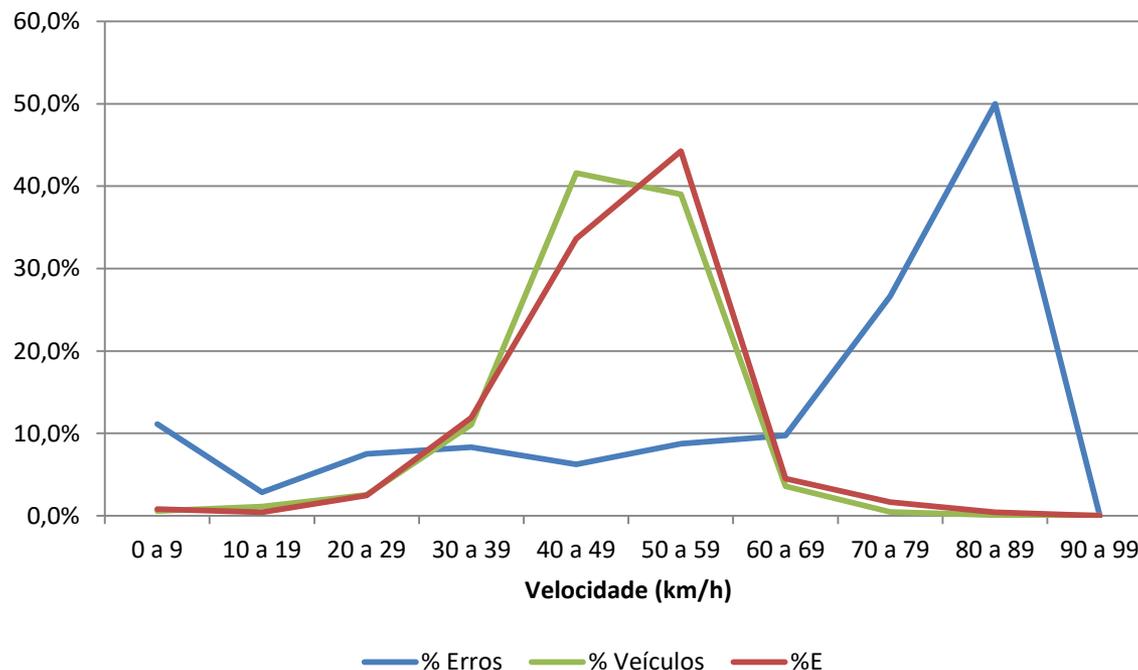
- Analisar e compreender variáveis que podem influenciar na identificação: erros x velocidade, período do dia, tecnologia.
- Dados provenientes de testes realizados entre 2008 e 2013 em vias urbanas, para fiscalização automática de diversas infrações, e em rodovias, para fiscalização de velocidade e 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

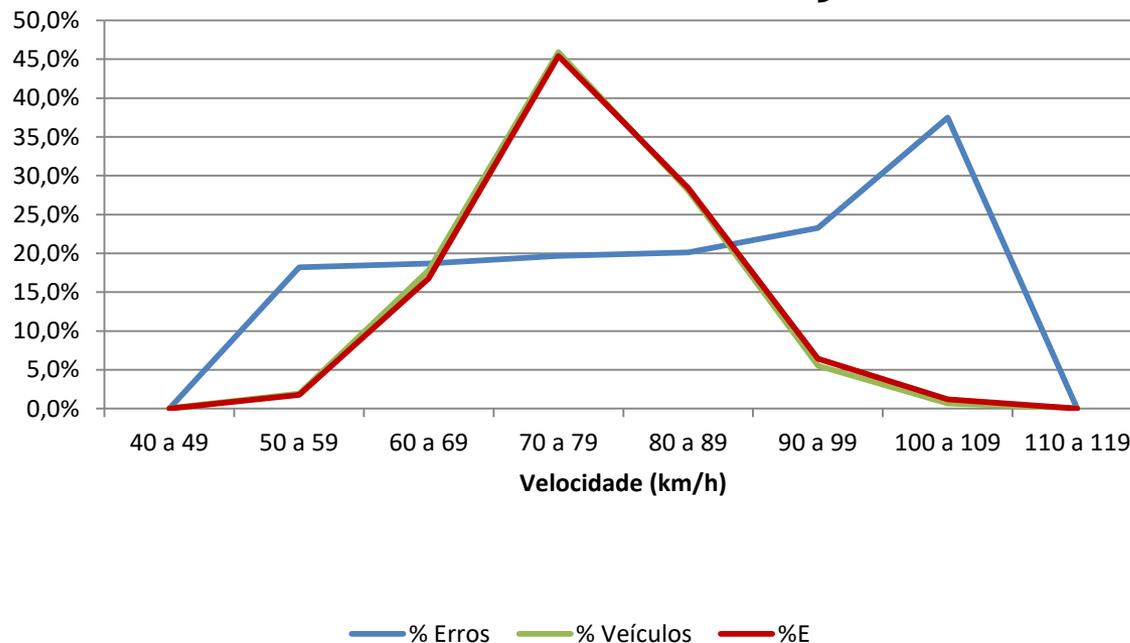
- Amostra de cerca de 800 veículos por solução (4 soluções), excluídas motos e placas ilegíveis
- Índices de acerto variaram entre 87% e 96%
- Comportamento dos erros em função da velocidade:



# 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



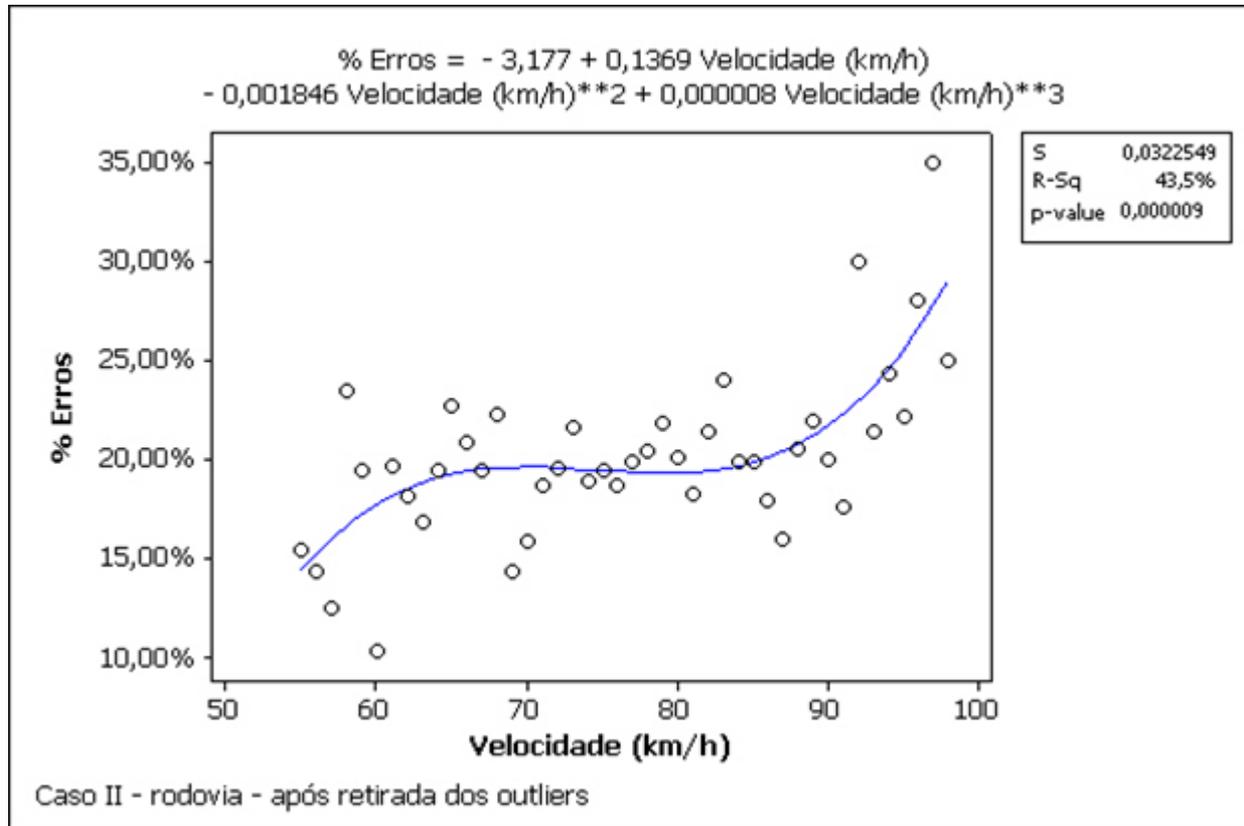
# Leitura de placas, radar fixo (III)

## Análise mais detalhada

- Estatística descritiva da variável velocidade (diagrama *boxplot* para extrair pontos atípicos) e diagramas de dispersão; e análise de regressão (% erros e velocidade e % erros e quantidade de veículos)
- Não se obteve relação significativa entre % erros versus quantidade de veículos
- Somente para o Caso II encontrou-se uma relação significativa entre % erros e velocidade, após a retirada dos *outliers*, representada por um modelo cúbico e com variação de resíduos constante em torno do modelo ajustado.

# Leitura de placas, radar fixo (IV)

## 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).



# Leitura de placas, radar fixo (VI)

## Conclusões

1. Índices de acerto variaram entre 87% e 96% em via urbana e entre 72% e 83% em rodovia, podendo indicar influência da velocidade ou resultar das diferentes soluções analisadas.
2. Uma correlação matemática entre % erros e velocidade não pode ser obtida para todos os dados, mas nota-se que a % erros tende a se estabilizar quando o volume de veículos é maior.
3. Ao se isolar a faixa de dados em que a quantidade de veículos é maior, para o Caso II observou-se um comportamento matemático que não ocorreu no Caso I.
4. Para o Caso I, observou-se uma tendência de aumento no número de erros após as 12 horas, provavelmente provocada pela posição do sol.

# 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