

Evolução dos sistemas inteligentes de transporte: da fiscalização à conectividade

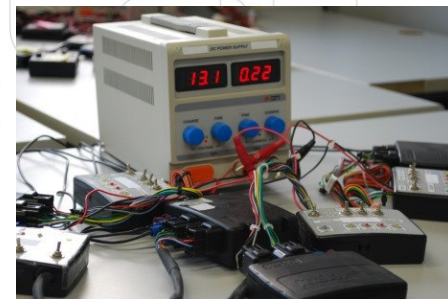
Ely Bernardes

*Palestra on-line, apresentada na Terça do Conhecimento,
SNT/MINFRA, 28 set., 2021. 48 slides*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. PROIBIDO REPRODUÇÃO

Evolução dos Sistemas Inteligentes de Transportes: da Fiscalização à Conectividade

@ Terça do Conhecimento,
SNTT/MINFRA, 28set.2021



Agenda 1



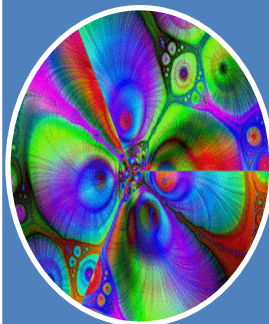
Contexto



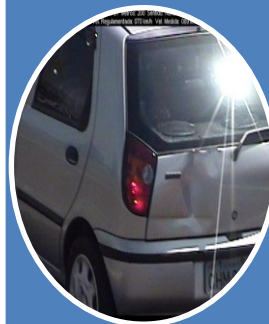
Sistemas e
serviços
ITS



Exemplos
e
tecnologias



Visão
sistêmica



Falhas e
defeitos



Projetos no
IPT



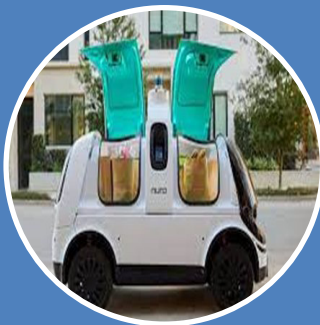
Agenda 2



Os sistemas
C-ITS



Truck
platooning



Veículos
autônomos



Estradas
inteligentes



Considerações
finais



Contexto mundial

- Década de Ação pela Segurança no Trânsito (ONU, 2011-2020)
- Acidentes de Trânsito: 8ª causa de mortes (OMS, 2016)
- 3ª Conferência Global sobre Segurança Rodoviária recomenda países prosseguirem no enfrentamento da morbimortalidade no trânsito (2020)
- 2ª Década de Ação pela Segurança no Trânsito (ONU, 2021-2030)
 - **Meta:** reduzir pelo menos 50% as lesões e mortes no trânsito.
 - **Incentivo:** treinamento e qualificação no que diz respeito às leis de segurança no trânsito e suas aplicações, segurança de veículos, melhorias de infraestrutura, transporte público e atendimento pós-acidente.

Potencial de contribuição dos sistemas ITS

Contexto no Brasil

- O Brasil é o quarto país com mais mortes no trânsito, atrás de China, Rússia, Índia e Estados Unidos (OMS).
- Necessidade de melhorar a mobilidade e preocupação crescente com a segurança no trânsito
- Grandes eventos esportivos mundiais e Plano Nacional de Mobilidade Urbana (2012)
- Impulso para investimentos e contexto favorável ao desenvolvimento e implantação de sistemas mais inteligentes

Potencial de contribuição dos sistemas ITS

Os Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS)

Utilizam - com sinergia - diversas tecnologias, assim como conceitos de engenharia de sistemas, para desenvolver e implementar serviços e sistemas de transportes de quaisquer natureza

(IEEE, Intelligent Transportation Systems Society)

Integram telecomunicação, eletrônica, TIC e engenharia de transportes para planejar, projetar, manter e gerenciar sistemas de transportes

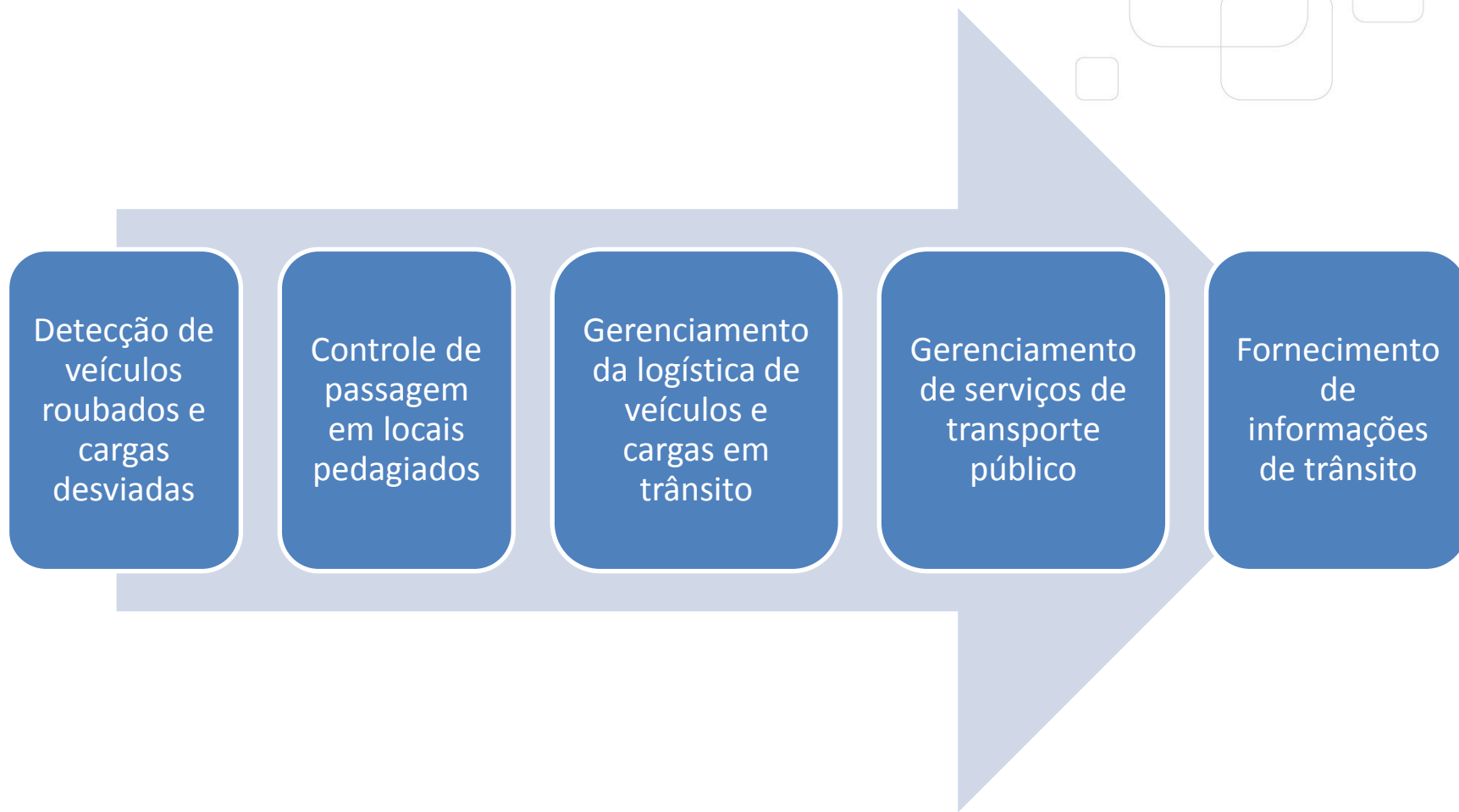
Aplicações destinadas a aumentar segurança no trânsito, minimizar impactos ambientais, melhorar gerenciamento do tráfego e maximizar benefícios para os usuários

..... e os serviços oferecidos

Operações e gerenciamento de trânsito

- manter circulação de pessoas, mercadorias e veículos na rede de transportes
- gerenciar e controlar fluxos de tráfego
- gerenciar incidentes
- gerenciar manutenção da infraestrutura
- fiscalizar cumprimento das regras de trânsito (infrações; irregularidades administrativas; monitoramento de emissões)

..... e mais serviços oferecidos



Alguns exemplos

Radares de velocidade

- Radar fixo
- Radar fixo com display
- Radar estático
- Embarcado em veículos
- Pistola laser

Radares multifuncionais

- Associados a softwares de OCR



Alguns exemplos (2)

- Semáforos inteligentes
- Sensores de detecção de passagem, de altura, de pesagem
- Controladores de acesso, de fluxo, de estacionamentos
- Sistemas de identificação veicular
 - Leitores Automáticos de Placas Veiculares
 - Tags/RFID: Sem Parar e outros similares
 - Rastreadores e sistemas embarcados



Alguns exemplos (3)

- CFTV: Circuito Fechado de TV
 - câmeras com alta definição e infravermelho, gerenciamento e estabilidade de imagens, maior tempo de gravação e possibilidade de visualização remota em tempo real
- PMVs: Painéis de Mensagem Variável
 - fixos ou móveis, exibem mensagens informativas e alertas
 - sub-utilizados, até hoje



Tecnologias envolvidas

- Para detectar veículos

- ✓ **sensores**

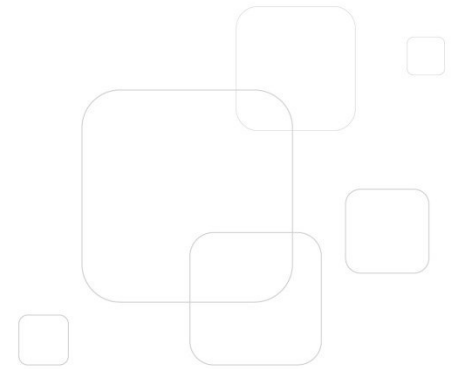
- laços indutivos
 - piezoelétricos

- ✓ **sensores**

- longo de onda
 - infravermelho
 - tecnologias



Tecnologias envolvidas (2)



- Para registrar e processar imagens
 - ✓ **câmeras** fotográficas ou de vídeo e **técnicas de processamento de imagens** aplicadas sobre fotos ou sequência de fotos/frames.
 - ✓ **métodos de processamento de imagens**: análise binária, de vários tons de cinza ou colorido; classificadores, que utilizam estatística, redes neurais ou algoritmos genéticos para interpretar imagem, **identificar região da placa, extraí-la e segmentar os caracteres** para reconhecê-los.

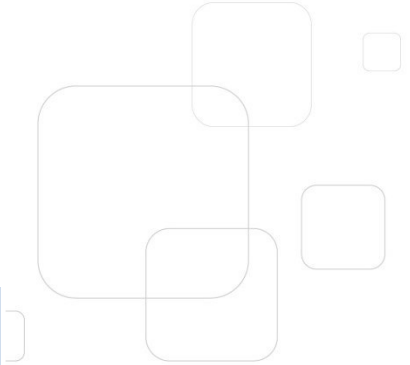
Tecnologias envolvidas (3)

- Para reconhecer padrões e analisar os dados
 - ✓ **software de OCR** que utilizam classificadores estatísticos, inteligência computacional e técnicas de reconhecimento de padrões.
- Para comunicação com sistemas e bases de dados
 - ✓ de acordo com as funções de ITS, os dados são analisados, transmitidos e processados, utilizando **tecnologias de TI e de telecomunicações**.

Visão Sistêmica

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

- Os Sistemas de Transportes Inteligentes envolvem um conjunto de equipamentos e softwares que interagem para realizar determinada função.
- Qualquer falha nos elementos dessa interação, implicará em uma falha do sistema.
- Pode ser adotada uma **representação em camadas**



Falhas, alguns exemplos na detecção de placas

Falha de OCR



DT INFR:11/12/2013 HOR INFR:11h50min18s

PLACA LIDA:COM3615

LOCAL/SENTIDO:Av. dos Bandeirantes, próx. ao Maduto João J C Aguiar,SENTIDO IMIGR./MARGINAL

CÓD EQUIP: FSC-S-1739FX ROL: 2

CADASTRO SP:Sim

No. SEQ REG:211909 CÓD ENQ:57030

DESCRIÇÃO: Deixar de conservar o veículo na faixa a ele dest. pela sinalização de regulam.

Outras falhas: placa amassada, sombra

Eqpto DER Nº 4 Rodovia SP-150 Acesso 000 Km: 21 Metros: 200 Sentido: Norte Faixa: 2
Data: 01/11/2009 Hora: 10h 28min 45s Vel. Regulamentada: 070 km/h Vel. Medida: 093 km/h



Outras falhas: posicionamento, enquadramento



Outras falhas: reflexo solar

Eqpto DER Nº 4 Rodovia SP-150 Acesso 000 Km: 21 Metros: 200 Sentido: Norte Faixa: 2
Data: 01/11/2009 Hora: 10h 31min 16s Vel. Regulamentada: 070 km/h Vel. Medida: 089 km/h



Imagem Nº: 50334 Placa: ATM8356

Outras falhas: reflexo de uma luminária



DT INFR: 13/12/2013 HOR INFR: 22h48min06s CLASSIF: Leve PLACA:
LOCAL/SENTIDO: Av. dos Bandeirantes, próx. ao Viaduto João J C Aguiar, sentido Marg./Imigrantes
CÓD EQUIP: 0000001400 DT AFER: 01/11/2013 FX ROL: 2 VEL.REG: 020 km/h VEL.MEDIDA: 057 km/h VEL.CONS: 050 km/h
No. SEQ REG: 218931 CÓD ENQ: 74710 DESCRIÇÃO: Transitar em velocidade superior à máxima permitida em mais de 50%

Outras falhas: cadastro x perfil



DT INFR:10/12/2013 HOR INFR:10h17min03s CLASSIF:pesado PLACA: DAP7118
LOCAL/SENTIDO: Av. Escola Politécnica, próx. ao IPT, sentido Rio Pequeno/Marginal
CÓD EQUIP:0000001533 DT AFER:09/10/2013 FX ROL:2 VEL REG:020 km/h VEL MEDIDA:030 km/h VEL CONS:023 km/h CAD.
No.SEG REG:103572 CÓD ENG:4 DESCRIÇÃO:Modo de Testes OCORR.: 1 7 9



DT INFR:10/12/2013 HOR INFR:10h19min14s CLASSIF:pesado PLACA: EGJ9488
LOCAL/SENTIDO: Av. Escola Politécnica, próx. ao IPT, sentido Rio Pequeno/Marginal
CÓD EQUIP:0000001533 DT AFER:09/10/2013 FX ROL:2 VEL REG:020 km/h VEL MEDIDA:035 km/h VEL CONS:028 km/h CAD.
No.SEG REG:103649 CÓD ENG:4 DESCRIÇÃO:Modo de Testes OCORR.: 1



DT INFR:10/12/2013 HOR INFR:10h17min03s CLASSIF:pesado PLACA: DAP7118
LOCAL/SENTIDO: Av. Escola Politécnica, próx. ao IPT, sentido Rio Pequeno/Marginal
CÓD EQUIP:0000001533 DT AFER:09/10/2013 FX ROL:2 VEL REG:020 km/h VEL MEDIDA:030 km/h VEL CONS:023 km/h CAD.
No.SEG REG:103572 CÓD ENG:4 DESCRIÇÃO:Modo de Testes OCORR.: 1 7 9



DT INFR:10/12/2013 HOR INFR:10h19min14s CLASSIF:pesado PLACA: EGJ9488
LOCAL/SENTIDO: Av. Escola Politécnica, próx. ao IPT, sentido Rio Pequeno/Marginal
CÓD EQUIP:0000001533 DT AFER:09/10/2013 FX ROL:2 VEL REG:020 km/h VEL MEDIDA:035 km/h VEL CONS:028 km/h CAD.
No.SEG REG:103649 CÓD ENG:4 DESCRIÇÃO:Modo de Testes OCORR.: 1

Outras falhas: “poluição” na extração da imagem



Classificação de falhas

Camadas		Fontes de Falhas	
		Intrínsecas	Extrínsecas
Infraestrutura	Infraestrutura de instalação	Estabilidade estrutural; localização exata do local; instalação e posicionamento corretos.	Estabilidade de estruturas de suporte (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 correto.	Posição do veículo na passagem pelo sensor; velocidade do veículo; vandalismo.
	Câmeras	Posicionamento em relação ao foco e ao iluminador	Posição do veículo e posição relativa entre veículos; vandalismo.
	Iluminadores	Posicionamento em relação à câmera.	Luminosidade externa. Vandalismo.
	Gabinete	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	



Alguns projetos realizados no IPT

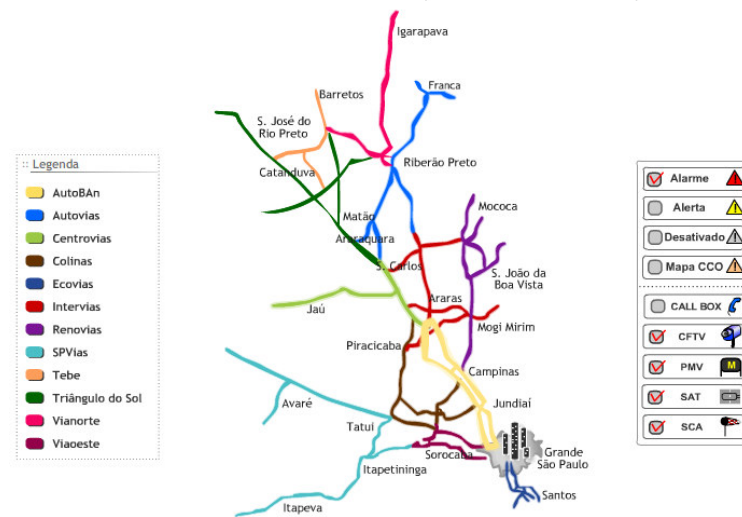
Monitoramento de Tráfego Urbano e Fiscalização de Irregularidades de Veículos em Rodovias

- Ensaios em campo para avaliar características técnicas e de desempenho de equipamentos e sistemas
- Mais de 50 soluções avaliadas e 20 mil imagens analisadas (SMT/CET-SP e DER-SP)
- radares fixos, estáticos, barreiras eletrônicas, radar laser, câmeras embarcadas; câmeras posicionadas estaticamente, PDAs

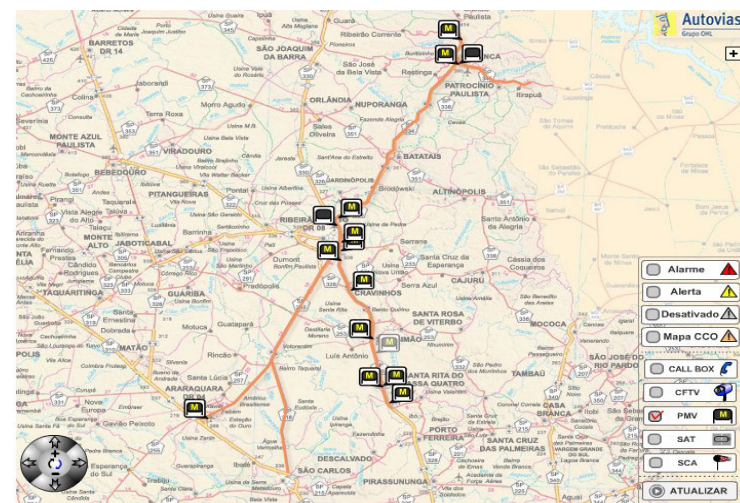


Desenvolvimento de Sistema MITS – Módulo ITS

- Sistema que integra informações dos equipamentos de ITS instalados pelas concessionárias de rodovias no Estado de São Paulo
- 19 concessionárias integradas, mais de 10 mil equipamentos cadastrados e mais de 1 milhão de registros de telemetria transmitidos para o CCI-Artesp

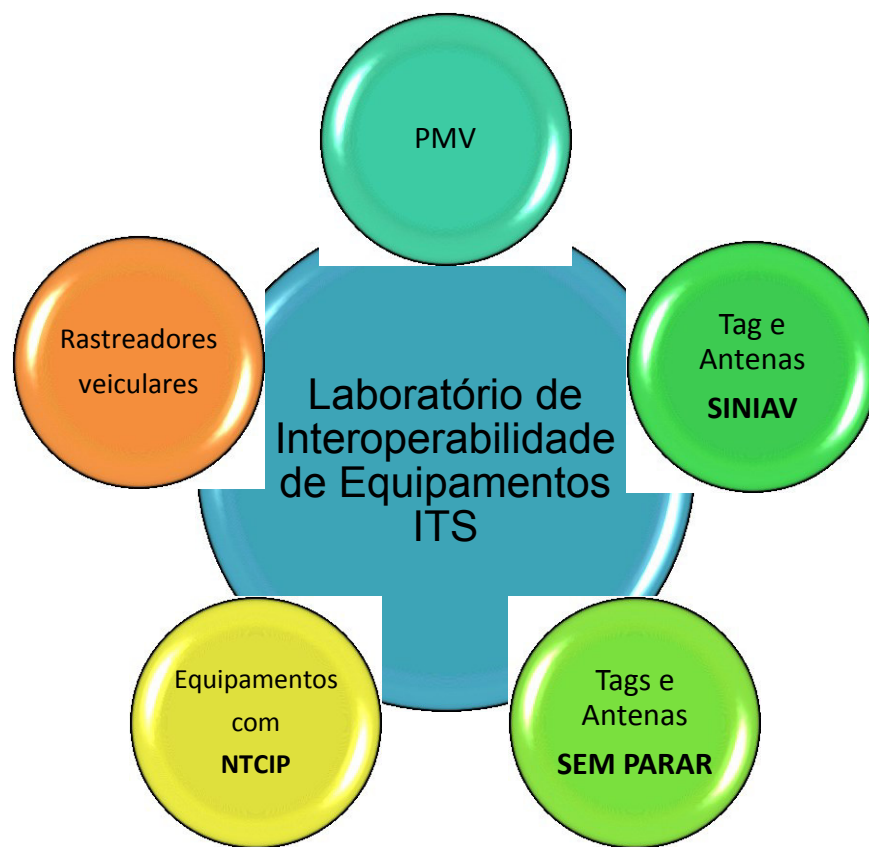


Tela do MITS - Mapa das Concessionárias



Tela do MITS - Monitoramento

Interoperabilidade de equipamentos



Homologação de Módulos de Pedágio – MIP

- Teste e avaliação de soluções das concessionárias para monitoramento das passagens de veículos nas praças de pedágio (MIP)
- Estrutura laboratorial similar ao ambiente de operação
- Plano de testes em laboratório e, posteriormente, em campo



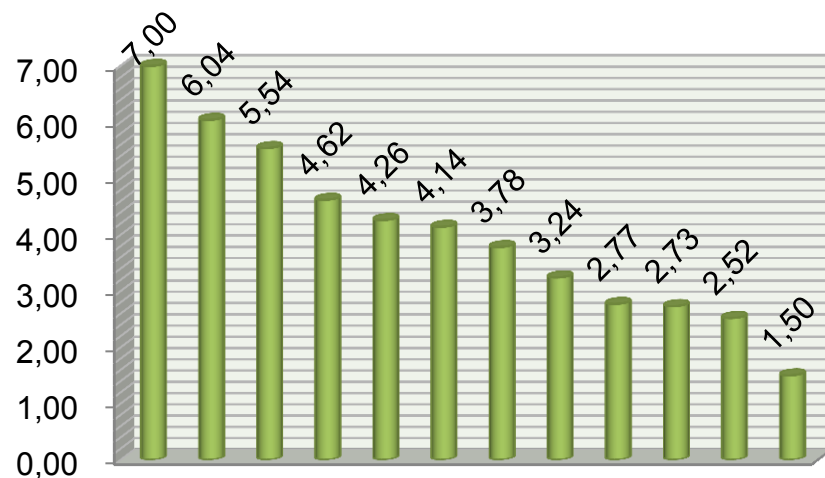
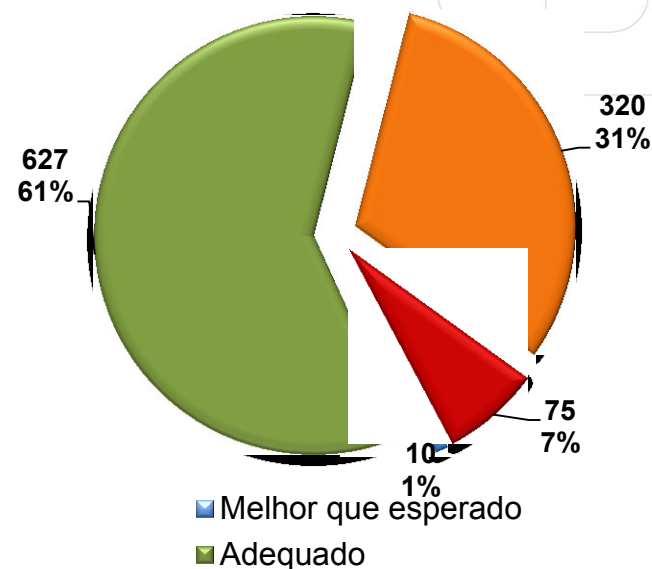
Solução MIP testada em laboratório do IPT



Equipe do IPT realizando os testes em campo

Avaliação de conformidade e qualidade de serviços

- Verificação de conformidade com requisitos de contrato (processos operacionais e de infraestrutura)
- Avaliação de maturidade dos processos da Concessionária
- Benchmark entre empresas que administram “Serviços públicos delegados de transporte”



Pesquisas recentes: Identificação de defeitos em pavimentos

- **Detector de buracos:** Desenvolvimento de um sistema automático para detectar e avaliar buracos em pavimentos viários, utilizando acelerômetros microeletromecânicos (MEMS)
- **Uso de IA para análise de falhas:** Método de Segmentação de Imagens Digitais para Identificação de Trincas em Pavimentos Viários: Um Estudo Comparativo

Agenda 2



Os sistemas
C-ITS



Truck
platooning



Veículos
autônomos



Estradas
inteligentes



Considerações
finais



Os novos sistemas

Sistemas Inteligentes de Transportes Cooperativos (C-ITS)

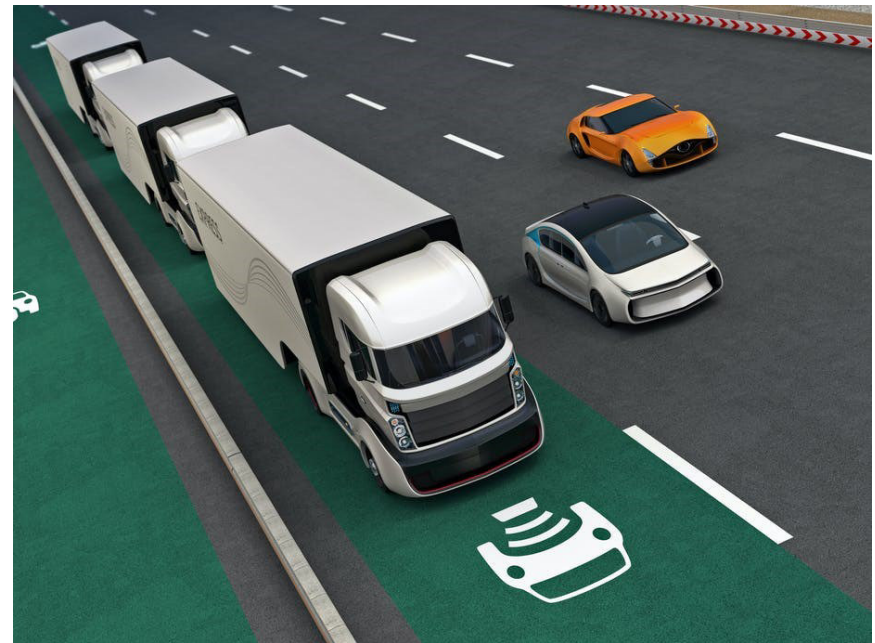
Aplicações que utilizam comunicação entre veículos (V2V) e entre veículo e infraestrutura (V2I), aumentando a qualidade e a confiabilidade da informação disponível sobre os veículos, sua localização e o ambiente em que trafegam

- Alguns exemplos
 - *Truck Platooning*
 - Veículos autônomos
 - Estradas inteligentes

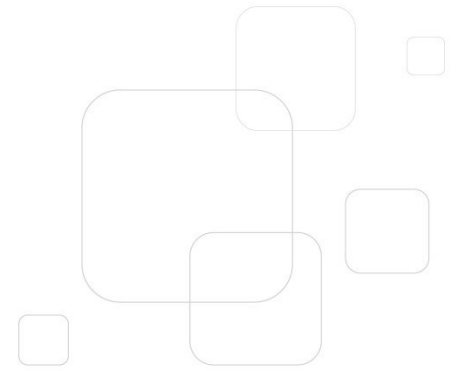
Truck Platooning

Condução de veículos em comboio, principalmente em rodovias. Os veículos trafegam mantendo distanciamento reduzido, de forma a reduzir a resistência do ar.

- economia de combustível
- redução na emissão de CO2



Truck Platooning



- *Driver-Assistive Truck Platooning – DATP*
 - **Veículo líder** com motorista que tem **controle** sobre velocidade e direção, observando as condições de operação da rodovia, veículos na sua proximidade e condições climáticas, mantendo condução segura e previsível. **Os demais** veículos mantêm seus motoristas e são **assistidos** por sistemas que garantem distância segura com o veículo à sua frente, utilizando comunicação V2V (Vehicle to Vehicle).
- *Autonomous Truck Platooning*
 - Os **demais veículos** que seguem o líder são dotados de sistemas que garantem a sua **condução autônoma**, dispensando o motorista.
- Experimentos já realizados são do tipo DATP

Truck Platooning – alguns projetos (1)

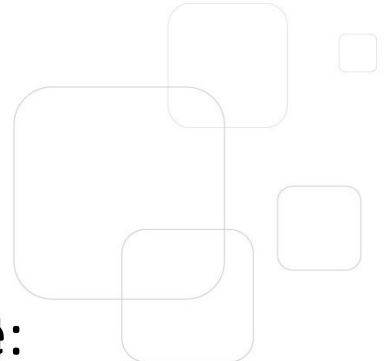
- Projeto **Companion** (2013-2016): SCANIA, IDIADA, KTH, OFFIS.
- European Truck Platooning **Challenge** (2016): DAF, Daimler, IVECO, MAN, Volvo e Scania. Partindo de diferentes países, chegada no porto de Rotterdam.
- **VINNOVA** (2017): Volvo, Scania, RISE, KTH, DB Schenker, Trafikverket.
- **US Federal Highway Administration** (2017). Univ.Berkeley, Transport Canada, Volvo Trucks.
 - Economia líquida de combustível variou, entre 5,2% e 7,8%.
 - O efeito combinado do *platoon* com o reboque aerodinâmico indicou economia de 14,2%.

Truck Platooning – alguns projetos (20

- **Volvo Trucks North America (2018).** Demonstração de tecnologia de *platooning* em rodovia da Carolina do Norte.
- **ENSEMBLE (2019-2021):** DAF, DAIMLER, IVECO, MAN, SCANIA, TNO, IDIADA, UNIV GUSTAV EIFFEL, KTH and VU Brussel, Ertico. Testes em vias públicas. Controle longitudinal, sensores, interação HMI, infraestrutura (V2I), informações entre os caminhões no comboio e estratégia de comboio (modo de coordenação, regulação de intervalo, formação, dissolução e mistura de veículos).

Ensemble Public Demo, 23/09/2021

Truck Platooning - tendências



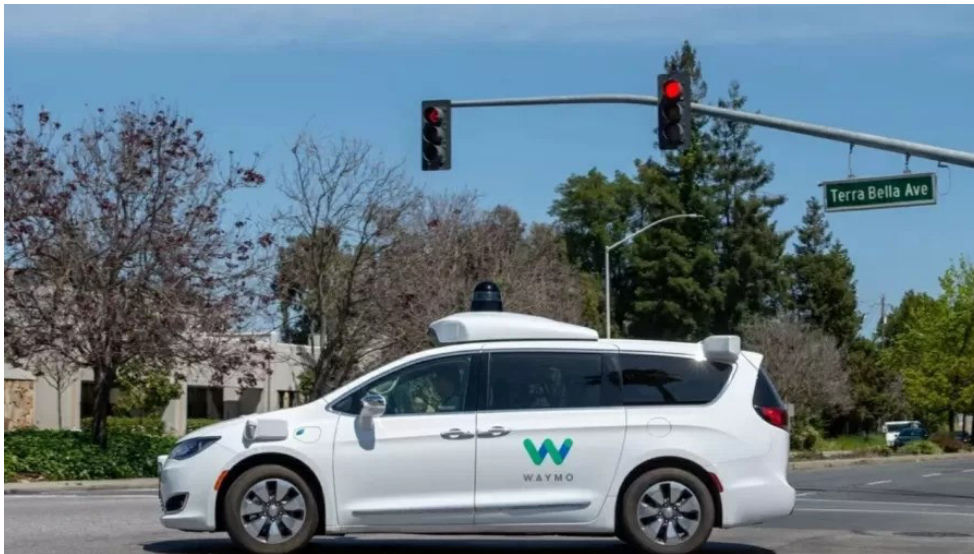
Estudo da Markets&Markets (2018) apontou que:

- O esforço pioneiro da Suécia, Holanda e Reino Unido, envolvendo tecnologias e legislação, terão impacto significativo para o mercado europeu.
- O custo dos sistemas DATP deve decrescer com o tempo, estimulando um aumento da demanda futura.
- Redução dos custos operacionais com a adoção do *platooning* estimulará sua adoção nos próximos anos.
- Preocupação com a segurança (*safety* e *security*) nas estradas estimulará a adoção do *truck platooning*.

**Brasil: dinamismo do transporte de cargas e extensa malha rodoviária também são um forte estímulo
(IPT inicia parceria com Idiada)**

Veículos autônomos

- No mundo:



- No Brasil, caminhões autônomos na agricultura
<https://www.youtube.com/watch?v=E0ZkjWcK-14>

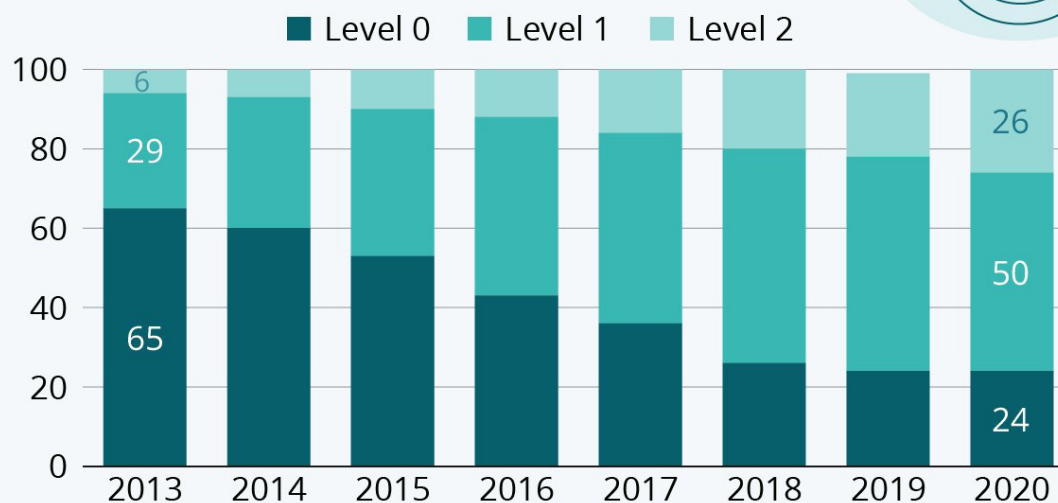
Veículos autônomos

Níveis de automação (SAE)

Nível	Descrição	Função Motorista	Função Veículo (exs.)
0	Nenhuma autonomia Segurança ativa	Controle total do motorista	ABS, avisos e alertas
1	Autonomia limitada Segurança ativa e algumas funções autônomas	Nível de controle altíssimo do motorista	Centralização na faixa, controle de velocidade adaptativo (mantém distância do veículo à frente)
2	Autonomia limitada Segurança ativa e algumas funções autônomas	Maior parte do controle pelo motorista; sistema assume em certas condições	Centralização nas faixas, controle de velocidade adaptativo, estacionamento autônomo, funções simultâneas
3	Autonomia condicional	Motorista pode desabilitar a automação e habilitar em condições específicas	Autonomia acionada em certas condições: tráfego intenso, auto estrada etc.
4	Alto nível de autonomia	Motorista não é necessário, em determinadas condições	Autonomia condicional em locais autorizados, por ex., taxi local, regiões definidas
5	Autonomia total	Motorista não é necessário	Total automação, sem necessidade do motorista

Cars Increasingly Ready for Autonomous Driving

Estimated share of newly registered cars worldwide by autonomous driving level



Level 0=no autonomous driving

Level 1=partly assisted driving (steering OR braking)

Level 2=assisted driving (steering AND braking below 60 km/h)

Source: Statista Mobility Market Outlook



statista

Veículos autônomos no Brasil: pesquisa avançada



***lara**, Intelligent Autonomous Robotic Automobile, da UFES*

<https://www.youtube.com/watch?v=t7D0GQJWYPQ>

Estradas inteligentes

Especialmente projetadas e equipadas com recursos inteligentes
IoT, IA, Bigdata, redes banda larga



Estradas inteligentes – alguns objetivos

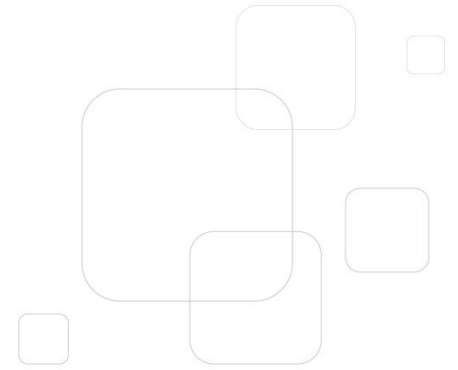
- **Aumento da segurança:** informação aos usuários, prevenção de comportamentos indevidos, segurança preventiva cooperativa
- **Gestão da mobilidade:** gestão da demanda, gestão da infraestrutura, gestão de eventos especiais
- **Controle de tráfego:** detecção e previsão de tráfego, regulamentações de tráfego, gerenciamento de sinalização dinâmica
- **Monitoramento:** gestão e controle em tempo real das infraestruturas e da estrada

Estradas inteligentes – um exemplo (Itália)

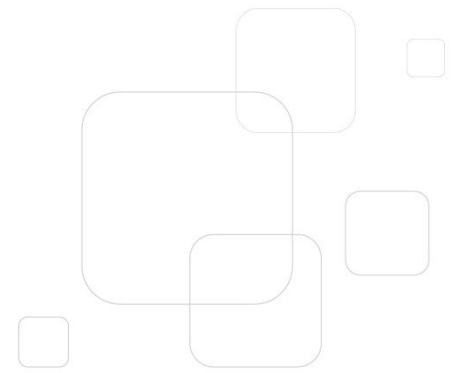
- Inaugurada por ocasião do **Campeonato Mundial de Esqui**, organizado por uma das estações de esqui mais importantes do Vêneto, a **Statale 51 de Alemagna** é hoje uma estrada com alta concentração de tecnologia.
- No trecho de Longarone a Cortina, município da província de Belluno, foram instaladas **câmeras e sensores** que monitoram o fluxo do tráfego por cerca de **80 quilômetros** 24 horas por dia, processando as informações em tempo real.

<https://www.youtube.com/watch?v=PEUX02bSAI0>

Considerações finais



- Preocupações no país
 - ✓ Legislação apropriada aos avanços tecnológicos
 - ✓ Incentivos governamentais por meio de programas de desenvolvimento e comitês técnicos de apoio
 - ✓ Uso amplo de dados de transportes para planejamento e coordenação de políticas públicas – por ex., Covid



Obrigada!

Ely Bernardi
ely@ipt.br