



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PTR – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
PTR 2580 – FUNDAMENTOS DE SISTEMAS DE TRANSPORTES INTELIGENTES

PROJETO TEMÁTICO

SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA RODOVIAS

Ana Carolina Kobuti Rentes

Número USP: 7631622

Elias Dantas Neto

Número USP: 7633148

Henrique Lopes de Castro Número

Número USP: 7700977

São Paulo, 10 de junho de 2015

Sumário

| | |
|--|----|
| FASE A..... | 3 |
| CONTEXTUALIZAÇÃO..... | 3 |
| LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES ATUAIS..... | 3 |
| ANÁLISE DO PROBLEMA..... | 4 |
| OBJETIVOS E METAS..... | 4 |
| FASE B..... | 4 |
| PROPOSTA DE ALTERNATIVAS..... | 4 |
| DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO..... | 5 |
| MATRIZ DE DECISÃO | 5 |
| ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO | 6 |
| “Pacotes” de serviços ITS | 8 |
| Aspectos da implementação | 10 |
| Considerações Gerais | 11 |
| Implementação de Sucesso..... | 12 |
| Reflexões | 13 |
| FASE C..... | 15 |
| CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 15 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 15 |
| RESUMO EXECUTIVO..... | 16 |

FASE A

CONTEXTUALIZAÇÃO

O conjunto de soluções tecnológicas de informações e comunicações dentro do setor de transporte, com a finalidade de aperfeiçoar a operação e segurança do tráfego terrestre é denominado Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS). Nesse contexto, existem os sistemas de comunicação entre os veículos e a infraestrutura das vias, e entre os veículos. Essa interação é conhecida ao redor do mundo como Cooperative Intelligent Transport System (CITS), e é encarada atualmente como uma solução de alto potencial para resolver os problemas de transporte, sendo estudada e testada em diversos países como Estados Unidos, Japão, Coréia, Europa e Austrália.

LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES ATUAIS

AUSTRÁLIA: Maior projeto australiano de CITS implantado no segundo semestre de 2014 em 42 km de rodovia, do Porto *Kembla* até a intersecção *Hume Highway-Picton Road*. A primeira fase é focada em 60 veículos pesados usuários do porto, equipados com dispositivos CITS. A comunicação entre veículos e entre veículos e via é feita com a tecnologia DSRC (*Dedicated Short-Range Communication*), um sistema Wi-Fi que permite a comunicação nos dois sentidos em um raio de 200-300 metros utilizando a frequência 5.9GHz. O sistema permite a troca de informações como mensagens de tempo, congestionamento, acidentes, etc.

HOLANDA: *Smart Highway* é um projeto focado principalmente na sustentabilidade, resultado da aliança do designer Daan Roosegaarde e a construtora europeia Heijmans. O conceito inovador dispõe de dispositivos como linhas que brilham a noite, tinta dinâmica, faixa prioritária para carros elétricos, luzes interativas e linhas dinâmicas. O primeiro teste foi em uma ciclovia (*Van Gogh-Roosegaarde cycle path*) em novembro de 2014, construída com pedras com a tecnologia de energia solar e aplicação de linhas que brilham a noite em trecho da rodovia *Graafsebaan*

JAPÃO: Em 2001, o serviço ETC (*Electronic Toll Collection*) foi lançado e em 2009, com esta ferramenta em 87% dos veículos, foi possível diminuir o congestionamento em 30% e reduzir as emissões de CO₂ de 0,21 milhões de toneladas por ano. 60% do congestionamento eram ocasionados por variações de elevação na via. Como solução, foram desenvolvidos ITS Spots, que transmitem para os veículos, por 5.8 GHz DSRC, velocidades ótimas e distâncias ideais entre veículos. A empresa automobilística Toyota atualmente desenvolve inúmeros projetos inovadores : *Right-turn collision caution, Emergency vehicle notification, signal change advisory, communication radar cruise control, red light caution*. A Toyota trabalha com um projeto que conecta pedestres, veículos e infraestrutura, por meio de radio (700 MHz), e lançou em 2012 um centro de testes *ITS Proving Ground*, muito semelhante à ideia de *MCity* da Universidade de Michigan, nos Estados Unidos.

PAISES BAIXOS-ALEMANDA-ÁUSTRIA: Cooperative ITS Corridor Roterdã-Viena é uma rodovia construída com o objetivo de suportar toda uma infraestrutura ITS, que conecta Roterdã, Alemanha e Áustria. A primeira fase consiste apenas na transmissão de pequenas mensagens para usuários, como de obras na pista, e na transmissão de mensagens de usuários sobre a situação das pistas para a infraestrutura. Essa transmissão é feita com a tecnologia ITS G5, por meio de DSRC (sistema de Wi-Fi, frequência 5.9 GHz) ou comunicação de celular (3G, 4G). Laboratório teste da Áustria com câmeras a cada 100 m e transmissores Wi-Fi a cada 500m.

ANÁLISE DO PROBLEMA

Dado o panorama atual com os diversos exemplos de tecnologia empregados ao redor do mundo, ao fazer uma análise comparativa, podemos perceber certo atraso no Brasil no emprego de tecnologias ITS, e mais especificamente CITS. De acordo com a *Castrol Magnatec Stop-Start Index*, desenvolvida com o auxílio do GPS TomTom, o Rio de Janeiro é a terceira cidade do mundo com pior congestionamento do mundo, entre outras cidades famosas pelo trânsito de veículos como São Paulo e Recife. Ainda assim, vemos pouca mobilização pelo uso de tecnologias para a resolução desses problemas de mobilidade urbana: falta incentivo e investimento em pesquisas, que poderiam ser realizadas por parcerias público privadas, e muitas vezes o não uso é justificado pelo custo desses sistemas. Entretanto, os custos de tempo nos congestionamentos e de acidentes por falta de segurança nas vias continuam aumentando.

OBJETIVOS E METAS

Com base nos problemas apresentados anteriormente, passa-se a observar atentamente os exemplos de aplicação de tecnologias CITS ao redor do mundo que deram certo, e adaptar para as realidades do nosso país. Assim, haverá uma proposta de alternativas de tecnologias que podem ser implantadas no Brasil, e em seguida a escolha de uma solução com base em uma matriz de decisão e parâmetros pré-estabelecidos. Definida a solução mais adequada, serão detalhadas as funções da tecnologia escolhida, seus benefícios, suas dificuldades e seus aspectos de implantação.

FASE B

PROPOSTA DE ALTERNATIVAS

Seguindo a lógica explicada, vamos analisar os casos de sucesso de implantação de tecnologias ITS ao redor do mundo. Neste item, dividiremos as alternativas em dois conjuntos distintos: tecnologias aplicadas em cidades e tecnologias aplicadas em rodovias. Não entraremos em detalhes sobre as funcionalidades de cada uma, tarefa que será realizada nos próximos itens.

DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO

Para fazer a análise comparativa entre os grupos de alternativas, definiremos critérios de avaliação. Estes serão os conceitos de segurança, tecnologia e sustentabilidade:

- **Segurança:** Medida do quanto a alternativa é capaz de aumentar a segurança do motorista e das pessoas ao seu redor. Este critério leva em consideração fatores como condições meteorológicas, traçado da pista, condições adversas de tráfego (acidentes, obras, congestionamento e veículos parados no acostamento), condições comuns de tráfego (mudança de faixa e diferença de velocidade entre veículos), e conectividade (confiabilidade na conexão).
- **Sustentabilidade:** Medida do impacto da alternativa na qualidade de vida das pessoas, no meio ambiente e na economia. Este critério engloba fatores como qualidade do ar (controle de temperatura, ruídos, emissão de gases), qualidade de vida (redução do estresse e do tempo em congestionamentos), desenvolvimento econômico (aumento da eficiência e capacidade das vias), redução de consumo de energia elétrica, entre outros.
- **Tecnologia:** Medida da facilidade de implantação da alternativa, dos custos envolvidos, da adaptação dos usuários, das vias e das infraestruturas de transporte, e da integração com outros modos de transporte.

Com relação à hierarquização, será adotado o mesmo peso para os 3 critérios, de forma a igualar suas importâncias, já que cada um analisa as alternativas de acordo com diferentes aspectos. Além disso, temos um número ímpar de critérios, o que facilita a implantação desse método de análise simplificado.

MATRIZ DE DECISÃO

Após a definição dos critérios e a hierarquização entre eles, podemos utilizá-los para comparar os diferentes grupos de alternativas, segundo cada um deles:

- **Segurança:** De acordo com algumas estatísticas, acidentes em rodovias são a nona maior causa de mortes do mundo, contabilizando 2,2% de todas as mortes pelo mundo. Além disso, 20-50 milhões de pessoas sofrem acidentes de carro em rodovias a cada ano. Devido a esse cenário, o grupo de alternativas de tecnologias ITS em rodovias leva vantagem por esse critério.
- **Sustentabilidade:** Nos centros urbanos, temos enormes taxas de emissão de gases poluentes, índices altíssimos de congestionamentos nas diversas cidades brasileiras, com conseqüente geração de estresse e custo por tempo perdido para a sociedade, e inúmeras vias com problemas de capacidade nas horas de pico. Dessa forma, o grupo de alternativas de tecnologia ITS em cidades oferece maior impacto positivo em sua implantação, segundo esse critério.

- **Tecnologia:** Através das análises dos casos estrangeiros, percebe-se uma diferença no nível de maturidade das tecnologias empregadas. Enquanto que no caso da MCity já existem protótipos dos carros inteligentes, muitas tecnologias que seriam empregadas nas rodovias ainda não saíram do papel. Assim, há uma aparente maior facilidade de implantação dessas tecnologias nas cidades em comparação com as rodovias. Portanto, as alternativas de ITS em cidades levam vantagem por esse critério.

Finalmente, temos um resultado final na comparação entre os dois grupos de alternativas escolhidos, o que pode ser verificado através da seguinte matriz de decisão:

| | ITS EM CIDADES | ITS EM RODOVIAS |
|-----------------------|----------------|-----------------|
| Segurança | | X |
| Sustentabilidade | X | |
| Tecnologia | X | |
| GRUPO VENCEDOR | X | |

Tabela 1 - Método de avaliação para decisão

ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO

Como já mencionado na FASE A do projeto, o problema apontado é a defasagem do Brasil no tema de ITS em relação a outros países. De acordo com *Castrol Magnatec Stop-Start Index*, desenvolvido com auxílio do GPS *TomTom*, o Rio de Janeiro é a terceira cidade com pior congestionamento do mundo. Esse é apenas um dos exemplos que podem ser encontrados no Brasil, o problema de congestionamento é muito frequente e impactante no país. Assim, o trabalho presente baseou-se no estudo de casos espalhados no mundo, ou seja, foi feita uma análise do que está sendo estudado, desenvolvido ou implantado nas principais potências mundiais.

Com as experiências e estudos apresentados, o objetivo principal deste projeto é determinar quais das aplicações citadas poderiam se enquadrar nos casos de rodovias brasileiras. Além de estabelecer como meta todos os benefícios de adoção de novas tecnologias ITS ou um sistema cooperativo de ITS, será procurado um conjunto de práticas que poderão ser consideradas para serem implantadas no Brasil.

Dentre as alternativas propostas nesse estudo, foi possível identificar a melhor e mais adequada solução para o problema apresentado, utilizando o Método de Critérios para Avaliação. As sugestões da matriz são de extrema relevância e, com auxílio da mesma, concluiu-se que a solução mais interessante de Sistemas de Transporte Inteligentes para o caso é o conjunto (parcial ou total) de tecnologias que estão sendo desenvolvidas e implantadas na Mcity. A ideia dessa escolha baseou-se também na possibilidade de se desenvolver um projeto semelhante atrelado a um órgão educacional, como a Universidade de São Paulo. Ou seja, espelhando-se nas diversas iniciativas e testes que estão sendo realizados na Universidade de Michigan, a Universidade de São Paulo poderia começar com pequenos

projetos de implantação de dispositivos nas ruas da Cidade Universitária e até em veículos, cujos donos se dispõem a instalar.

Mcity é uma cidade laboratório, ou seja, suas ruas são pistas de testes. O projeto foi lançado em setembro de 2013 e a cidade laboratório, de 32 acres (aproximadamente 130.000 m²) foi construída em 2014, a um custo de U\$ 6.500.000,00. O projeto é da Universidade de Michigan, juntamente com o Departamento de Transportes de Michigan e com empresas automobilísticas. Seu maior objetivo é melhorar dramaticamente a segurança (em relação a acidentes de veículos), sustentabilidade e acessibilidade. Ainda, a Universidade estabeleceu como meta, a implementação de um sistema de mobilidade conectado e automatizado nas ruas de Michigan em 2021, com auxílio de muita pesquisa em diversos temas dentro do próprio campus. Essa parceria público-privada acredita que irá revolucionar a mobilidade, conectando veículos, vias e usuários.

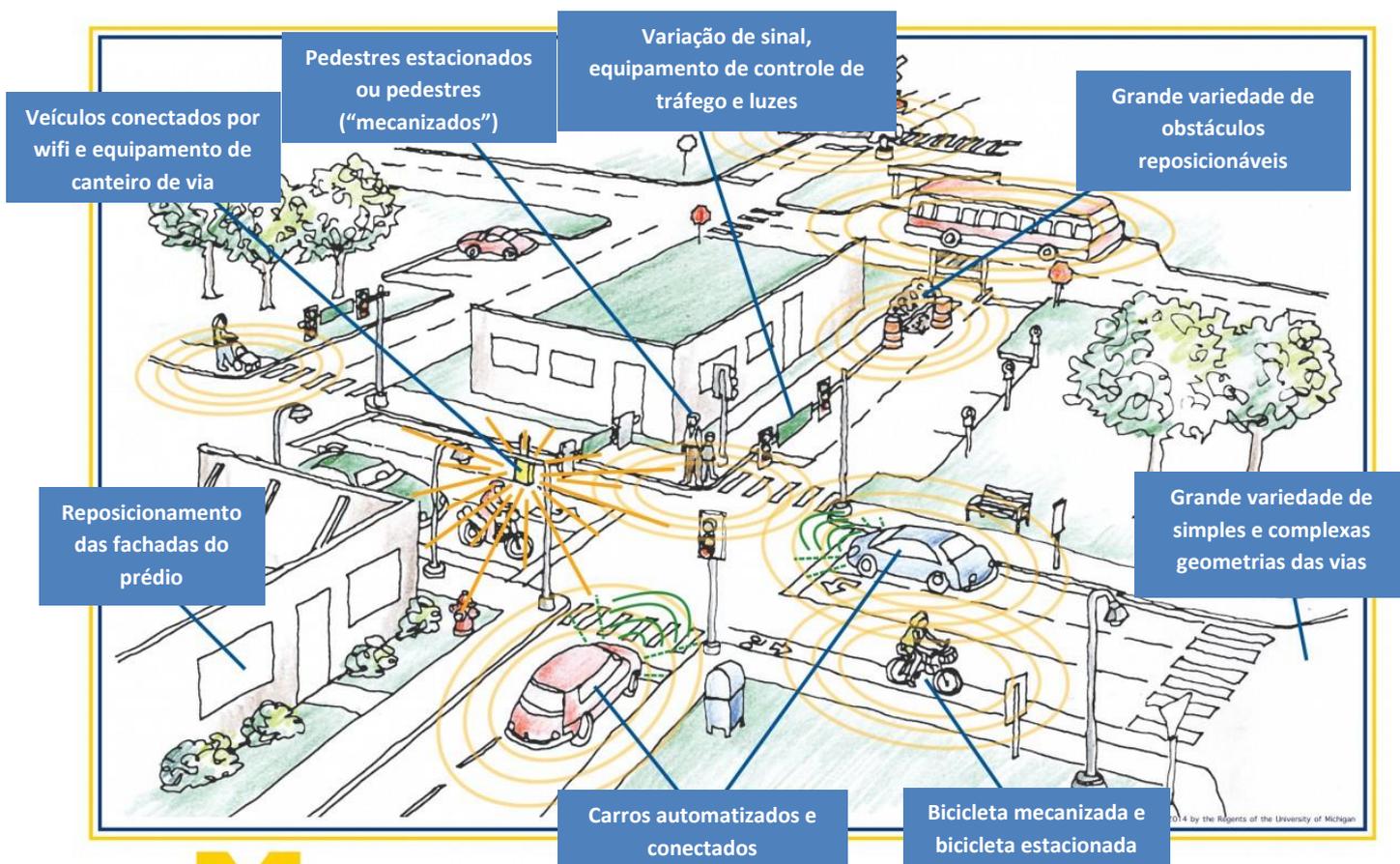
A comunicação nesse sistema é via wireless e pode ser entre veículo e veículo ou entre veículo e infraestrutura. A troca de informações permite uma série de ações, que unicamente surgem nessa situação, como, por exemplo, de a infraestrutura avisar motoristas sobre acidentes, obras, o motorista no cruzamento a frente passar um semáforo vermelho, que poderia gerar um acidente, e perigos em geral. A intenção da cidade é conectar também outras formas de transporte, como a pé ou de bicicleta, interagindo com o sistema por um aplicativo de celular, por exemplo, no entanto, esse não é o foco do problema em questão.

A iniciativa da Universidade de Michigan é única, pela combinação de alguns fatores. Além dos fatores tecnológicos, que serão apresentados a seguir, o fato de o projeto ser desenvolvido por alguns parceiros é extremamente enriquecedor, o trabalho em conjunto pode ser acelerado e otimizado, para melhorar a velocidade de progresso e a modelagem do futuro. São parceiros nesse projeto: empresas automotivas, companhias de TI e telecomunicações, companhias de hardware e software, a Universidade de Michigan, o Departamento de Transportes, agências federais, que estão envolvidos com o gerenciamento de informação, análises e transmissões.



Figura 1 - Vista aérea da construção da Mcity

“Pacotes” de serviços ITS



Centro de Transformação da Mobilidade

Figura 2 - Esquema da Mcity, em Michigan

Testes de tecnologias em um ambiente completo como uma cidade laboratório têm resultados de alta significância e são extremamente essenciais como uma etapa antes de tornar um dispositivo ou equipamento ou outra tecnologia implementada nas vias e nos veículos de forma generalizada. Novas iniciativas podem ser testadas em um ambiente seguro, controlado e realista antes de serem implantadas nas ruas.

A ilustração acima representa um esquema que simplifica e mostra algumas tecnologias desenvolvidas e aplicadas no sistema da cidade de testes Mcity. Essas tecnologias podem ser conceituadas como:

- **Comunicação entre o Veículo e a Infraestrutura (e a direção oposta, ou seja, entre a Infraestrutura e o Veículo):** consiste numa comunicação por sistema DSRC (*Dedicated Short Range Communication*), que consiste numa comunicação nos dois sentidos (V2I ou I2V) em um raio de aproximadamente 200 metros e cuja frequência é 5.9 GHz. Assim, é possível estabelecer troca de informação entre os dois componentes do

sistema, otimizando o uso das vias. O componente veículo conectado pode fornecer, de maneira anônima e segura, pequenas mensagens para a infraestrutura, como posição, velocidade, direção, etc. Uma vez que os carros forem equipados com sensores e dispositivos de comunicação entre si, será possível essa troca de informação entre os veículos e uma melhor dirigibilidade nas vias em que esses veículos estão circulando. O componente equipamento de canteiro de via é composto por dispositivos instalados ao longo da infraestrutura, em pontos estratégicos para que ocorra a comunicação entre veículos e infraestrutura;

- **Veículos Automatizados:** são veículos que são equipados com novos sistemas de situação de consciência e controle, o que fortemente pode substituir o elemento de responsabilidade do ser humano e do seu comportamento. Esses veículos respondem automaticamente às situações do tráfego, ativando diretamente certas funções do veículo, como o acionamento do acelerador, do freio, do volante. Sistemas de condução automatizados consistem uma tecnologia extremamente complexa. Várias tecnologias de sensores diferentes - tais como radar, câmera, lidar e comunicação V2X - devem fornecer uma imagem completa do que está acontecendo ao redor do veículo. Isso só pode ser feito de forma confiável com sensor de algoritmos muito avançadas de processamento de dados. De decisão e de controle de algoritmos sofisticados, então, para garantir que o carro reaja corretamente para a quantidade praticamente infinita de eventos que podem acontecer no tráfego do mundo real. O futuro do carro automatizado são os carros autônomos, que são diferentes e são do nível mais avançado de automatização dos veículos. A convergência das tecnologias conectadas e automatizadas acelera o poder de transformação, a confiabilidade e a implantação de um novo sistema de serviços de mobilidade para as pessoas e de mercadorias. Quando implementados em larga escala, os sistemas de veículos conectados e automatizados podem melhorar drasticamente a segurança, aliviar o congestionamento do tráfego, reduzir as emissões, conservar energia e maximizar a acessibilidade de transportes;
- **Varição de Sinal:** é uma tecnologia que depende do dispositivo receptor nos veículos. Essa tecnologia consiste na transmissão de informação de que o semáforo está à determinada distância e está prestes a trocar de sinal. Se o veículo, ainda, for automatizado, a resposta ocorre automaticamente, ou seja, se o semáforo a 200 metros à frente do veículo está indo de verde para vermelho, significa que o carro acionará os freios e conseguirá parar totalmente o veículo antes de chegar na faixa de pedestres. Na situação oposta, se o semáforo, a 200 metros à frente de um motorista, está vermelho e, repentinamente, ele se torna verde, a informação é transmitida para o veículo que pode começar a acelerar o veículo;
- **Avisos de Segurança:** os veículos são cada vez mais equipados com sistemas de segurança ativa ou de pré-colisão. Estes sistemas complexos usam dados de dentro e do lado de fora do veículo a altas velocidades para reduzir as chances de impacto. Aviso de saída da faixa, travagem automática, manobras de prevenção de acidentes e outros protocolos de intervenção precisam ser testados e validados cuidadosamente e com precisão. Isso requer software que seja rápido e de profunda compreensão de veículos e pneus dinâmica e experiência com o comportamento dos ocupantes;

- **Equipamentos de controle de luz e de tráfego:** como exemplo dessa tecnologia, temos os painéis de mensagens variáveis, que são instrumentos que permitem uma comunicação entre uma central de controle de operação e os usuários, não os veículos. Podem ser transmitidas mensagens institucionais, avisos, campanhas educativas, etc. É possível, também, avisar os motoristas sobre as condições de tráfego, acidentes, condições climáticas, tempo de percurso. Outro exemplo são painéis de estacionamentos dinâmicos, que podem ser espalhados pela cidade e ilustram o número de vagas disponíveis no exato momento em que o usuário olha para a placa.
- **Câmeras de vídeo game:** para implementação de sensores nos veículos inseridos na Mcity, houve muita discussão. Seriam necessários sensores, câmeras, laser, etc., aumentando significativamente o orçamento. Um scanner laser pode custar, hoje, dez mil dólares, uma tecnologia extremamente cara. Para solucionar essa questão, um estudante da universidade de Michigan desenvolveu uma simples câmera de vídeo game para ser acoplada no veículo e ser responsável por fornecer imagens e facilitar a disposição espacial do mesmo, artifício muito mais barato. Claro que a câmera não é completa como o scanner de laser, mas ela consegue preencher funções fundamentais para a navegação.



Tabela 2 - Imagem de câmera de vídeo game

Aspectos da implementação

A implementação de tecnologias ITS é complexa. Além de requerer inúmeros testes e estudos, é necessário um alto valor de investimento, as tecnologias apresentadas são caras e de desenvolvimento excepcional. É sempre essencial estudar a viabilidade econômica da aplicação de tecnologias e como contornar as condições presentes e encontrar a melhor combinação para a implementação de tecnologias. No caso da Mcity, foi uma associação público-privada, com um

Este processo de implementação é um processo normalmente separado em etapas. Dificilmente há casos de implementação de mais de uma tecnologia aplicadas

simultaneamente em um sistema. Esse fato é completamente compreensível, para se inserir uma nova tecnologia, é necessário que haja acompanhamento e estudo dos impactos, analisando os resultados e entendendo todo o funcionamento da composição sistema + equipamento/dispositivo/tecnologia ITS.

“A introdução será uma evolução, ao invés de uma revolução”: essa frase foi retirada de um relatório publicado pela AMSTERDAM GROUP sobre um de seus projetos de C-ITS (Cooperative Intelligent Transportation System). A implementação não deve ser um “Big Bang”, mas uma transição ao longo dos anos, muito bem estudada, muito bem analisada. Com uma crescente inserção e melhora notável dos serviços, todos sairão ganhando, os benefícios serão para toda a população.

Considerações Gerais

Dentro do ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte), na área de carros autoguiados, os primeiros trabalhos mais relevantes foram realizados pelo PATH (Partners for Advanced Transportation TecHnology) um instituto ligado à Universidade da Califórnia com pesquisas sobre veículos guiado magneticamente. Mais recentemente, a Google apresentou o self-driven car que dizem ter rodado mais de 800 mil quilômetros sem intervenção do motorista, guiado por um computador, conjunto de sensores e atuadores.

É válido ressaltar alguns alertas relativos à implementação de ITS para veículos autoguiados no Brasil.

Primeiramente deve-se atentar ao aspecto da Legalidade. Sabe-se que a legislação norte-americana é bastante diferente da brasileira. Aspectos referentes aos códigos de trânsito e códigos penais devem ser revistos, antes mesmo da circulação desse tipo veículo por vias brasileiras. Não há atualmente dispositivos legais que regulamente tal atividade no trânsito brasileiro. Uma das grandes discussões aqui, levantadas por especialistas seriam: Quem caso de acidente de trânsito envolvendo carros autoguiados, quem seria responsabilizado?

Outro aspecto bastante relevante é a análise do custo-benefício, principalmente sob a ótica do usuário. Estaria o usuário do transporte da Cidade Universitária disposto a comprar um carro que dispõem da tecnologia ITS de autoguiagem? O “payback” deste investimento retornaria em quanto tempo? Há como mensurar retornos de investimento, em termos de melhoria de qualidade de vida e segurança?

Esses são aspectos polêmicos que vão muito além do assunto da tecnologia do nível de serviço oferecido para melhorar o trânsito.

Implementação de Sucesso

Vários são os casos de implementação de tecnologias ITS – mais precisamente no aspecto de inteligência para “autoguiagem” de veículos – em contextos diversos. A ideia de projeto surgiu em São Francisco, nos EUA, em um sistema de “smart parking” (ou na tradução Estacionamentos Inteligentes). Por meio de equipamentos de sensores e câmeras trifocais, a interação V2I possibilitava o processo de manobras autônomas para o arranjo geométrico do automóvel no local da vaga. Além disso, o sistema ia muito além dos parâmetros autônomos, e integrava uma plataforma de custos que informava ao usuário em tempo real, o preço do estacionamento, que é regulado pela oferta/demanda de veículos no estacionamento.

Um pouco depois desses primeiros ensaios, a empresa de tecnologia da internet Google mostrou ao mundo a intenção de um projeto de carro totalmente autoguiado, para qualquer situação de trânsito (estacionamento, tráfego em cidades e condução em rodovias). Em outubro de 2012, o Google anunciou o desenvolvimento de tecnologias para a fabricação de carros autoguiados. De acordo com a empresa, os carros autoguiados podem ajudar a evitar acidentes de trânsito, poupar o tempo das pessoas e reduzir as emissões de carbono. Desde esta data, os carros automatizados da companhia registraram mais de 800 mil quilômetros na estrada.



Figura 3 - Google car

No mesmo ano foi implementado o projeto: Google Maps 8-bit para NES, a Canine Staffing Team, o carro de corrida do futuro da NASCAR. Totalmente autoguiado, é um exemplo de êxito de projeto no qual o veículo deve interagir com demais “corpos mecânicos” da competição (V2V) e com o circuito do autódromo (V2i).

Reflexões

A análise da relação custo-benefício do ITS é uma das atividades mais importantes a ser desenvolvida pela equipe de elaboração do projeto de ITS na Cidade Universitária da USP – Campus São Paulo. A estimativa da relação custo-benefício pode ser uma tarefa difícil, especialmente para os países que têm pouca experiência com a implantação de projetos ITS, como é o caso do Brasil – país com estudos incipientes nesta área. É, contudo, uma análise necessária para a Matriz de ITS, para que se possa identificar, medir e avaliar de que maneira as atividades propostas influenciarão a infraestrutura de transporte existente, assim como para justificar o investimento e os custos envolvidos na implantação dessa atividade. A partir dessa análise, a Equipe de Elaboração do Projeto irá propor Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs, do inglês Key Performance Indicators) para cada atividade de implementação. Estudos estimam que a relação custo-benefício global dos sistemas ITS é de aproximadamente 9 para 1, muito acima dos valores que se obtêm adicionando-se capacidade a uma rodovia da forma convencional, cuja relação custo-benefício é de 2,7 para 1. No entanto, como não há países iguais, dependendo da infraestrutura de TI existente, da existência de uma Agência Nacional de ITS, entre muitos outros fatores, a relação custo-benefício irá variar (Ezell, 2010). A seguir apresentamos alguns dos benefícios que a execução de um projeto de ITS pode gerar, especificamente na questão do tráfego interno à cidade universitária da USP:

- Menor duração dos deslocamentos.
- Aumento da capacidade e do fluxo
- Elevação do nível de satisfação dos usuários
- Melhor segurança.
- Pessoas com pouco acesso a transportes enfrentariam menos dificuldades (principalmente aqueles usuários de bicicletas que já são adeptos das Ciclovias da USP)

É importante salientar que na análise dos múltiplos de custo-benefício, será de extrema importância a cooperação por parte do setor automobilístico, porquanto o sistema da MCITY no Michigan é, em grande parte, dependente de tecnologia embarcada. Isso faz com que a comunicação ocorra tanto de modo V2V, como de modo V2I.

Quando falamos do potencial de impactos devemos também ter como base os KPI's que traduzem em números, a performance das frentes de análise, caracterizando de forma racional o estudo e deixando de lado a subjetividade.

Diversos são os impactos do uso de Sistemas de Informação, então decidimos analisar os impactos sob as seguintes óticas: usuário e nível do serviço de transporte.

De forma geral, há uma percepção por parte do usuário que através das iniciativas de informação e comunicação do operador ou gestor há algum esforço para melhoria dos serviços, mesmo que investimentos estruturais demandem prazos mais dilatados.

Em relação à percepção dos níveis de serviço, primeiramente deve-se partir do pressuposto de que o público que circula dentro da Cidade Universitária é extremamente exigente e atento à qualidade da tecnologia que será implementada. Parte da premissa de que uma vez que a

informação foi divulgada e distribuída, todos devem trabalhar para que a mesma seja cumprida, uma vez que o usuário tende a cobrar o cumprimento da programação e dados publicados.

Como a MCITY- onde está sendo implantada a tecnologia estudada pelo grupo- ainda encontra-se em fase de projeto e implementação, não há indicadores (KPI's) para mensurar os impactos dessa tecnologia integrada de ITS. Todos os impactos relatados neste artigo são "potenciais".

FASE C

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com as iniciativas e projetos apresentados, o principal objetivo do trabalho foi levantar as aplicações estudadas e determinar uma possível adequação de tecnologias para o caso de rodovias brasileiras. São extremamente importantes trabalhos desse âmbito e eles ressaltam os benefícios gerados pela adoção de novas tecnologias ITS ou de um sistema cooperativo ITS.

Foram levantados diversos casos de aplicação de tecnologia ITS no mundo, expondo a tendência do tema e a sua enorme importância. É inegável a grande quantidade de benefícios que esses estudos e inovações nos sistemas podem gerar. É possível aumentar a segurança do tráfego, reduzir congestionamentos, reduzir o consumo de combustíveis (e, portanto, reduzir as emissões), reduzir número de acidentes, otimizar a capacidade da via, entre outros.

No entanto, não só para o Brasil, mas para qualquer lugar do mundo que vá aplicar os conceitos de sistemas de transporte inteligentes, foi constatado que o processo de inserção de tecnologias ITS no sistema é um processo evolucionário e não revolucionário, é uma lição que todas entidades interessadas aprenderam. Ou seja, a inserção de dispositivos em rodovias e equipamentos em veículos é um processo que vai ocorrendo aos poucos, lentamente sendo testados e analisados, os serviços não são oferecidos todos ao mesmo tempo para a sociedade, não é viável bombardear o sistema com novos serviços, as consequências podem ser bastante negativas.

Assim, diante dos casos encontrados e da forma como se está sendo encarado o tema nos outros países, concluiu-se que seria possível o Brasil pode e deve minimizar essa defasagem no tema ITS, em relação ao mundo. O processo deve ser evolucionário e a nossa proposta é a aplicação de testes na Cidade Universitária da Cidade de São Paulo. Existe congestionamento dentro do próprio campus e são discutidos programas para contornar o problema (implantação de ciclo faixa, discussão sobre os corredores de ônibus e linhas de ônibus). Assim como no campus da Universidade de Michigan, poderiam ser desenvolvidas tecnologias na Universidade de São Paulo e testadas na mesma. Evidentemente devem ser realizados muitos estudos direcionados a essa alternativa, como uma parceira público-privada entre a universidade e alguma empresa desenvolvedora de software ou dispositivos eletrônicos, deve ser analisados os impactos de estudos nas vias do campus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://mtc.umich.edu/test-facility>

www.tassinternational.com

safety.trw.com

www.toyota-global.com

michigan.gov

www.m-city.org

http://www.its.dot.gov/icms/icm_inaction.htm

<http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/13janfeb/01.cfm>

<https://ts.catapult.org.uk/-/tsc-to-explore-brazilian-opportunities>

<http://itsa.org/businessdevelopment/itsindustrysource>

RESUMO EXECUTIVO

O presente trabalho é focado no tratamento da questão do Brasil ser um país com grande defasagem em sistemas de transporte inteligentes em relação aos outros países do mundo. Os índices de congestionamentos nas vias brasileiras têm crescido e assustado a população. Assim, o trabalho presente baseou-se no estudo de casos espalhados no mundo, ou seja, foi feita uma análise do que está sendo estudado, desenvolvido ou implantado nas principais potencias mundiais em relação a sistemas de transporte inteligentes.

Com as experiências e estudos apresentados, o objetivo principal deste projeto é determinar quais das aplicações citadas poderiam se enquadrar nos casos de rodovias brasileiras. Além de estabelecer como meta todos os benefícios de adoção de novas tecnologias ITS ou um sistema cooperativo de ITS, será procurado um conjunto de práticas que poderão ser consideradas para serem implantadas no Brasil.