Módulo 13: Veículos Conectados

Escrito por **Christopher Hill**, Ph.D., sócio sênior da Booz Allen Hamilton, Washington, DC, EUA

Propósito

O propósito do presente módulo é descrever as experiências, as atividades atuais e a direção futura da iniciativa de veículos conectados. O Presente módulo examina as funções e responsabilidades antecipadas dos principais participantes; as maiores iniciativas em tecnologias e desenvolvimento de sistemas; o alcance esperado dos aplicativos do sistema de veículos conectados; os possíveis desafios institucionais, de políticas, jurídicos e de financiamento enfrentados pela iniciativa, e a agenda esperada para o desenvolvimento e emprego de um ambiente de veículo conectado.

Objetivos

Os usuários do presente módulo compreenderão o seguinte:

- O histórico, a evolução e a direção futura esperada do programa de veículos conectados, incluindo os principais marcos,
- A parceria entre o governo e a indústria, além dos papéis desempenhados por cada parceiro fundamental ao sucesso do programa de veículos conectados,
- As tecnologias básicas e os diversos componentes do sistema principal que precisam ser empregados para criar o ambiente de veículos conectados e
- Os principais problemas com políticas, questões jurídicas e financiamento que devem ser resolvidos para empregar com sucesso um ambiente de veículos conectados.

Introdução: Visão geral da definição e programática

A premissa fundamental do ambiente de veículos conectados1 está no poder da conectividade sem fios entre veículos (chamado de comunicação de veículo para veículo ou V2V), na estrutura (comunicação de veículo para infraestrutura ou V2I) e os aparelhos móveis que acarretarão mudanças na segurança rodoviária e na mobilidade, além dos impactos ambientais do sistema de transporte. Durante a última década, as tecnologias sem fios e as comunicações de dados sem fios mudaram fundamentalmente a maneira como vivemos as nossas vidas. O acesso instantâneo a informações e a proliferação de "apps" que nos permitem realizar um sem-fim de funções transformaram drasticamente a maneira como trabalhamos, brincamos e nos relacionamos. O sistema de transporte não foi imune a tais mudanças.

O componente principal da tecnologia usada no ambiente de veículos conectados é a comunicação sem fios. Um debate mais ampliado sobre as tecnologias apropriadas de comunicação e a sua aplicação será feito ao longo deste documento. No entanto, para resumir, os sistemas relacionados à segurança presentes no ambiente de veículos conectados provavelmente se baseará na Comunicação Dedicada de Curto Alcance (DSRC — Dedicated

Short Range Communications).

A aplicação não relacionada à segurança poderá se basear em diversos tipos de tecnologia wireless.

A Comunicação Dedicada de Curto Alcance é um protocolo de fonte aberta para a comunicação sem fios, semelhante ao Wi-Fi em alguns aspectos. Enquanto o Wi-Fi é usado principalmente em redes locais sem fios, a DSRC tem como objetivo ser altamente segura e proporcionar comunicação sem fios em alta velocidade entre veículos e a infraestrutura.

Os principais atributos da DSRC são os seguintes:

- Baixa latência: O retardamento na abertura e no fechamento de conexões é bastante baixo (da ordem de 0,02 segundos).

- Interferência limitada: A DSRC é bastante robusta diante da interferência de rádio. Além disso, seu curto alcance (aprox. 1 km) limita a possibilidade de interferência de fontes distantes. Além disso, a DSRC é protegida pela Comissão Federal de Comunicações (FCC) para fins de transporte.
  Apesar da sua utilização puramente para conveniência comercial ser bem-vinda, seu uso na segurança no transporte é prioridade.

- Forte desempenho durante condições meteorológicas adversas.

Em 2004, a FCC dedicou 75 MHz de largura de banda a 5.9 GHz para o uso na segurança veicular e outras finalidades ligadas à mobilidade. A DSRC funciona nessa banda e foi desenvolvida durante mais de uma década por um grupo de partes interessadas, incluindo fabricantes de automóveis e eletrônicos, departamentos estaduais de transporte e o governo federal dos EUA. Grande parte do trabalho na DSRC se concentrou na segurança ativa, ou seja, alertas para evitar colisões com base em sensores sofisticados e comunicações veiculares.

O desenvolvimento do Programa de Veículos Conectados pretende aproveitar essa conectividade sem fios para servir ao bem do público de diversas maneiras:

- As colisões nas rodovias podem diminuir drasticamente quando os veículos são capazes de antever o perigo e se comunicam entre si.

- A mobilidade pode melhorar quando os motoristas, usuários do transporte público e gestores de frete têm acesso a informações atualizadas, precisas e abrangentes sobre as condições do trânsito e as opções. Isso pode ser aprimorado quando os operadores de sistema (incluindo as agências rodoviárias, provedores de transporte público e operadores de portos e terminais) têm acesso a informações passíveis de ação e ferramentas que afetem o desempenho do sistema de transporte em tempo real.

- A gestão e o funcionamento do sistema de transporte pode ser aprimorado quando os operadores de sistema conseguem monitorar continuamente o status e direcionar os diversos ativos sob seu controle.

- O impacto ambiental dos veículos e do transporte pode diminuir se os usuários tomarem decisões com conhecimento de causa a respeito dos meios de transporte e

as rotas, ou quando os veículos puderem se comunicar com a infraestrutura para aprimorar o uso eficiente do combustível e evitar pausas desnecessárias.

A visão de um sistema de transporte nacional e multimodal (no qual exista conectividade entre todos os tipos de veículos, a estrutura e outros aparelhos móveis) requer a participação de uma comunidade ampla de partes interessadas. As agências de transporte federal, estadual e municipal; os fabricantes de carros, caminhões e ônibus; as provedoras de serviços de comunicação; os fabricantes de eletrônicos de consumo, e os pesquisadores precisam se unir para projetar, desenvolver, construir e empregar as tecnologias, os aplicativos, os sistemas e a estrutura da política que tornará possível a existência do ambiente de veículos conectados.

Isso apresenta uma abordagem e um desafio sem precedentes na história do sistema de transporte dos EUA.

As iniciativas envolvidas na reunião das agências, organizações e empresas dos setores públicos e privados para realizar o desenvolvimento e fazer os investimentos necessários são bastante consideráveis. Por isso, as seguintes perguntas precisam ser feitas: Por que esta iniciativa é tão importante e quais vantagens o ambiente de veículos conectados tem a oferecer? Espera-se que possíveis benefícios de destaque se acumulem em diversas áreas.

Segurança rodoviária — De acordo com a Administração Nacional de Segurança na Estrada (NHTSA), as colisões envolvendo veículos a motor somaram 32.885 mortes em 2011[2] e são a principal causa de óbito dos americanos entre as idades de 5 a 44 anos, de acordo com os Centros para o Controle de Doenças..[3] Espera-se que o emprego das tecnologias de veículos conectados ofereça algumas das oportunidades mais promissoras a médio prazo para a diminuição nas colisões. Pesquisas conduzidas pela Central de Sistemas de Transporte Nacionais Volpe para a NHTSA apurou que o emprego de sistemas de veículos conectados e o uso combinado de aplicativos de veículo para veículo (V2V) e veículo para infraestrutura (V2I) têm o potencial de lidar com 81% das colisões sem motoristas debilitados em todos os tipos de veículos (ex.: carros e veículos de grande porte).[4] A Tabela 1 apresenta detalhes sobre as possíveis vantagens na mitigação de colisões identificadas no estudo, de acordo com as estimativas gerais do sistema dos bancos de dados sobre colisões para o período de 2005 a 2008.

Tabela 1. Frequência anual estimada de colisões que poderiam ser evitadas pelos aplicativos de segurança em veículos conectados[4]

Os sistema V2V pode lidar com o seguinte: • 4.409 mil boletins de ocorrência (BO) ou 79 de todas as colisões envolvendo veículos de todos os tipos anualmente, • 4.336 mil BOs ou 81% de todas as colisões envolvendo veículos de pequeno porte anualmente e • 267 mil BOs ou 71% de todas as colisões envolvendo veículos de grande porte anualmente.
Os sistema V2I pode lidar com o seguinte: • 1.465 mil BOs ou 26% de todas as colisões envolvendo veículos de todos os tipos anualmente, • 1.431 mil BOs ou 27% de todas as colisões envolvendo veículos de pequeno porte anualmente e • 55 mil BOs ou 15% de todas as colisões envolvendo veículos de grande porte anualmente.
Combinados, os sistemas V2V e V2I podem lidar com o seguinte: • 4.503 mil BOs ou 81% de todas as colisões envolvendo veículos de todos os tipos anualmente, • 4.417 mil BOs ou 83% de todas as colisões envolvendo veículos de pequeno porte anualmente e • 272 mil BOs ou 72% de todas as colisões envolvendo veículos de grande porte anualmente.

Congestão no tráfego — o *Relatório de Mobilidade Urbana* preparado pelo Instituto de Transporte A&M do Texas5 indica que o congestionamento em 439 áreas urbanas durante 2010 contabilizou 4,8 bilhões de horas de tempo extra e 1,9 bilhão de galões de combustível desperdiçado, o que representa um custo de US$ 101 bilhões anualmente. O custo para uma pessoa padrão que se desloca diariamente até o trabalho foi de US$ 713 em 2010. Apesar de não haver uma análise compreensiva dos possíveis efeitos do sistema de veículos conectados no congestionamento urbano, podemos concluir que o enfoque de certos aplicativos na diminuição de atrasos no percurso, tais como a diminuição da congestionamento ao mitigar incidentes no trânsito, garantirá benefícios acumulados nessa área.

Emissões de veículos — Os motores internos de combustão usados pelos veículos geram emissões que incluem poluentes e gases de efeito estufa.[6] Os principais poluentes são óxido nitroso, óxido de enxofre, monóxido de carbono e material particulado, que estão entre as causas das doenças pulmonares e a morte prematura. Os dados sugerem que as crianças são as mais vulneráveis à asma induzida pela qualidade do ar, uma das principais causas de hospitalização infantil de acordo com o Centro de Controle e Prevenção de Doenças.[7] Os gases de efeito estufa (GEEs) não são poluentes diretamente prejudiciais à saúde humana, mas podem contribuir bastante para as mudanças climáticas. Dentre os GEEs estão o dióxido de carbono, que é o principal gás, além do metano e o óxido de nitrogênio. Diminuir os poluentes e GEEs produzidos pelo transporte terrestre por meio da redução do consumo de combustível, do tempo ocioso e da quilometragem de rodagem dos veículos é uma das maiores metas de alguns aplicativos de veículos conectados.

É importante reconhecer que a iniciativa dos veículos conectados descrita no presente módulo se concentra quase que exclusivamente em um programa liderado pelo USDOT em parceria com as agências de transporte estaduais e municipais e os diversos fabricantes de veículos. Esse programa organizado pelo governo federal dos EUA é incentivado pela segurança, mobilidade e necessidades ambientais identificada acima. No entanto, o termo "veículo conectado" passou a ser usado mais amplamente na mídia e na área de tecnologia da informação na indústria automotiva.

Nesses casos, o uso desse termo é incentivado pela indústria de tecnologia da informação e da comunicação (composta por entidades como Microsoft, Google, provedoras de Internet sem fios, etc.) e pelos fabricantes de automóveis, concentrando-se em oferecer serviços de conexão de internet e web 4G e ambiente em longo prazo (LTE — Long-Term Environment) nos automóveis para apoiar os aplicativos e serviços de info-entretenimento e proporcionar conveniência.

Esse uso do termo "veículos conectados" não será abordado no presente módulo.

Contexto histórico: Como chegamos ao programa de veículos conectados atual

A visão e abordagem atuais para o desenvolvimento de um ambiente de veículos conectados surgiu após mais de uma década de pesquisa. No início dos anos 2000, ficou claro para aqueles envolvidos em pesquisas de Sistema de Transporte Inteligente (ITS - Intelligent Transportation Systems) que a interação entre veículos e entre veículos e a infraestrutura rodoviária teria um potencial considerável para lidar com a segurança nas estradas, além de outros problemas que representam um desafio ao sistema de transporte. O USDOT, em parceria com outras entidades como a Associação Americana de Estradas Estaduais e Organizações de Transporte (AASHTO — American Association of State Highway and Transportation Officials) e diversos fabricantes de veículos de pequeno porte, iniciou em 2003 o programa de Integração entre Infraestrutura e Veículo (VII — Vehicle Infrastructure Integration) para conduzir pesquisas e, finalmente, empregar soluções.

Conforme pensado originalmente, esperava-se que os maiores ganhos na área de segurança viessem das comunicações sem fios entre os veículos, mas, na época, acreditava-se que as vantagens máximas de segurança exigissem que todos os veículos (carros, caminhões e ônibus) tivessem aparelhos de rádio instalados para proporcionar as capacidades de comunicação V2V necessárias.[8] No entanto, logo foi possível reconhecer que, para alcançar tal meta, seriam necessários de 15 a 20 anos até que a frota de veículos se renovasse e uma quantidade suficiente de veículos estivesse equipada com a tecnologia V2V para, então, começar a demonstrar as vantagens projetadas.

Assim, acreditou-se que uma abordagem técnica alternativa fosse necessária. Os aparelhos integrados aos veículos e que se comunicam com a infraestrutura das estradas eram vistos como uma forma de alcançar as vantagens de segurança mais rapidamente, então foi adotado um programa VII com base no emprego nacional da infraestrutura das estradas para apoiar a comunicação.

Um conceito técnico inicial para o programa VII foi documentado de maneira abrangente em um Conceito de Operações publicado pelo USDOT em 2006.[9] Essa abordagem inicial exigia que os veículos fabricados nos EUA saíssem de fábrica com equipamentos integrados (OBE — On-Board Equipment): um aparelho de comunicação, outro de posicionamento, uma plataforma de

processamento e um aplicativo de software. Os OBEs trocariam dados com o equipamento Equipamento de Beira de Estrada (RSE — Roadside Equipment), que seria então empregado ao longo das principais rodovias e em intersecções sinalizadas nas áreas metropolitanas em todos os EUA. Os OBEs também deveriam se comunicar com outros OBEs para trocar dados no sistema V2V. Uma rede de comunicações nacional apoiaria o fluxo de dados entre usuários e veículos.

Ambas as comunicações de V2V e V2I dentro do programa VII precisariam usar o rádio de DSRC. Respondendo à reivindicação da comunidade de transporte, a FCC dedicou a área de alcance de rádio de 5.9 GHz para os aplicativos de segurança no transporte.[10].Essa atitude proporcionou um recurso técnico primordial para o emprego concreto do sistema VII. Apesar de a área de alcance ter sido dedicada para fins de segurança, ela permitiu que a largura de banda não usada permanecesse disponível para outros aplicativos de mobilidade e conveniência no transporte.

Neste ponto do programa VII, surgiram diversas perguntas importantes sobre a viabilidade do conceito VII. Essas perguntas tentavam validar as suposições de que um emprego inicial da solução V2I seria viável e traria benefícios, enquanto que as capacidades de V2V gradualmente se tornaram disponíveis por meio da maior disponibilidade de aparelhos integrados aos veículos. Também surgiram perguntas sobre a adequação da DSRC tanto para os aplicativos relacionados à segurança, como para aqueles dedicados a outras finalidades. A fim de responder tais perguntas, o USDOT conduziu um teste de prova de conceito (POC — proof of concept) entre 2008 e 2009 sobre os projetos pilotos criados especialmente no Condado de Oakland, no estado de Michigan, e em Palo Alto, na Califórnia. Os testes POC tinham escopo limitado (incluíam menos de 30 veículos de pequeno porte, usando padrões de esboço DSRC e se concentrando em aplicativos parcialmente desenvolvidos) mas provaram que o conceito técnico básico funcionaria.

Em 2008, ocorreu outra mudança importante. Enquanto a DSRC continuou sendo o único meio de comunicação considerado apropriado para os aplicativos ativos de segurança, outros meios de comunicação, como sinal via celular ou Wi-Fi, foram vistos como apropriados para os aplicativos de mobilidade dos veículos conectados, ambientais e de conveniência.

A DSRC é o meio de comunicação escolhido para os sistemas ativos de segurança por causa da sua licença de largura de banda designada, que foi primeiramente reservada para os aplicativos de segurança veicular pela FCC. A DSRC também é a única tecnologia sem fios de curto alcance que proporciona aquisição de rede rápida; baixa latência; link de comunicação de alta confiança; capacidade para trabalhar com veículos que funcionam em altas velocidades, priorização de mensagens de segurança; tolerância para a transmissão de diversos caminhos típicos de ambientes rodoviários; desempenho imune às condições meteorológicas extremas (chuva, neblina, neve, etc.), e proteção de mensagens de segurança e privacidade. Entre 2010 e 2011, o programa de VII federal evoluiu e tomou a forma atual do Programa de Veículos Conectados.

O estado atual do Programa de Veículos Conectados

Uma vez determinada a viabilidade técnica básica, o Programa de Veículos Conectados segui em frente para lidar com um conjunto de desafios estratégicos principais:[11] resolver os desafios pendentes com política, instituição e financiamento,

- Realizar testes para determinar as vantagens reais dos aplicativos,
- Determinar se os benefícios gerais seriam suficientes para sustentar a sua implantação e, se esse for o caso, como os sistemas seriam empregados e
- Lidar com problemas de aceitação por parte do público, tais como proteger a privacidade do usuário e se os sistemas em veículos são eficazes, seguros e fáceis de usar.

Um vídeo do USDOT sobre a utilização dos testes de veículos conectados para fins de pesquisas contínuas pode ser acessado aqui: www.its.dot.gov/library/media/8testbed.htm.

De maneira ampla, os parceiros do Programa de Veículos Conectados estão conduzindo uma pesquisa sobre aplicativos, tecnologias, políticas e questões institucionais, cujas estratégias de implantação são descritas nas seções a seguir. O princípio central da pesquisa em andamento é a determinação das possíveis vantagens do sistema de veículos conectados e a avaliação da aceitação dos sistemas de segurança veicular por parte dos motoristas. Esse componente do programa de pesquisa oferecerá as provas factuais necessárias para apoiar a decisão que a NHTSA tomou em 2013 sobre o emprego das principais tecnologias de veículos conectados em veículos de pequeno porte e uma decisão semelhante de 2014 para os veículos de grande porte, que foi tomada pela Administração Federal de Segurança de Transportadoras (FMCSA). Além disso, uma pesquisa que está em andamento vai descrever os detalhes técnicos, a política e as questões empresariais associadas à criação e ao funcionamento de um ou mais entidades de Sistemas de Gestão de Credenciais de Segurança (SCMS — Security Credential Management System) para apoiar o emprego de aplicativos de segurança V2V em veículos a motor e outros aparelhos.

O Programa Piloto de Segurança em Veículos Conectados é uma iniciativa de pesquisa científica para implantar no mundo real as tecnologias de segurança em veículos conectados, aplicativos e sistemas usando motoristas que dirigem diariamente. A iniciativa, que teve início em 2011, testará o desempenho,
avaliará os fatores humanos e a utilidade, observará as políticas e os processos e coletará os dados empíricos necessários para apresentar uma compreensão mais exata e detalhada das possíveis vantagens de segurança oferecidas por essas tecnologias.[12] Tais dados empíricos serão essenciais para apoiar a decisão que a NHTSA tomou em 2013 sobre a comunicação de veículos para fins de segurança.

O Programa Piloto de Segurança inclui dois componentes: a Clínicas Piloto de Segurança ao Volante e o
Emprego do Modelo Piloto de Segurança

Clínicas Piloto de Segurança ao Volante Entre agosto de 2011 e início de 2012, as clínicas começaram a testar os aplicativos de segurança V2V com motoristas comuns dentro de situações controladas na estrada. Essas avaliações, conduzidas pela Parceria para as Métricas de Precaução Contra Colisões (consórcio criado por fabricantes de veículos de

pequeno porte), analisou a reação dos motoristas a esses aplicativos de segurança em uma variedade de veículos de pequeno porte e sob condições diversas de teste. As clínicas foram conduzidas em seis locais no território americano. Elas ajudariam a determinar se os novos aplicativos representam distrações desnecessárias para os motoristas. Aproximadamente 100 indivíduos participaram de cada clínica de motorista.

Emprego do Modelo Piloto de Segurança Para dar continuidade à colega de dados sob condições reais, uma unidade de teste em Ann Arbor, no estado de Michigan, foi selecionada para receber aproximadamente 3 mil veículos equipados com aparelhos V2V. A meta era criar um ambiente altamente concentrado de comunicação entre veículos conectados. Os itens a serem testados incluíram aparelhos embutidos e de reposição, além de um sinal simples de comunicação. Todos esses aparelhos emitem uma mensagem básica de segurança 10 vezes por segundo, o que faz parte do fluxo básico de dados e que os outros aparelhos embutidos no veículo usarão para determinar se existem possíveis conflitos. Quando esses dados é combinado aos dados do próprio veículo, é criado um conjunto altamente preciso de dados que serve de base para os aplicativos cooperativos, de segurança e precaução contra colisões.

Usando uma mistura de carros, caminhões e veículos de trânsito, o Emprego do Modelo Piloto de Segurança criará conjuntos de dados de teste para determinar a eficácia das tecnologias na redução de colisões.

Essas capacidades também se estenderão a um conjunto limitado de aplicativos de V2I. Apoiado por uma equipe diversa de representantes da indústria, de agências públicas e do mundo acadêmico, o emprego modelo foi executado do terceiro trimestre de 2012 ao terceiro trimestre de 2013. Um vídeo online que descreve o Emprego do Modelo Piloto de Segurança pode ser acessado aqui: http://safetypilot.umtri.umich.edu/index.php?content=video.

Aplicativos em Veículos Conectados

Contexto histórico dos aplicativos em veículos conectados

A definição das principais finalidades dos dados VII foi uma atividade significante desde o princípio da iniciativa. O Conceito de Operações de VII13 identificou uma lista bastante abrangente de possíveis finalidades que seriam desenvolvidas pelo setor público ou pelos fabricantes de carros (consulte a Tabela 2).

Tabela 2. Lista inicial das possíveis finalidades da VII[13]

LOCAL USE CASES	NETWORK USE CASES
• Infrastructure-based Signalized Intersection Violation Warning	• Vehicles as Probes
• Infrastructure-based Signalized Intersection Turn Conflict Warning	– Traffic information
• Vehicle-based Signalized Intersection Violation Warning	– Weather data
• Infrastructure-based Curve Warning	– Road surface conditions data
• Highway Rail Intersection-	• Crash Data to Public Service Answering Point
• Emergency Vehicle Preemption at Traffic Signal	• Crash Data to Transportation Operations Center
• Emergency Vehicle at Scene Warning	• Advance Warning Information to Vehicles
• Transit Vehicle Priority at Traffic Signal	• Electronic Payment
• Stop Sign Violation Warning	– Toll collection
• Stop Sign Movement Assistance	– Gas payment
• Pedestrian Crossing Information at Designated Intersections	– Drive-thru payment
• Approaching Emergency Vehicle Warning	– Parking lot payment
• Post Crash Warning	• Public Sector Vehicle Fleet/Mobile Device Asset Management
• Low Parking Structure Warning	• Commercial Vehicle Electronic Clearance
• Wrong Way Driver Warning	• Commercial Vehicle Safety Data
• Low Bridge Warning	• Commercial Vehicle Advisory
• Emergency Electronic Brake Lights	• Unique Commercial Vehicle Fleet Management
• Visibility Enhancer	• Commercial Vehicle Truck Stop Data Transfer
• Cooperative Vehicle-Highway Automation System	• Low Bridge Alternate Routing
• Pre-Crash Sensing	• Weigh Station Clearance
• Free-Flow Tolling	• Cargo Tracking
• Cooperative Glare Reduction	• Approaching Emergency Vehicle Warning
• Adaptive Headlight Aiming	• Emergency Vehicle Signal Preemption
• Adaptive Drivetrain Management	• SOS Services
• GPS Correction	• Post Crash Warning
• In-vehicle Signing	• In-vehicle AMBER Alert
– Work Zone Warning	• Safety Recall
– Highway/Rail Intersection Warning	• Just-in-Time Repair Notification
• Vehicle-to-Vehicle	• Visibility Enhancer
– Cooperative Forward Collision Warning	• Cooperative Vehicle-Highway Automation System
– Cooperative Adaptive Cruise Control	• Cooperative Adaptive Cruise Control
– Blind Spot Warning	• Road Condition Warning
– Blind Merge Warning	• Intelligent On-Ramp Metering
– Highway Merge Assistant	• Intelligent Traffic Flow
– Cooperative Collision Warning	• Adaptive Headlight Aiming
– Lane Change Warning	• Adaptive Drivetrain Management
– Road Condition Warning	• Enhanced Route Guidance and Navigation
– Road Feature Notification	– Point of Interest Notification
• Rollover Warning (see curve warning above)	– Food Discovery and payment
• Instant Messaging	– Map Downloads and Updates
• Driver's Daily Log	– Location-based shopping/advertising
• Safety Event Recorder	– In-route Hotel Reservation
• Icy Bridge Warning	• Traffic Information
• Lane Departure-inadvertent	– Work Zone Warning
• Emergency Vehicle Initiated Traffic Pattern Change	– Incident
• Parking Spot Locator	– Travel Time
• Speed Limit Assistant	• Off-Board Navigation
	• Mainline Screening
	• On-Board Safety Data Transfer
	• Vehicle Safety Inspection
	• Transit Vehicle Data Transfer (gate)
	• Transit Vehicle Signal Priority
	• Emergency Vehicle Video Relay
	• Transit Vehicle Data Transfer (yard)
	• Transit Vehicle Refueling
	• Download Data to Support Public Transportation
	• Access Control
	• Data Transfer
	– Diagnostic Data
	– Repair-Service Record
	– Vehicle Computer Program Updates
	– Map Data Updates
	– Rental Car Processing
	– Video/Movie downloads
	– Media Downloads
	– Internet Audio/video
	• Locomotive Fuel Monitoring
	• Locomotive Data Transfer
	• Border Crossing Management
	• Stolen Vehicle Tracking

Uma lista revisada dessas finalidades foi encaminhada para avaliação por meio do teste POC.[14] Essas finalidades tinham a intenção de serem desenvolvidas em forma de protótipo para testar a funcionalidade técnica básica do sistema VII; no entanto, o teste não demonstrou a eficácia ou o valor para o usuário final para essas finalidades identificadas. No final das contas, considerando as limitações no âmbito da POC, o teste se concentrou na avaliação da troca de mensagens entre os aplicativos

desenvolvidos parcialmente.[15]

Realidade Atual do Desenvolvimento de Tecnologias de Aplicação

Os aplicativos são a parte mais visível do ambiente de veículos conectados. Suas finalidades permitem que o sistema de veículos conectados e as tecnologias ofereçam serviços e vantagens para uma variedade de usuários. No Programa de Veículos Conectados atual, essas finalidades se dividem em três categorias amplas:

- Finalidade de segurança,
- Finalidade de mobilidade e
- Finalidade ambiental.

Pesquisas destacadas, que incluirão várias iniciativas de protótipos, estão sendo realizadas por meio do Programa de Veículos Conectados do USDOT, que faz parte do Programa de Pesquisa em ITS. O tópico será descrito nas seções a seguir.

As finalidades de segurança em veículos conectados são projetadas para aumentar a conscientização situacional e diminuir ou evitar por completo as colisões por meio da comunicação de dados V2V e V2I. Em linhas gerais, essa finalidade ajudará a aconselhar e alertar os motoristas, além de possivelmente, em longo prazo, controlar o veículo ou a infraestrutura.

A Comunicação de Veículo para Veículo para fins de segurança consiste da troca sem fios de dados entre veículos próximos a fim de proporcionar melhorias na segurança. Ao trocar dados anonimamente sobre posição do veículo, velocidade e localização, a comunicação V2V permite que um veículo preveja algumas ameaças e certos perigos ao estar ciente da posição dos veículos em relação uns aos outros, além de calcular riscos e aconselhar ou alertar os motoristas, dentre outras iniciativas para evitar ou mitigar colisões. O princípio fundamental dessa abordagem é a comunicação V2V de uma mensagem básica de segurança (BSM). Essa mensagem pode ser proveniente dos dados de sensores em veículos, sendo que os dados de localização e velocidade são provenientes do computador do veículo e combinados a outros dados, tais como latitude, longitude ou ângulo podem proporcionar uma conscientização situacional mais rica de detalhes sobre a posição dos demais veículos.

O plano para a finalidade de segurança da V2V é que cada veículo na estrada (incluindo automóveis, caminhões, ônibus coletivos, ônibus executivos e motocicletas) eventualmente poderá se comunicar com outros veículos e esse conjunto rico de dados e comunicados apoiará a nova geração de sistemas e aplicativos ativos de segurança.

Desde 2002, o USDOT vem realizando pesquisas com fabricantes automotivos para avaliar a viabilidade do desenvolvimento eficaz de sistemas de precaução contra colisões que utilizem comunicação V2V.
Foram demonstrados os aplicativos que lidam com as situações mais sérias de colisão, incluindo:

- Aviso de farol de luz de emergência,
- Aviso de colisão frontal,
- Assistência na movimentação em intersecções,
- Aviso de ponto cego e mudança de faixa,

- Aviso para evitar ultrapassagem e
- Aviso de perda de controle.

O desenvolvimento desses aplicativos foi usado para identificar os requisitos funcionais e de desempenho para as tecnologias implícitas, tais como posicionamento e comunicação. O trabalho adicional de desenvolvimento se faz necessário para lidar com situações de colisão mais complexas, tais como precaução contra colisões frontais e em intersecções, aviso sobre colisão contra pedestres e aumento das capacidades para evitar colisões com motocicletas.

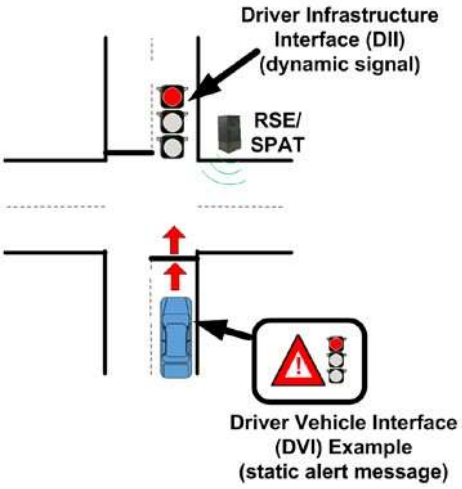
Essas capacidades podem ser alcançadas ao proporcionar sistemas de comunicação V2V que complementem outras tecnologias de segurança veicular desenvolvidas pela indústria automotiva e que estão sendo disponibilizadas aos consumidores.

As comunicações V2I para fins de segurança consiste da troca sem fios de dados essenciais à segurança e ao funcionamento, realizada entre veículos e a infraestrutura rodoviária, cujo objetivo principal é evitar ou mitigar colisões entre veículos a motor. As finalidades de segurança da comunicação V2I transformam o equipamento usado na infraestrutura das estradas ao incorporar algoritmos que usam a troca de dados entre veículos e elementos da infraestrutura a fim de fazer cálculos que reconhecem situações de alto risco antecipadamente, tendo como resultado os alertas e avisos dados ao motoristas por meio de contramedidas específicas. Um avanço particularmente importante é a capacidade de os sistemas de sinalização de trânsito comunicarem ao veículo as informações sobre fase e tempo de sinal (SPAT — Signal Phase and Timing) a fim de apoiar a emissão de avisos e alertas ativos de segurança aos motoristas. A implantação inicial dos aplicativos SPAT pode possibilitar vantagens em médio prazo provenientes das comunicações de V2I, na forma de diminuição nas colisões, tais como colisões causadas por quem avança no sinal vermelho.

Os aplicativos de segurança V2I podem oferecer um espectro graduado de soluções de segurança a partir de informações coletadas no veículo e avisos e conselhos para o motorista sobre situações de colisão eminente. O Programa de Veículos Conectados do USDOT está estudando uma série de possíveis aplicativos de segurança com comunicação V2I.[16]

O aplicativo ***Aviso de Sinal Vermelho*** usa o sistema SPAT, a descrição geométrica da intersecção e as informações de correção do Sistema de Posicionamento Global (GPS) que são transmitidas entre um RSE e um OBE para determinar se o veículo está correndo o risco de avançar um sinal vermelho. A lógica da sinalização de trânsito pode ser usada para determinar se há justificativa para prolongar o sinal vermelho e, assim, evitar uma colisão. O conceito é ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Conceito de aviso sobre sinal vermelho



Fonte: USDOT.

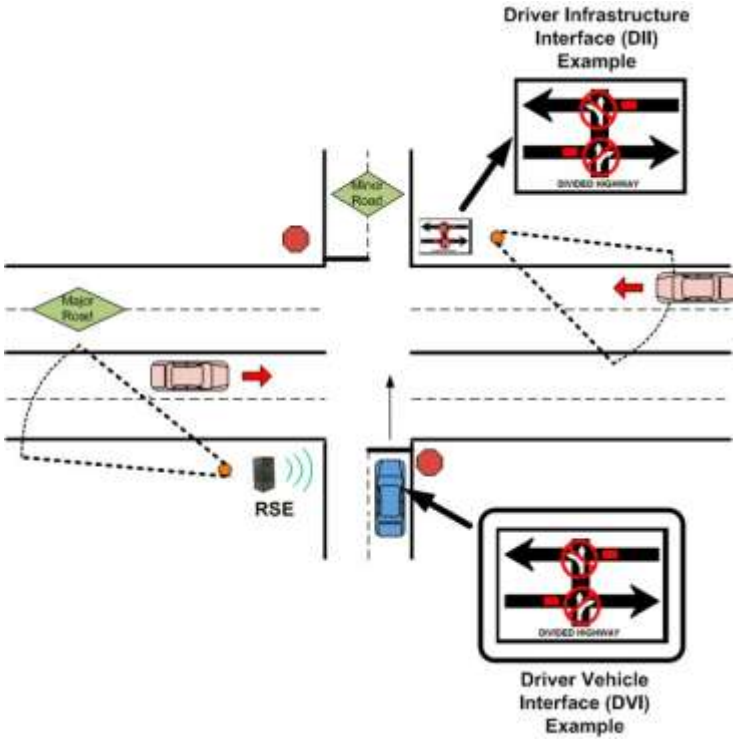
O aplicativo de ***aviso sobre velocidade ao fazer a curva*** usa informações geométricas e meteorológicas provenientes de aparelhos embutidos no veículo para determinar a velocidade apropriada para aquele veículo em especial. Os avisos podem ser personalizados de acordo com as características específicas de desempenho do veículo.
A Figura 2 ilustra esse conceito.

Figura 2. Conceito de aviso sobre velocidade ao fazer a curva

Fonte: USDOT.

O aplicativo ***assistente de espaço para a placa de PARE*** usa os sensores às margens da estrada para detectar o trânsito que vem em sentido contrário e um
RSE para enviar o status do tráfego para um aparelho embutido no veículo, que determinará se há perigo para um veículo na conexão menor. O conceito é ilustrado na Figura 3.

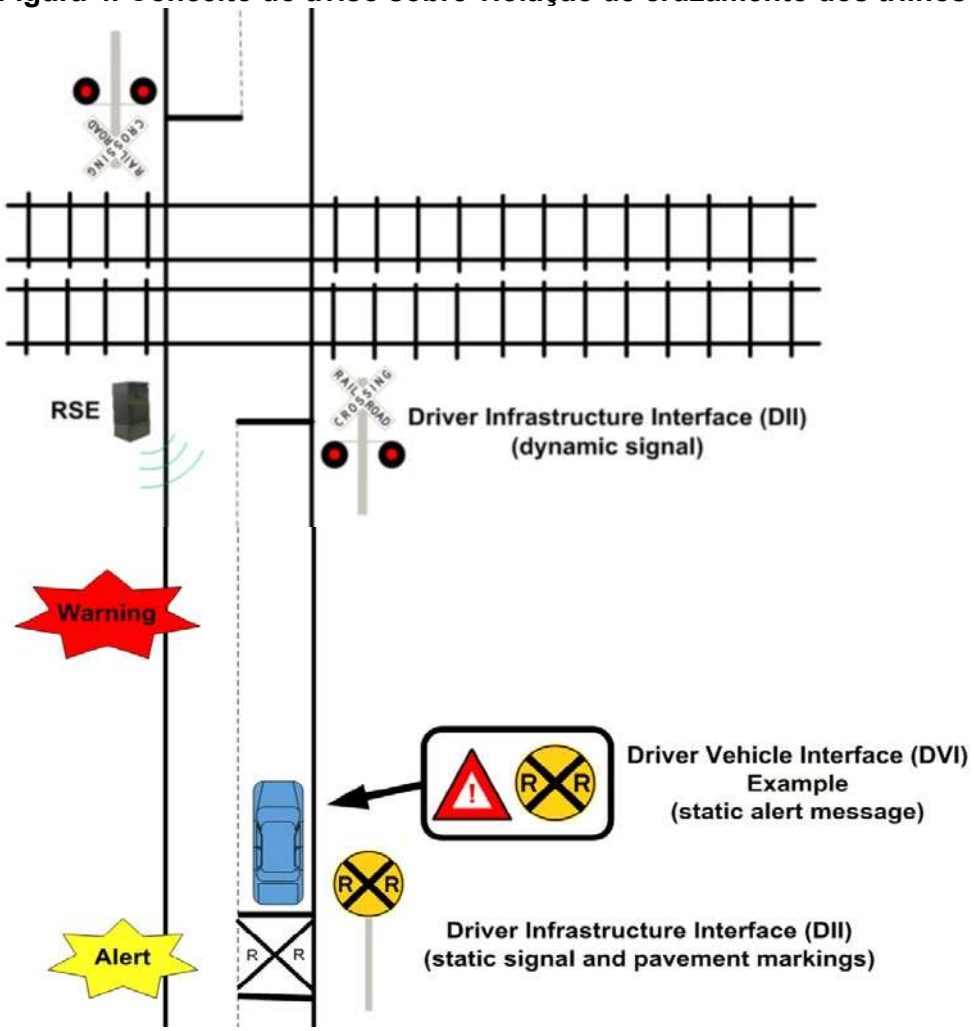
Figura 3. Conceito do assistente de espaço para a placa de PARE



Fonte: USDOT.

O aplicativo de ***aviso sobre violação de cruzamento dos trilhos do trem*** usa equipamentos às margens da estrada para proporcionar uma conexão existente proveniente do equipamento de detecção de trem via comunicação sem fios com um aparelho embutido no veículo para determinar a probabilidade de um conflito veicular com um trem que se aproxima. Os aparelhos embutidos no veículo mandam um alerta ou aviso para o motorista. O conceito é ilustrado na Figura 4.

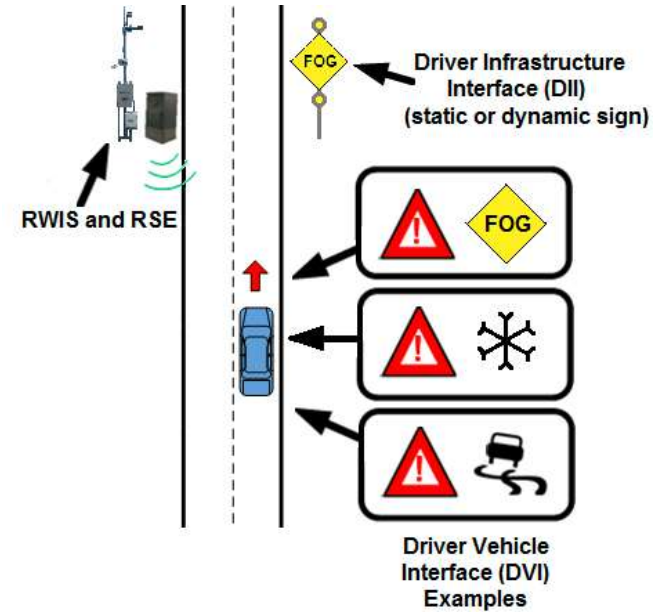
Figura 4. Conceito do aviso sobre violação de cruzamento dos trilhos do trem



Fonte: USDOT.

O aplicativo de ***aviso sobre impacto meteorológico*** usa uma conexão entre uma Central de Gestão de Transporte (TMC — Traffic Management Center) e outros locais de coleta de dados meteorológicos e um RSE para transmitir eventos meteorológicos e a localização para os veículos em tempo real. Os aparelhos embutidos no veículo mandam um alerta ou aviso para o motorista. A Figura 5 ilustra esse conceito.

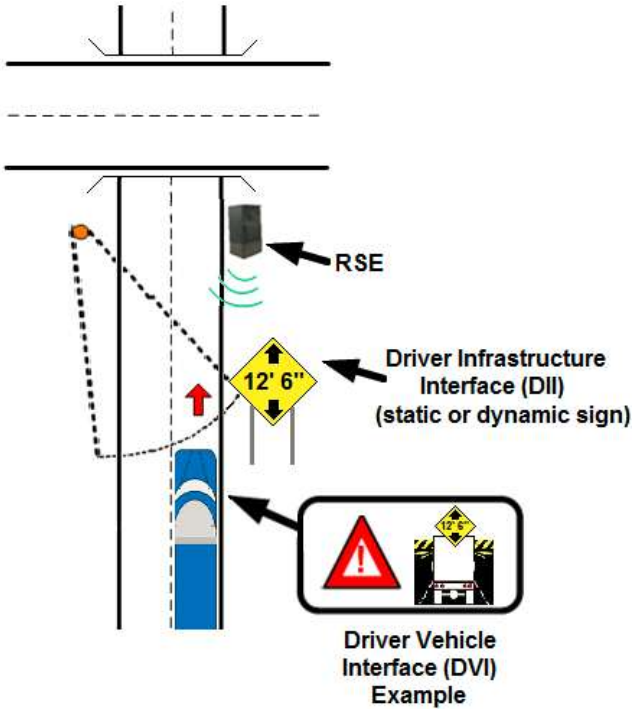
Figura 5. Conceito de aviso sobre impacto meteorológico



Fonte: USDOT.

O aplicativo de ***aviso sobre veículo de grande porte*** usa uma conexão proveniente de um RSE para detectores da infraestrutura a fim de transmitir as dimensões de pontes e túneis e as dimensões de um veículo detectado se o veículo for de grande porte. O aplicativo manda um alerta para o motorista para tomar uma rota alternativa ou um aviso para parar. O conceito é ilustrado na Figura 6.

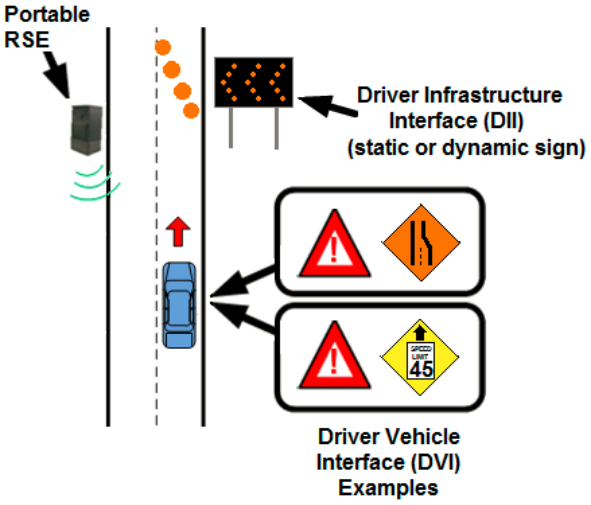
Figura 6. Conceito de aviso sobre veículo de grande porte



Fonte: USDOT.

O aplicativo de ***aviso sobre diminuição da velocidade ou zona de trabalho*** usa uma conexão com o RSE para transmitir informações sobre limite de velocidade e zona de trabalho para um aparelho embutido no veículo e alertar o motorista para diminuir a velocidade, mudar de faixa ou se preparar para parar. O conceito é ilustrado na Figura 1.

Figura 7. Conceito do aviso sobre diminuição da velocidade ou zona de trabalho

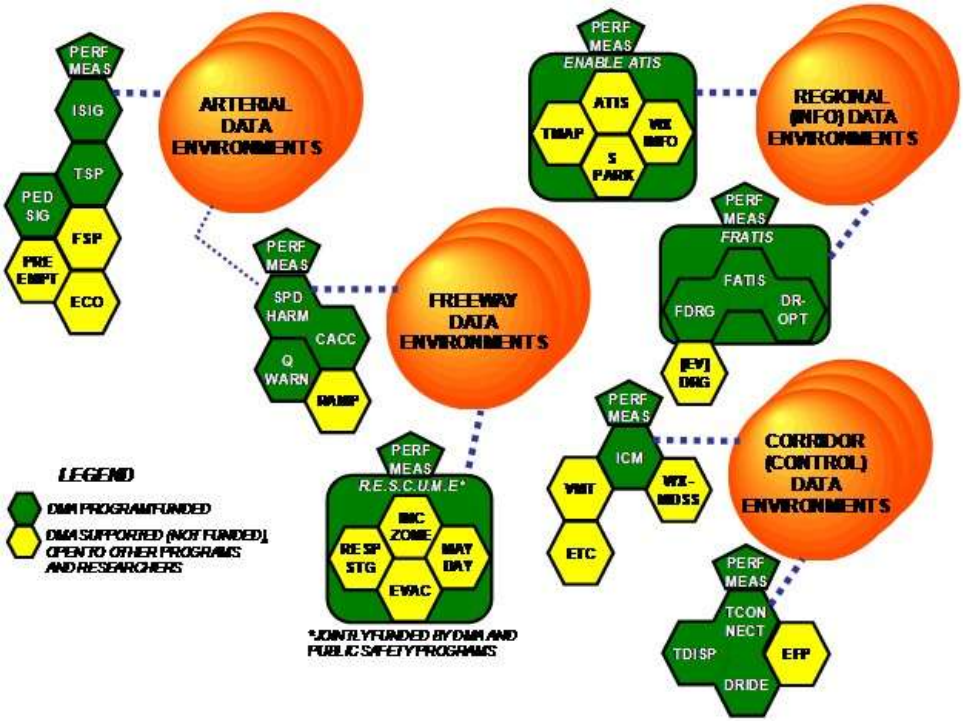


Fonte: USDOT.

Os aplicativos de mobilidade de veículos conectados fornecerão um ambiente interconectado de viagem detalhado. No ambiente de veículo conectado, os dados em tempo real serão capturados a partir do equipamento localizado nos carros, caminhões e ônibus e a partir das redes de infraestrutura de veículos conectados em campo. Esses dados serão transmitidos via comunicação sem fios e são usados pelos gestores de transporte em uma ampla gama de aplicativos para administrar o sistema de transporte e alcançar o melhor desempenho.

O programa de Aplicativos Dinâmicos de Mobilidade (DMA — Dynamic Mobility Applications) do USDOT está estudando diversos aplicativos, [17] mais especificamente os que se concentram naqueles que vão aprimorar a mobilidade ao diminuir os atrasos e congestionamentos. A Figura 8 ilustra a combinação de DMAs do USDOT.

Figura 8. Combinação dos Aplicativos Dinâmicos de Mobilidade do USDOT



Fonte: www.its.dot.gov/press/2011/mobility_app.htm [acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013].

As principais finalidades das combinações são descritas abaixo:

A ativação dos sistemas avançados de informação para os usuários (EnableATIS — Enable Advanced Traveler Information Systems) tem como objetivo oferecer um estado final para a rede de informações do usuário, concentrando-se na integração multimodal, compartilhamento de dados, perspectiva de percurso de ponta a ponta e o uso de análises e lógica para gerar informações de previsão específicas ao usuários.

O EnableATIS prevê uma estrutura futura com um conjunto de dados em tempo real provenientes de veículos conectados, sistemas públicos e privados e conteúdo gerado por usuários. O EnableATIS tem o potencial de transformar como as informações do usuário são

coletadas e compartilhadas e como as agências conseguem usar essas informações para melhor administrar e equilibrar as redes de transporte. Ele também tem o potencial de transformar a maneira como os usuários obtêm informações sobre cada detalhe do seu trajeto. Novos formatos de dados podem representar um potencial para os serviços de informações de usuários altamente personalizadas, intuitivas e preditivas, além do que é vivenciado atualmente.

Esse conjunto não define os aplicativos futuros específicos. O USDOT reconhece que existem empresas que oferecem dados e serviços aos usuários. Consequentemente, pode ser mais apropriada uma abordagem de livre iniciativa, na qual a implantação e o aprimoramento dos serviços de informação ao usuário ocorrem com o passar do tempo, mas somente com uma influência limitada do USDOT. Como alternativa, o estado final desejado pode ser um ambiente de informações do usuário mais robusto, multimodal e de fontes múltiplas, que aproveita novas fontes de dados e gera utilizações transformativas para tais informações. Essas utilizações podem incluir aplicativos que beneficiam os usuários, assim como aqueles que apoiam o funcionamento e a gestão dos sistemas por parte das agências. Tal abordagem pode exigir uma abordagem de desenvolvimento mais ativa, incluindo um papel mais forte do USDOT.

O Sistema de Informações Avançadas para o Usuário sobre o Frete (FRATIS — Freight Advanced Traveler Information System) é um conjunto de aplicativos que oferece informações específicas sobre planejamento e desempenho dinâmico de trajeto ou otimiza operações de camionagem para que a movimentação de cargas seja coordenada entre as instalações de frete para diminuir as viagens com carga vazia. Atualmente, o encaminhamento, agendamento e envio de frete pode ser feito de maneira específica, mesmo com dados inadequados, para tomar decisões com total conhecimento de causa. Esse é o caso, em particular, das firmas de pequeno e médio porte, que podem não ser capazes de investir em tecnologias de informação e sistemas no mesmo nível que as firmas de grande porte. O FRATIS busca integrar as fontes de dados existentes a fim de orientar as características operacionais distintas de frete e aproveitar os dados de veículos conectados.
Um vídeo que descreve as necessidades específicas de frete pode ser acessado aqui: http://vimeo.com/59703030. Mais informações sobre o assunto também se encontram no Módulo 6, intitulado "Operações de Frete, Intermodais e de Veículos Comerciais".

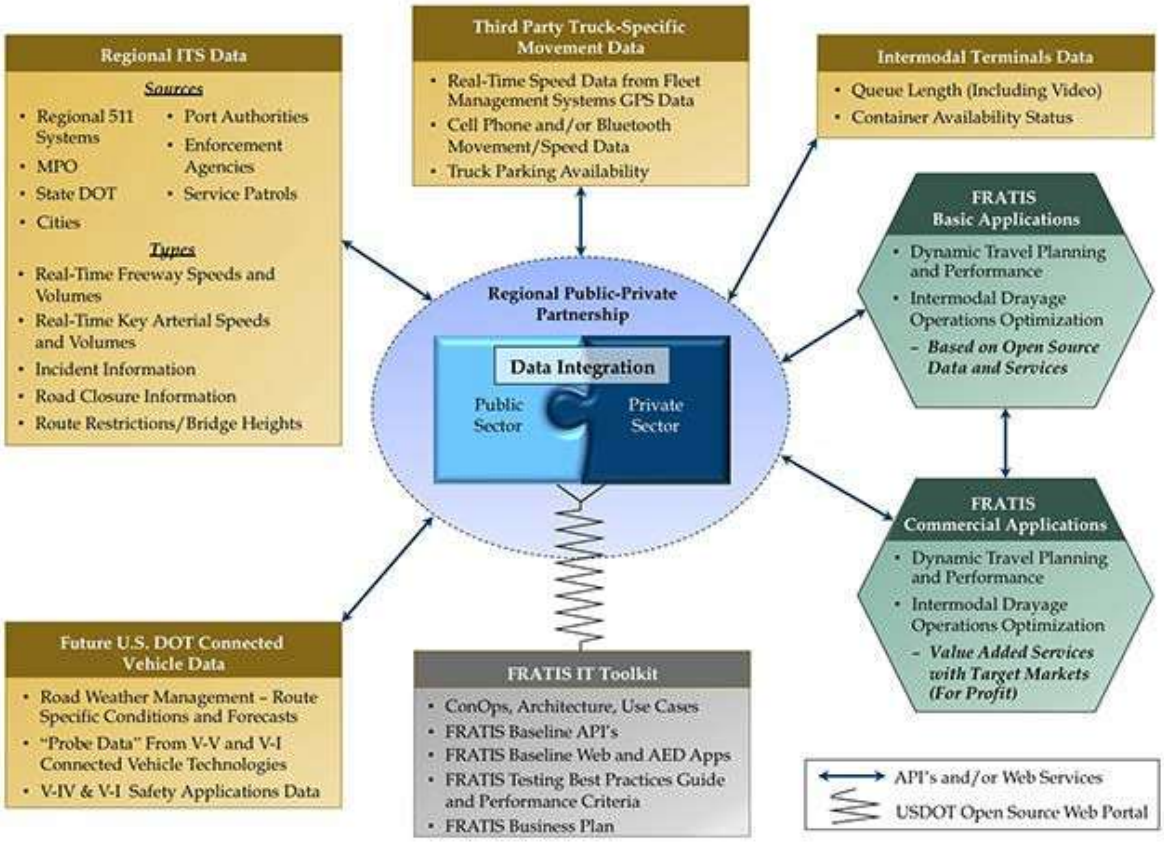
Dois aplicativos separados englobam o FRATIS no programa USDOT:

- **Planejamento e desempenho de rota dinâmica específica para frete.** Esse aplicativo busca incluir todas as informações do usuário, a rota dinâmica e elementos do monitoramento de desempenho de que os usuários de frete precisam. Espera-se que esse aplicativo aproveite os dados existentes em domínio público, assim como aplicativos emergentes do setor privado, para oferecer vantagens a ambos os setores. Os dados podem incluir as velocidades e os volumes em tempo real das vias expressas e das vias principais, informações sobre incidentes, informações sobre o fechamento de estradas, restrições da rota, altura das pontes, disponibilidade para o estacionamento de caminhões, dados meteorológicos e dados sobre velocidade em tempo real provenientes dos sistemas de gestão de frete.

- **Otimização de camionagem —** Tal aplicativo busca combinar a associação de cargas em contêineres e os sistemas de troca de informações sobre frete a fim de otimizar completamente as operações de camionagem, minimizando assim caminhões de carga (ex.: caminhão com trator sem guincho) e a quilometragem perdida. Esse aplicativo também tem a intenção de distribuir a chegada dos caminhões nos terminais intermodais durante o dia.

A Figura 9 ilustra o conceito FRATIS de design avançado.

Figura 9. Conceito proposto para o sistema FRATIS de alto nível



Fonte: www.its.dot.gov/dma/dma_development.htm [acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013].

Também é importante observar que outras pesquisas relacionadas a veículos a motor comerciais estão sendo realizadas como parte da Iniciativa Estrada Inteligente (SRI — Smart Roadside Initiative).[18] O ambiente atual de veículos comerciais é formado por diversos programas federais, estaduais, municipais e do setor privado que usam uma combinação de tecnologias manuais, semiautomáticas e avançadas. A eficácia desses programas pode ser aprimorada bastante pelo conceito de Estradas Inteligentes. A SRI prevê que os veículos comerciais, as transportadoras rodoviárias, os recursos de fiscalização, as instalações rodoviárias, intermodais e de pedágio, além de outros pontos do sistema de transporte coletarão dados para as suas próprias finalidades, compartilhando-os de maneira dinâmica com as partes relevantes. Esse compartilhamento aprimoraria a segurança, proteção, eficiência operacional e mobilidade de cargas para as transportadoras rodoviárias e

proporcionariam mais proteção e manutenção à infraestrutura. A SRI pode ser vista como uma ilustração de meio específico das comunicações V2I e, assim sendo, os aspectos da visão da SRI estão sendo avançados por meio do Programa de Veículos Conectados do USDOT, cujo enfoque principal é aprimorar a eficácia das atividades tradicionais de fiscalização conduzidas nas estações de pesagem e inspeção ao levar a verificação do cumprimento da lei para o acostamento. Ao fazer isso, a fiscalização consegue concentrar melhor seus recursos limitados nos veículos que precisam de medições ou inspeções mais detalhadas.

A SRI desenvolverá novas capacidades para trocar informações entre equipamentos às margens da estrada, sistemas administrativos e veículos a motor comerciais que estão se movimentando na velocidade da via principal. Essas capacidades serão desenvolvidas nas seguintes quatro áreas de concentração:

- A Identificação Universal de Veículos a Motor Comerciais proporciona a capacidade de identificar cada veículo na estrada e acessar eletronicamente as informações de credenciais e segurança nos bancos de dados do governo e da indústria relacionados ao veículo, ao motorista e à transportadora rodoviária. Essa capacidade acionaria uma variedade de capacidades secundárias, incluindo:

    - Triagem eletrônica / estações de pesagem virtuais com funcionalidade para coletar dados automaticamente sobre o peso, as dimensões e outras informações do veículo a motor comercial
      a fim de facilitar uma triagem eletrônica de alto rendimento.
    - Inspeções sem fios às margens da estrada são uma forma aprimorada de triagem eletrônica, o que poderia incluir a funcionalidade de obter e avaliar automaticamente as informações sobre transportadoras, veículos e motoristas e, então, emitir relatórios de inspeção simultaneamente para a fiscalização às margens da estrada e para as transportadoras rodoviárias a respeito dos veículos que se deslocam abaixo ou dentro da velocidade da via principal.
    - Programas para o Estacionamento de Caminhões, que oferecem aos motoristas e às transportadoras uma abordagem conveniente e quase em tempo real para o acesso de informações sobre a localização dos estacionamentos e as vagas disponíveis, entre outras comodidades durante a viagem. O trabalho nesta área está sendo conduzido por meio do projeto de pesquisa Estacionamentos Inteligentes (Smart Park) da FMCSA, que está sendo realizado em Tennessee, além dos projetos do sistema da FHWA para a detecção e o aviso sobre estacionamento para caminhões, que estão sendo desenvolvidos e apoiados pela Seção 1305 do programa SAFETEA-LU.
      Mais de US$ 20 milhões estão disponíveis para financiar o desenvolvimento de seis projetos de grande escala na I-95, que vai de Connecticut até a Carolina do Norte, na I-5 da Califórnia, na I-81, que vai de Harrisburg à linha estadual de Maryland, e na I-94 em Michigan, Minnesota e Wisconsin.

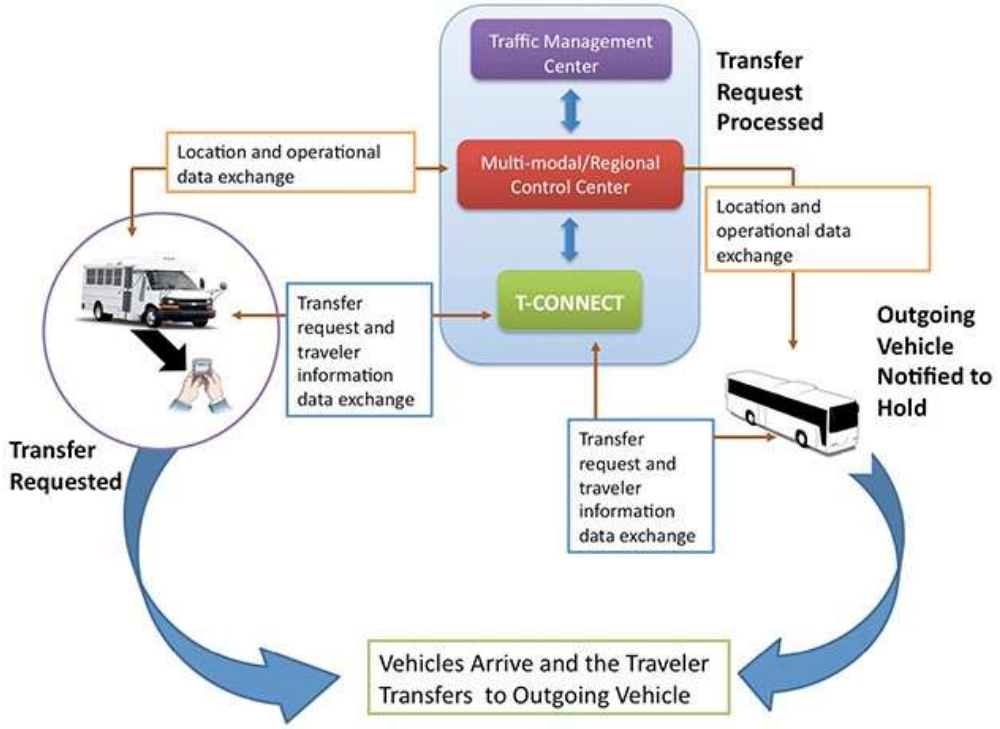
Trabalhos futuros se concentrarão no design e desenvolvimento de um sistema protótipo SRI.

As Operações Integradas de Trânsito Dinâmico (IDTO — Integrated Dynamic Transit

Operations) é um conjunto de aplicativos que transformam a mobilidade, as operações e os servidos de trânsito por meio da disponibilidade de novas fontes de dados e comunicações. O USDOT define o conjunto IDTO como tendo as seguintes três finalidades:

- **O T-CONNECT** tem a intenção de aprimorar a satisfação do passageiro e diminuir a duração esperada do percurso para os usuários multimodais, aumentando a probabilidade de conexões automáticas intermodais e intramodais. O T-CONNECT vai proteger as transferências entre ambos os modos de trânsito (ex.: ônibus, metrô e trem suburbano) e não-trânsito (ex.: caronas), facilitando a coordenação entre várias agências para concluir as tarefas. A Figura 10 apresenta uma visão geral do conceito.

Figura 10. Visão Geral do Conceito T-CONNECT



Fonte: www.its.dot.gov/dma/dma_development.htm [acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013].

- **O T-DISP** busca ampliar as opções de transporte ao aproveitar os serviços disponíveis a partir de vários meios de transporte. Os usuários poderiam solicitar um percurso por meio de aparelhos móveis portáteis, telefones ou computadores pessoais e receber informações sobre itinerários para diversos serviços de transporte (incluindo meios de transporte público, serviços particulares de transporte, caronas e rotas para caminhada e ciclismo). O T-DISP aproveita os sistemas tecnológicos existentes, tais como os sistemas de Expedição Auxiliada por Computador (CAD — Computer-Aided Dispatch) e Localização Automática de Veículos (AVL — Automatic Vehicle Location) e software de agendamento automatizado, além de estruturas empresariais e organizacionais ampliadas cujo objetivo é coordenar melhor os serviços de transporte em uma região.

Um sistema central físico ou virtual, tal como Central de Coordenação e Gestão de Viagens (TMCC — Travel Management Coordination Center), agendaria e faria a expedição dinâmica das viagens.

- A **D-RIDE** é uma abordagem de transporte solidário, na qual os motoristas e passageiros organizam viagens dentro de um período relativamente curto antes da partida. Por meio do aplicativo D-RIDE, alguém poderia agendar o transporte diário até um destino, incluindo trajetos que não são atendidos pelo sistema de transporte. O sistema D-RIDE seria usado geralmente para uma viagem, sendo organizado para cada viagem, proporcionando aos motoristas e passageiros certa flexibilidade para tomar decisões sobre o transporte em tempo real. As duas metas principais do aplicativo D-RIDE são aumentar o uso de opções de não-trânsito para caronas, incluindo o uso de transporte solidário e vans, e aprimorar detecção exata da capacidade do veículo a fim de cumprir com a ocupação e a coleta de renda nas faixas administradas.

O conjunto de ***Otimização do Fluxo da Rede Inteligente (INFLO — Intelligent Network Flow Optimization)*** é formado por aplicativos relacionados a aviso de filas, harmonização da velocidade e controle de velocidade de cruzeiro adaptável e cooperativo. Seu objetivo é alcançar a movimentação máximo da estrada, diminuir as colisões e reduzir o consumo de combustível ao utilizar dados provenientes dos veículos conectados, dos aparelhos móveis e da infraestrutura.

As práticas atuais para a detecção de filas e a harmonização de avisos e velocidade se limitam fundamentalmente pela dependência exclusiva na detecção e nos avisos baseados na infraestrutura. Um sistema de veículos conectados se baseia tanto nos veículos como na infraestrutura e tem o potencial de oferecer um conjunto e a troca de dados mais amplos e dinâmicos. A INFLO tem três finalidades:

- **Aviso sobre filas (Q-WARN)** que avisa o operador do veículo sobre a formação de filas adiante, com antecipação suficiente para brecar com segurança, mudar de faixa ou modificar a rota para que colisões secundárias sejam minimizadas ou eliminadas. Q-WARN é diferente do aviso sobre colisões, que está associado a eventos ou condições que requerem ação imediata ou emergencial. A finalidade do Q-WARN é minimizar o impacto causado pelas filas no trânsito, usando a comunicação V2I e V2V para que os veículos possam transmitir automaticamente as informações sobre o status das filas (ex.: desaceleração rápida, status de inaptidão e localização na faixa) para os veículos próximos que estão mais atrás, assim como para as entidades centrais da infraestrutura (como uma TMC).
- A **Harmonização de Velocidade Dinâmica (SPD-HARM — Dynamic Speed Harmonization)** tem a intenção de ajustar e coordenar de forma dinâmica as velocidades máximas apropriadas para o veículo em reação a congestionamentos, incidentes e condições meteorológica ou das estradas mais adiante na faixa a fim de alcançar a movimentação máximo da estrada e diminuir as colisões. Um sistema SPD-HARM dinâmico vai administrar o fluxo do tráfego com sucesso ao detectar com confiança a localização, o tipo e a intensidade do congestionamento adiante na estrada, assim como outras condições relevantes, formulando um plano de reação apropriada

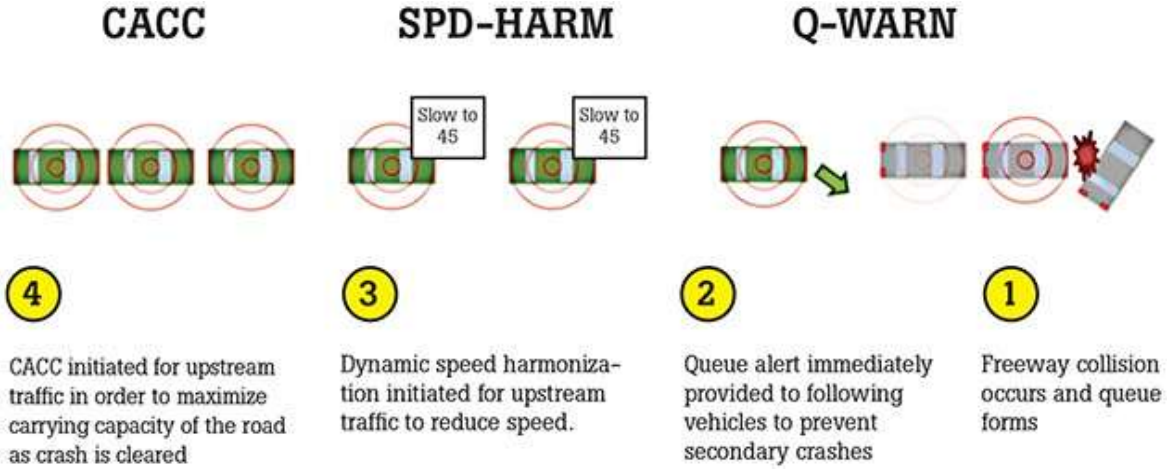
(ex.: recomendações de velocidade ou faixa) e disseminando tais informações prontamente para os veículos que se aproximam.

O aplicativo SPD-HARM vai usar comunicações de V2V e V2I para detectar as condições abruptas ou o congestionamento nas estradas que podem precisar de harmonização de velocidade a fim de criar planos de reação apropriada e estratégias para a recomendação de velocidade para os veículos que se aproximam, transmitindo tais recomendações para os veículos afetados.

- **Controle Cooperativo de Velocidade de Cruzeiro (CACC — Cooperative Adaptive Cruise Control)** vai coordenar de maneira dinâmica e automática as velocidades de controle de cruzeiro dentre as filas de veículos para aumentar a movimentação do trânsito de maneira considerável. Ao coordenar bem a movimentação das filas de veículo, os intervalos entre os veículos podem ser diminuídos consideravelmente, suavizando assim o fluxo do tráfego e aprimorando sua estabilidade. O conceito CACC representa um avanço evolucionário dos sistemas de Controle Convencional de Cruzeiro (CCC — Conventional Cruise Control) e de Controle de Velocidade de Cruzeiro (ACC — Adaptive Cruise Control) ao utilizar as comunicações de V2V e V2I para sincronizar automaticamente a movimentação de muitos veículos dentro de uma fila. Essa deve ser considerada uma iniciativa de pesquisa em longo prazo, até que sejam compreendidas melhor as questões de viabilidade técnica, aceitação social e responsabilidade do produto.

A Figura 11 ilustra como esses três aplicativos são usados em conjunto para ajudar a minimizar o impacto que um incidente nas vias expressas tem no fluxo do tráfego.

Figura 11. Ilustração que combina Q-WARN, SPD-HARM e CACC



Fonte: USDOT.

O conjunto de aplicativos de ***Sistemas de Sinalização de Trânsito Inteligente e Multimodal (MMITSS — Multimodal Intelligent Traffic Signal Systems)*** é a próxima geração dos sistemas de sinalização de trânsito e proporcionará uma estrutura abrangente para atender todos os meios de transporte, incluindo veículos em geral, meios de transporte público, veículos de emergência, frotas de carga, pedestres e ciclistas. A visão do MMITSS é proporcionar um sistema abrangente de otimização que acomoda a prioridade do sinal de trânsito e frete, passagem prioritária para veículos de emergência e a movimentação de pedestres ao alcançar o desempenho máximo da rede das vias principais.

A lógica e o funcionamento fundamental do controle de sinalização de trânsito não mudou nos últimos 50 anos. A maioria dos sistemas de hoje em dia dependem de detectores de circuito ou sistemas de vídeo colocados em locais fixos para acionar ou ampliar as fases de controle de sinalização. Esses sistemas de detecção proporcionam informações básicas, tais como contagem de veículos, ocupação ou informação sobre presença/passagem. Tais sistemas limitam o uso de uma lógica avançada que poderia ser embutida nos controladores modernos de sinalização. As tecnologias de veículos conectados poderiam fornecer informações em tempo real sobre a classe do veículo (ex.: de passageiros, transporte público, emergência ou comercial), posição, velocidade e aceleração em cada abordagem e proporcionar cobertura para outros usuários, incluindo pedestres e ciclistas.

O conjunto MMITSS incorpora os seguintes aplicativos de sinalização de trânsito nas vias principais:

- **Sistemas de Sinalização de Trânsito Inteligente (ISIG — Intelligent Traffic Signal System)** usam os dados coletados a partir das comunicações de V2V e V2I, assim como pedestres e usuários não motorizados para controlar a sinalização e alcançar o fluxo máximo em tempo real. O aplicativo ISIG também desempenha o papel de um aplicativo de otimização abrangente do sistema, acomodando a prioridade do sinal de trânsito e frete, passagem prioritária para veículos de emergência e a movimentação de pedestres ao alcançar o desempenho máximo da rede.
- **Prioridade do Sinal de Trânsito (TSP — Transit Signal Priority)** permite que as

agências de transporte público administrem os seus serviços ao dar prioridade para os ônibus em uma série de fatores, tais como cumprimento do cronograma ou carga de passageiros. O aplicativo proposto permite que os veículos do transporte público comuniquem para o aparelho de bordo os dados sobre a contagem de passageiros, o tipo de serviço, o horário marcado e o de chegada real e os equipamentos às margens da estrada.

- **Sistema de Sinalização para Pedestres Acessível por Aparelhos Móveis (PED-SIG — Mobile Accessible Pedestrian Signal System)** integra informações dos sensores localizados às margens da estrada ou nas intersecções e novas formas de dados provenientes dos aparelhos móveis usados pelos pedestres. Tais sistemas serão usados para informar aos pedestres com deficiência visual quando eles podem atravessar e como permanecer na faixa de pedestres.
- **Antecipação de Veículo de Emergência (PREEMPT — Emergency Vehicle Preemption)** integrará as comunicações de V2V e V2I para responsabilizar-se pelos vários veículos de emergência necessários e em operação simultânea pela mesma rede de tráfego.
- **Prioridade de Sinalização de Frete (FSP — Freight Signal Priority)** dá prioridade de sinalização próximo das instalações de frete, de acordo com as movimentações de frete atuais e projetadas. O objetivo é diminuir os atrasos e aumentar a confiabilidade da duração do percurso para o tráfego de fretes, além de aumentar a segurança nas principais intersecções.

O conjunto de aplicativos ***Reação, Preparação e Comunicação de Emergência, Gestão Uniforme e Evacuação (R.E.S.C.U.M.E. — Response, Emergency Staging and Communications, Uniform Management, and Evacuation)*** aproveitará a conectividade sem fios e as comunicações entre centrais e entre centrais e o campo para solucionar os problemas enfrentados pelas agências de gestão de emergências, os Serviços Médicos de Emergência (EMS — Emergency Medical Services), as agências públicas, os cuidadores de emergência e as pessoas que precisem de assistência.

Os aplicativos R.E.S.C.U.M.E. tem como objetivo apoiar duas situações gerais: incidentes no trânsito e evacuações em massa. Coletivamente os aplicativos R.E.S.C.U.M.E proporcionarão capacidades como rápida detecção e avaliação de incidentes no trânsito e seus efeitos no fluxo do tráfego; modelação de fluxos de evacuação; transmissão de informações para as pessoas que estão sendo deslocadas, e auxílio aos profissionais de atendimento de emergência para que eles identifiquem os melhores recursos disponíveis e as maneiras de acioná-los prontamente. Os servidores públicos que lidam com incidentes de trânsito ou conduzem as evacuações terão uma perspectiva operacional em comum, aprimorada pela maior comunicação com os veículos e o equipamento às margens da estrada, o pessoal de segurança pública no campo e o próprio público. O pessoal de segurança pública no campo está usando cada vez mais os aparelhos de comunicação portáteis (como tablets e smartphones para complementar os rádios, celulares e terminais de dados móveis) e poderá transmitir informações em tempo real para as centrais operacionais e as TMCs, o que vai melhorar a orientação do tráfego e da rota diante de incidentes e evacuações.

O USDOT define o conjunto R.E.S.C.U.M.E. como tendo as seguintes finalidades:

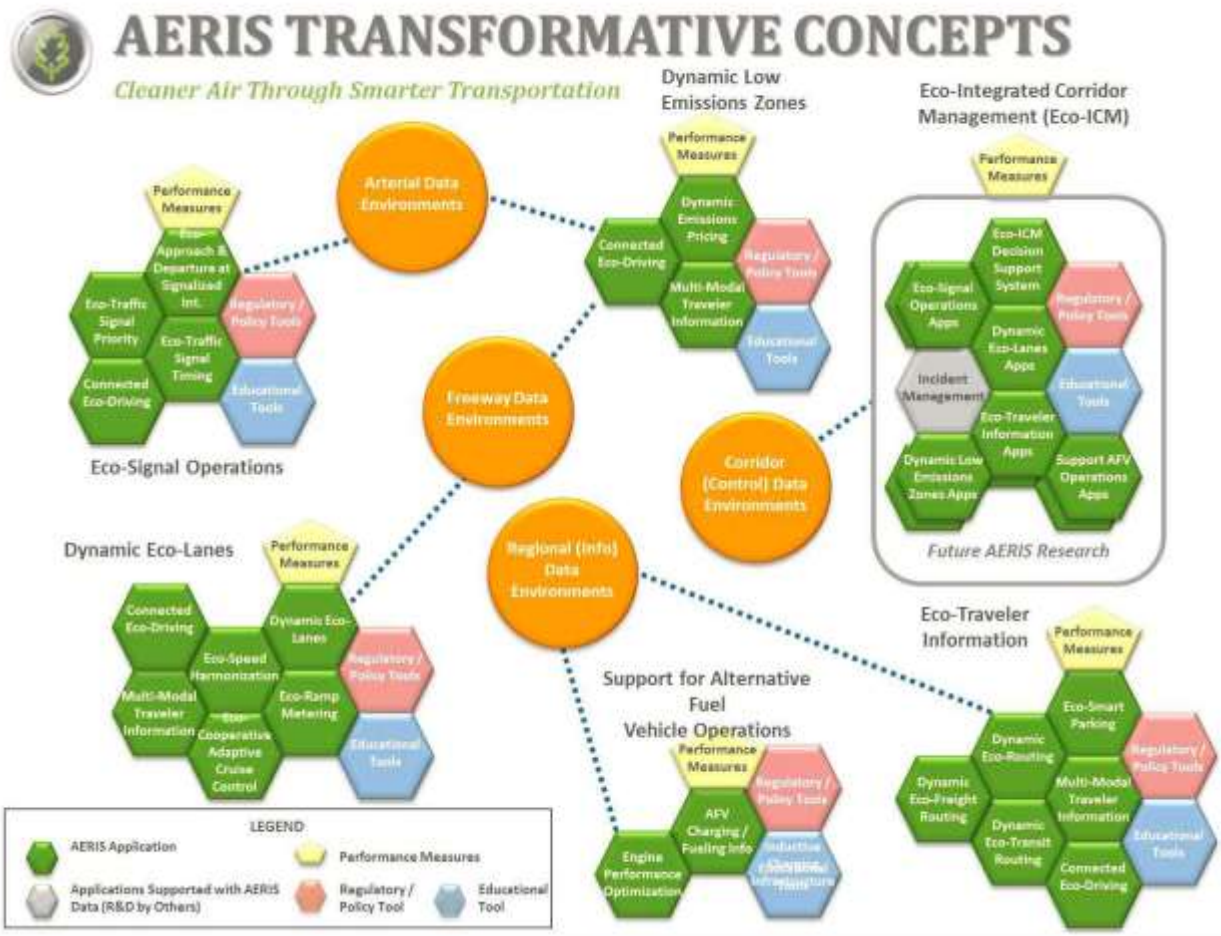
- **Guia de Preparação para os Profissionais de Emergência Antes da Chegada na Cena do Incidente (RESP-STG — Incident Scene Pre-Arrival Staging Guidance for Emergency Responders)** fornece informações aos profissionais de segurança pública que estão a caminho, ajudando-os a chegar no local do incidente com segurança e eficiência. Também pode ajudar a estabelecer as zonas de trabalho do incidente que são seguras para os profissionais de atendimento, os viajantes e as vítimas de uma colisão, proporcionando informações para a decisão sobre rota, preparação e expedição secundária, além de planos de preparação, imagens via satélite, dados GIS, dados atualizados sobre a meteorologia e o resultado da modelação.
- **Alertas para Motoristas e Trabalhadores na Zona de Trabalho na Cena do Incidente (INC-ZONE)** têm dois componentes: um que alerta os motoristas de que eles estão se aproximando de zonas temporárias de trabalho a uma velocidade ou num trajeto sem segurança e o outro que emite avisos por áudio sobre a possível entrada de veículos para o pessoal de segurança pública e outros trabalhadores que estão no local.
- **Comunicação e Evacuação de Emergência (EVAC — Emergency Communications and Evacuation)** atende às necessidades de dois grupos diferentes de pessoas que estão sendo deslocadas:
    - Para aquelas que usam o seu próprio transporte, a EVAC oferece informações dinâmicas de orientação da rota, as condições atuais do tráfego e das estradas, locais disponíveis para acomodações e localização de combustível, comida, água e caixas eletrônicos, além de outras necessidades.
    - Para aqueles que precisam de assistência, a EVAC oferece informações para identificar e localizar pessoas que provavelmente precisam de orientações e auxílio e identifica os provedores de serviços existentes, além de outros recursos disponíveis.
- **Aviso Automatizado e Avançado sobre Colisões (AACN—RELAY)** são previstos para ajudar a transmitir uma série de dados por meio de outros veículos e pontos de acesso localizados às margens das estradas
que podem ajudar a aprimorar o atendimento ao incidente. Essas informações podem então ser encaminhadas para um ponto de resposta de segurança pública.
Esses elementos de dados podem incluir o seguinte:
    - Dados gerados por sistemas embutidos em veículos e que podem auxiliar os profissionais de atendimento, incluindo localização do veículo, quantidade de passageiros, uso do cinto de segurança, status do airbag, ponto de impacto, riscos inerentes ao tipo de veículo (ex.: uso de combustíveis alternativos), uso do air bag, velocidade delta dos veículos envolvidos na colisão, possíveis lesões, posição final do veículo (ex.: virado de cabeça para baixo), localização exata do veículo (ex.: imediatamente adjacente a cursos de água adjacentes) e danos à infraestrutura (ex.: suporte da ponte).

- As informações médicas relevantes e o histórico do paciente usado para apressar o atendimento salva-vidas.
- Dados eletrônicos do manifesto, compilados por veículos comerciais envolvidos no incidente e usados para identificar o conteúdo da carga e os riscos de materiais perigosos.

Aplicativos ambientais de veículos conectados têm o objetivo de gerar e capturar dados sobre o transporte em tempo real e que são relevantes para o meio ambiente, usando tais dados para criar informações passíveis de ação que apoiarão as escolhas de transporte ambientalmente saudáveis. Esses aplicativos também apoiarão os usuários e operadores do sistema a tomarem decisões sobre alternativas ou opções de transporte ecológicos, diminuindo assim o impacto ambiental de cada viagem. Ao utilizar esses aplicativos, os usuários podem decidir se querem evitar rotas congestionadas, tomar rotas alternativas, usar o transporte público ou marcar a viagem para outro dia, decisões essas quer podem tornar a viagem mais eficiente e ambientalmente responsável. Os dados gerados a partir dos sistemas de veículos conectados também oferecem aos operadores algumas informações detalhadas e em tempo real sobre a localização do veículo, a velocidade e outras condições operacionais. Tais informações podem ser usadas para aprimorar o funcionamento do sistema. O equipamento de bordo também pode aconselhar os proprietários de veículo sobre as maneiras de aproveitar ao máximo o funcionamento e a manutenção do veículo para garantir a eficiência do combustível.

Dentro do programa de pesquisa sobre veículos conectados do USDOT, o desenvolvimento de aplicativos ambientais está sendo realizado por meio do programa Aplicativos para o Meio Ambiente: Resumo de Informações em Tempo Real (AERIS — Applications for the Environment: Real-Time Information Synthesis). O AERIS identificou seis Conceitos de Transformação19 ou conjuntos de aplicativos. Eles são identificados na Figura 12 e descritos nas próximas seções. Em alguns exemplos, os Conceitos de Transformação do AERIS representam as versões ambientais de outros aplicativos de mobilidade.

Figura 12. Aplicativos e Conceitos de Transformação do AERIS



Fonte: www.its.dot.gov/aeris/pdf/AERIS_Transformative%20Concepts%20and%20Applications%20De scriptions%20v10.pdf [acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013].

O ***Conceito de Transformação Operacional de Eco-Sinal*** tem a intenção de usar as tecnologias de veículos conectados para diminuir o consumo do combustível, a emissão de GEE e os critérios de emissão sobre poluentes do ar ao reduzir o tempo ocioso, a quantidade de paradas e a aceleração e desaceleração desnecessárias, além de aprimorar o fluxo do tráfego nas intersecções sinalizadas.

Esse conceito usa a comunicação de dados sem fios entre os veículos e a infraestrutura às margens da estrada, incluindo a transmissão de dados SPAT para os veículos. Ao usar essas informações, o aplicativo de **Eco-Abordagem e Saída nas Intersecções Sinalizadas** faz cálculos para dar sugestões de velocidade ao motorista do veículo. Essas sugestões permitem que o motorista adapte a velocidade do veículo para passar pelo próximo sinal verde ou desacelerar até parar da maneira mais ambientalmente responsável.

Os aplicativos de **Eco-Sincronismo em sinalização de Trânsito** são semelhantes para os sistemas atuais de sinalização adaptativa de tráfego; no entanto, o objetivo seria aproveitar a sinalização de trânsito o melhor possível para o ambiente que usa os dados

de veículos conectados. Este aplicativo coleta dados dos veículos, tais como localização, velocidade, emissão de GEE e outros dados de emissão para determinar o melhor funcionamento do sistema de sinalização de trânsito.

Eco-Prioridade da Sinalização de Trânsito permitem que os veículos de transporte público e frete que se aproximam de uma intersecção sinalizada solicitem prioridade de sinalização. Esses aplicativos consideram a localização, velocidade e tipo de veículo (ex.: veículos de combustível alternativo) e as emissões de GEE e outros gases para determinar se a prioridade deve ser concedida. Outras informações, como o cumprimento com o cronograma ou a quantidade máxima de passageiros no veículo, também podem ser considerados no consentimento de prioridade.

Eco-Direção Conectada oferecem conselhos personalizados de direção em tempo real aos motoristas para que possam ajustar seu comportamento ao volante a fim de economizar combustíveis e diminuir as emissões durante o trajeto nas vias principais. Esse conselho pode incluir as velocidades recomendadas de descolamento e os perfis ideais de aceleração e desaceleração de acordo com as condições de tráfego prevalecentes e as interações com outros veículos próximos.

O ***Conceito de Transformação das Eco-Faixas Dinâmicas*** tem faixas dedicadas que foram otimizadas para o ambiente ao usar dados provenientes de veículos conectados a fim de ter como alvo os veículos de frete, transporte público e veículos que usam combustível alternativo (AFVs) com emissões baixas e ocupação alta. Os motoristas dos carros qualificados podem se decidir pelo uso desses eco-faixas dedicadas.

O princípio central desse Conceito de Transformação é um aplicativo administrativo que apoia o funcionamento das **Eco-Faixas Dinâmicas**, incluindo o estabelecimento de critérios para a entrada nas faixas e a definição de limites de cercas geográficas nas eco-faixas. Os critérios podem incluir os tipos de veículos permitidos nas eco-faixas, os critérios de emissão para a entrada nas eco-faixas, a quantidade de faixas disponíveis num determinado momento e o ponto inicial e final das eco-faixas.

As Eco-Faixas Dinâmicas aproveitariam as estratégias operacionais implantadas pela entidade operacional (ex.: a TMC) para diminuir as emissões dos veículos nas faixas. Isso inclui estratégias operacionais como **Harmonização de Eco-Velocidade e Controle de Eco-Rampas**. Uma vez nas eco-faixas, os motoristas serão informados sobre os limites de velocidade ideais para o ambiente. Esses limites de eco-velocidade seriam implantados para ajudar a diminuir as paradas e partidas desnecessárias ao manter velocidades constantes, reduzindo assim a emissão de GEE e outros gases. Os aplicativos de Controle de Eco-Rampas determinam o funcionamento mais ambientalmente eficiente de controlar a sinalização nas rampas das vias expressas a fim de administrar a proporção em que os veículos entram nas vias expressas.

Os aplicativos de Controle Eco-Cooperativo de Velocidade de Cruzeiro permitiriam que motoristas individuais decidam usar o aplicativo que oferece capacidade de controle de velocidade de cruzeiro para minimizar
a aceleração e desaceleração de veículos para diminuir o consumo de combustível e reduzir as emissões do veículo.

Esses aplicativos consideram o terreno e a geometria da estrada e as interações do veículo para determinar a velocidade de deslocamento para um veículo determinado.

Finalmente, os aplicativos de **Eco-Direção Conectada** oferecem conselhos personalizados de direção em tempo real aos motoristas para que possam ajustar seu comportamento ao volante a fim de economizar combustíveis e diminuir as emissões durante o trajeto nas vias expressas.

O ***Conceito de Transformação de Zona Dinâmica de Baixas Emissões*** inclui uma área geograficamente definida que busca restringir ou impedir o acesso de acordo com as categorias específicas de veículos com alta emissão de poluentes a fim de melhorar a qualidade do ar no local. As zonas de baixa emissão podem ser dinâmicas, permitindo que a entidade operacional mude a localização, os limites, as tarifas e o período da zona de baixa emissão.

O princípio central desse Conceito de Transformação é o aplicativo de **Esquema Dinâmico de Preços para Emissões**, que usa as tecnologias de veículos conectados para determinar dinamicamente as tarifas a serem pagas pelos veículos que entram na zona de baixa emissão. Essas tarifas podem se basear no padrão de emissões do motor do veículo ou nos dados de emissões coletados diretamente usando as comunicações de V2I.

Esse conceito também permite que a zona de baixa emissão seja dinâmica, ajudando a entidade operacional a mudar a localização ou o período da zona de baixa emissão. Por exemplo, isso permitiria que a **Zona Dinâmica de Baixas Emissões** seja licenciada de acordo com vários critérios, tais como condições atmosféricas, meteorológicas e eventos especiais.

Informações para os Usuários Antes da Saída e em Trânsito também são um componente essencial para este conceito, incluindo informações sobre os critérios para os veículos entrarem na zona de baixa emissão, as tarifas esperadas e os incentivos para a viagem, as condições de tráfego atuais e previstas e os limites geográficos da zona de baixa emissão. Finalmente, os aplicativos de Eco-Direção Conectada seriam incentivados dentro da zona de baixa emissão. Uma vez dentro dessa zona, os dados em tempo real provenientes do veículo mostram se ele está sendo conduzido de forma a reduzir as emissões e o motorista poderia receber um incentivo financeiro.

O ***Conceito de Transformação para o Apoio a Veículos que usam Combustível Alternativo*** apoia a utilização de veículos que não usam somente os combustíveis fósseis, como é o caso dos carros elétricos, híbridos e de pilha termelétrica.

Esse conceito inclui os aplicativos que coletariam dados ambientais pertinentes e ajustariam o funcionamento dos motores a fim de alcançar um desempenho ideal em termos de economia de combustível e emissões. As informações sobre as condições prevalecentes de trânsito e meteorológicas ou a classificação da estrada também podem ser usadas como medida para alcançar um desempenho ideal dos motores. Por exemplo, os ajustes nos motores seriam feitos em tempo real dentro do veículo para reduzir as emissões durante dias de alerta sobre a camada de ozônio ou diante de temperaturas extremamente altas ou baixas.

Recarregamento/Abastecimento de AFV ofereceriam aos usuários as informações sobre a

localização de estações de recarregamento/abastecimento de AFV e permitem o pagamento eletrônico usando tecnologias de veículos conectados. Esses aplicativos também poderiam transmitir informações específicas de AFV como parte das mensagens de aviso sobre colisão emitidas por um AFV envolvido em um incidente ou precisando de ajuda de emergência.

O ***Conceito de Transformação das Informações para Eco-Usuários*** possibilitariam o desenvolvimento de novos aplicativos de informação para os usuários por meio de dados integrados, multimodais e de diversas fontes.

Eco-Rota determinariam a rota mais ambientalmente responsável em termos de consumo mínimo de combustível ou emissões, entre os pontos de origem e destino do percurso para usuários individuais. O aplicativo poderia usar dados históricos, em tempo real e de previsão sobre o trânsito e o meio ambiente usando as tecnologias de veículos conectados para determinar a eco-rota ideal entre os pontos de origem e destino.

Os aplicativos de Estacionamento Eco-Inteligente forneceriam informações em tempo real aos usuários sobre as condições de estacionamento, incluindo informações sobre a localização, a disponibilidade, o tipo (ex.: estacionamento somente para AFV, vagas na rua ou em garagem) ou o preço.

O aplicativo poderia diminuir o tempo necessário para os motoristas procurarem uma vaga de estacionamento e, consequentemente, reduzir as emissões.

O ***Conceito de Transformação para Eco-Gestão de Corredor Integrado (Eco-ICM — Eco-Integrated Corridor Management)*** inclui o funcionamento integrado de um corredor principal de trânsito para reduzir as emissões relacionadas ao transporte nas vias principais e vias expressas. As operações integradas representam uma parceria entre os operadores de várias agências de transporte para tratarem os corredores de trânsito como um ativo integrado, coordenando as suas operações simultaneamente com enfoque na diminuição do consumo de combustíveis e das emissões de GEE e no estabelecimento de critérios de emissão de poluentes. O princípio central desse conceito é o sistema de apoio em tempo real a fusão de dados e tomada de decisões usando dados provenientes de V2I de diversas fontes em tempo real vindos das vias principais, das vias expressas e dos sistemas de transporte público para determinar quais decisões operacionais oferecem as maiores vantagens ambientais para o corredor.

Os aplicativos de gestão sobre as condições meteorológicas nas estradas provenientes de veículos conectados vão ampliar drasticamente a quantidade de dados que podem ser usados para avaliar, prever e lidar com os impactos das condições meteorológicas nas estradas, nos veículos e nos usuários. Tais aplicativos poderiam mudar fundamentalmente a maneira como são realizadas a gestão e as operações do sistema de transporte sensíveis às condições meteorológicas. A ampla disponibilidade de dados sobre as condições meteorológicas nas estradas, provenientes de fontes móveis, incluem os veículos de pequeno porte, de grande porte e especializados que são operados pelas agências públicas (tais como removedores de neve e outros veículos de manutenção) e aumentará amplamente a capacidade de detectar e prever as condições meteorológicos e do pavimento, além de possibilitar a gestão das reações às condições meteorológicas em eixos específicos da estrada.

O princípio central das atividades dos veículos conectados no Programa Gestão das Condições Meteorológicas da Estrada é o desenvolvimento de um tradutor de dados do veículo (VDT — Vehicle Data Translator). O VDT é um sistema que recebe e processa os dados móveis disponíveis no veículo e os combina com as fontes auxiliares de dados sobre as condições meteorológicas. O VDT recebe dois tipos de dados:

- Dados móveis provenientes de um veículo, sejam nativos ao barramento de rede de acesso ao controlador (CANBus) ou como um sensor adicional (ex.: sensor de temperatura do pavimento instalado em um veículo).
- Dados auxiliares, como estações de condições meteorológicas de superfície, modelo de saída, dados provenientes de satélites e de radares.

As iniciativas atuais de desenvolvimento indicam que o VDT funcionará melhor quando conjuntos mínimos de elementos de dados estiverem disponíveis. Isso consiste de elementos de dados com o status sobre o meio ambiente e o veículo provenientes dos veículos, incluindo a temperatura do ar externo; as condições do parabrisa e do farol; as condições do sistema de freios ABS e do controle de tração; a taxa de variação do volante; a velocidade do veículo; a data, o horário, o local e a direção do veículo, e a temperatura do pavimento, além dos elementos de dados auxiliares provenientes de fontes fixas, como radares, satélites e estações de superfície.

Uma vez que os dados são adquiridos pelo VDT, eles passam pela verificação de qualidade, seguida da aplicação de vários algoritmos para criar informações úteis sobre as condições meteorológicas nas estradas. Os algoritmos desenvolvidos pela Versão 3.0 do VDT incluem o seguinte:

- Um algoritmo de precipitação que avaliará o tipo e a intensidade (quantidade por hora) ou taxa de acúmulo de precipitação que está caindo na superfície por segmento de estrada.

  Espera-se que o algoritmo identificará quatro tipos de precipitação: chuva, neve, gelo/misto, e a granizo. Ele vai distinguir entre os níveis leve/moderado e pesado para cada tipo de precipitação.
- Um algoritmo de condição de pavimento está sendo desenvolvido para extrair as condições do pavimento em um segmento da estrada a partir de observações do veículo. As condições do pavimento a serem consideradas são as seguintes: seco, molhado, respingos, neve, gelo e hidrodeslizamiento.
- Um algoritmo de visibilidade está sendo criado para proporcionar informações adicionais por segmento de estrada, tanto sobre a diminuição em geral da visibilidade como sobre questões mais específicas de visibilidade. Esta abordagem tem a intenção de comunicar visibilidade normal ou baixa e possivelmente identificar perigos específicos, incluindo neblina densa, chuva forte, neve caindo ou fumaça.

O Programa de Gestão de Condições Meteorológicas Nas Estradas da FHWA identificou seis aplicativos sobre as condições meteorológicas nas estradas de alta prioridade em veículos conectados.

Esses aplicativos podem ser resumidos da seguinte maneira:

- **Sistema Aprimorado de Apoio a Decisões de Manutenção** (MDSS — Enhanced Maintenance Decision Support System), que aumentará a quantidade de dados provenientes dos veículos conectados fornecidos pelo protótipo de MDSS federal existente. Removedores de neve e outros veículos de frota da agência, além dos operados pelo público em geral , fornecerão dados sobre as condições meteorológicas nas estradas provenientes dos veículos conectados para o MDSS aprimorado, que por sua vez usará tais dados para gerar planos aprimorados e recomendações para o pessoal de manutenção. Assim, planos aprimorados de tratamento e recomendações serão fornecidos aos operadores de removedores de neve e aos motoristas dos veículos de manutenção da agência.
- **Informações para a Manutenção e os Sistemas de Gestão de Frotas**. Nesse conceito, as informações provenientes dos veículos conectados está mais preocupada com os dados que não dizem respeito às condições meteorológicas na estrada. Os dados coletados podem incluir informações de diagnóstico de motor e transmissão dos veículos de manutenção e especializados, o estado dos componentes do veículo, o local atual dos veículos de manutenção e de outros equipamentos, além dos tipos e das quantidades de materiais nos veículos de manutenção em bordo. Os dados seriam usados para automatizar as informações prestadas aos sistemas de manutenção e gestão de frotas durante todo o ano. Além disso, as sinergias desejadas podem ser alcançadas se os dados selecionados sobre as atividades de manutenção do inverno —tais como a localização e o estado dos removedores de neve e a localização e disponibilidade de químicos para remoção de gelo— forem repassadas para o MDSS Aprimorado a fim de acertar os detalhes dos planos de reação e das estratégias de tratamento recomendadas para o inverno.
- **Gestão do Tráfego em Reação às Condições Meteorológicas.** Foram desenvolvidos dois aplicativos de Gestão do Tráfego em Reação às Condições Meteorológicas. Em primeiro lugar, os sistemas de veículos conectados, dão uma oportunidade para aprimorar o funcionamento de sistemas de limite de velocidade variável, melhorando consideravelmente a segurança na zona de trabalho durante eventos meteorológicos rigorosos. Informações adicionais sobre as condições meteorológicas nas estradas podem ser coletadas a partir dos veículos conectados e usadas em algoritmos para acertar os detalhes dos limites de velocidade informados, refletindo assim as condições meteorológicas e das estradas. Em segundo lugar, os sistemas de veículos conectados podem auxiliar o funcionamento eficaz das intersecções sinalizadas quando os eventos meteorológicos rigorosos afetarem as condições nas estradas.

  As informações provenientes dos veículos conectados podem ser usadas para ajustar os intervalos do ciclo de sinalização ou selecionar planos especiais de sincronismo em sinalização de trânsito mais apropriados para as condições prevalecentes.

- **Avisos e Alertas ao Motorista.** Informações sobre condições meteorológicas e das estradas em segmentos específicos não estão amplamente disponíveis, apesar de as pesquisas sugerirem que os usuários consideram esse tipo de informação da maior importância. A capacidade de coletar informações sobre a estrada e a meteorologia por meio de veículos conectados vai mudar totalmente essa situação. As informações sobre a más condições meteorológicas e das estradas em segmentos específicos podem ser distribuídas aos usuários em poucos minutos por uma variedade de meios na forma de alertas e avisos. Combinados a observações e previsões de outras fontes, passando por processamento adicional, os avisos de médio prazo sobre as próximas 2 a 12 horas e os avisos de longo prazo, superiores a 12 horas, também podem ser fornecidos aos motoristas.
- **Informações para as Transportadoras de Cargas.** A capacidade de coletar informações sobre as condições meteorológicas por meio de veículos conectados vai melhorar de maneira considerável a capacidade de as transportadoras de cargas planejarem e reagirem aos impactos dos eventos meteorológicos severos e às más condições nas estradas. Informações sobre a meteorologia e as más condições nas estradas em segmentos específicos podem ser distribuídas tanto para os motoristas de caminhão como para os seus operadores de expedição. Combinados a observações e previsões de outras contes, passando por processamento adicional, os avisos de médio e longo prazo também podem ser fornecidos aos operadores de expedição para apoiar as decisões de rota e agendamento. Como essas decisões precisam considerar uma variedade de outros fatores —tais como restrições em rodovias e pontes, limites com horário de serviço, estacionamento disponível, cronogramas de entrega e, em alguns casos, as autorizações atribuídas ao veículo—, projetamos que as firmas de transportadoras rodoviárias ou seus provedores de serviços comerciais desenvolverão e operarão os sistemas que usam informações sobre as condições meteorológicas nas estradas geradas por meio deste conceito.
- **Informações e apoio com a rota para os profissionais de atendimento de emergência.** Os profissionais de atendimento de emergência —incluindo operadores de ambulância, paramédicos e o corpo de bombeiros e resgate— têm uma grande necessidade de receber alertas e avisos sobre as condições meteorológicas e das estradas em curto, médio e longo prazo. Essas informações pode ajudar os motoristas a operar seus veículos com segurança diante de eventos meteorológicos severos e sob más condições nas estradas. Os profissionais de atendimento de emergência também tem grande necessidade de receber informações que afetam as suas decisões de expedição e rota. De importância especial são as informações sobre as rotas afetadas pelas condições meteorológicas, principalmente as estradas e faixas fechadas por causa de neve, enchente ou escombros soprados pelo vento.
  Informações sobre baixa latência e condições meteorológicas provenientes dos veículos conectados para um segmento específico da estrada, além de informações de outros sistemas de observação da meteorologia na superfície, como aqueles que monitoram enchentes e ventos fortes, serão usadas para determinar as rotas de reação, calcular o tempo de reação e influenciar decisões para passar uma ligação de emergência de um profissional de emergência para outro em um local diferente.

Tecnologias de Veículos Conectados

O ambiente de veículos conectados exigirá o emprego de uma combinação de sistemas e tecnologias às margens das estradas, embutidos nos veículos, disponíveis via rede e de finalidade administrativa. Esses sistemas necessários para apoiar as operações dos veículos conectados podem ser divididos em seis categorias amplas:

- OBE ou equipamento móvel. O OBE ou equipamento móvel representa os sistemas e aparelhos pelos quais a maioria dos usuários finais vão interagir com o ambiente do veículo conectado a fim de aproveitar as vantagens esperadas dos aplicativos de segurança, mobilidade e meio ambiente.

  Além disso, outras tecnologias associadas aos veículos e aparelhos móveis que participam de um ambiente de veículos conectados são necessárias a fim de fornecer as informações básicas usadas nos diversos aplicativos de veículos conectados. Tais informações incluem localização do veículo e aparelho, velocidade e direção detectada pelo GPS ou por outros sensores. Os dados adicionais provenientes de outros sensores no veículo, tais como status dos limpadores de parabrisa, ativação do sistema de freios ABS ou ativação do sistema de controle de tração podem ser vantajosos em certos aplicadores de veículos conectados.

- RSE. Esse equipamento auxiliará três tipos principais de funcionalidades. Em primeiro lugar, ele conecta os veículos aos sistemas às margens da estrada, tais como os sistemas integrados com controladores de sinal de trânsito, que permitem que os usuários participem dos aplicativos locais, como a prevenção contra colisões em uma intersecção. Em segundo lugar, o RSE proporciona a conectividade entre os veículos e recursos de rede necessários para implantar aplicativos remotos, tais como o apoio à coleta de dados provenientes de detectores de veículos que são usados em aplicativos de informações ao usuário. Em terceiro lugar, o RSE talvez seja necessário para ajudar na gestão da segurança do veículo conectado.

- Sistemas principais. Esses são sistemas que permitem a troca de dados necessária para proporcionar um conjunto de aplicativos de veículos conectados, com os quais vários usuários de sistema vão interagir. Os sistemas principais existem para facilitar as interações entre veículos, estrutura de campo e usuários administrativos.
  O pensamento atual considera a situação de implantação municipal e regional que segue os padrões nacionais para garantir que as capacidades essenciais são compatíveis, independentemente de onde a mobilização será feita

- Sistemas de Apoio. Incluem os SCMSs que permitem que os aparelhos e sistemas em um ambiente de veículo conectado estabeleça relações verdadeiras. Diversas pesquisas estão sendo feitas para descrever tanto os detalhes técnicos como as políticas e as questões empresariais associadas à criação e ao funcionamento do sistema de gestão de credenciais de segurança.

- Sistemas de Comunicação. São compostos pela infraestrutura de comunicação de dados necessária para proporcionar conectividade no ambiente de veículo conectado. Isso inclui a conectividade V2V e V2I e a conectividade da rede de RSEs para outros componentes de sistema. Tais componentes de sistema incluem sistemas principais,

sistemas de apoio e sistemas de finalidades específicas. O sistema de comunicação incluirá as proteções firewall apropriadas e outros sistemas cuja intenção é garantir a segurança e integridade da transmissão de dados.

- Sistemas de finalidades específicas. Eles se referem ao equipamento necessário para apoiar os aplicativos específicos dos veículos conectados, que são empregados em um local em especial, em vez dos sistemas principais que proporcionam a troca de dados em geral dentro do ambiente do veículo conectado. Um exemplo seriam os sistemas de software e os servidores que adquirem dados a partir de veículos conectados, calculam a duração do percurso a partir desses dados e integram tal duração do percurso nos sistemas da TMC.
  Os sistemas de gestão de tráfego existentes e outros ativos de ITS também podem fazer parte de um aplicativo geral de veículos conectados.

Alguns tópicos selecionados de tecnologia são abordados nas próximas seções.

Comunicação Dedicada de Curto Alcance (DSRC — Dedicated Short Range Communications)

As tecnologias de DSRC foram desenvolvidas especificamente para a comunicação veicular e foram associadas ao Programa de Veículos Conectados e os seus predecessores. Em 1997, a ITS America solicitou que a FCC dedicasse a área de alcance de 75 MHz na banda de 5.9 GHz. Em 2004, a FCC publicou um Relatório e uma Ordem que estabeleceram o licenciamento padrão e as regras de serviço para DSRC no Serviço de Rádio de ITS na banda de 5.850 a 5.925 GHz (a banda 5.9 GHz), a ser usada para fins de proteção da segurança do público no transporte.[21]

A DSRC é um protocolo de comunicações desenvolvido para lidar com questões técnicas associadas ao envio e recebimento de dados entre veículos e entre veículos em movimento e pontos fixos de acesso na estrada. A DSRC é uma forma especializada de Wi-Fi e, como acontece com o sinal Wi-Fi, é derivada do padrão básico IEE 802.11, que é um conjunto de padrões desenvolvidos pelo Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (IEEE) para a implantação das comunicações sem fios na rede de computadores locais. A DSRC é controlada pelos padrões IEEE 802.11p e 1609. No entanto, diferentemente do Wi-Fi, a DSRC usa um protocolo de comunicação que permite que cada terminal gere seus próprios endereços de IP e MAC. Isso elimina com eficácia o tempo de estabelecimento da rede.

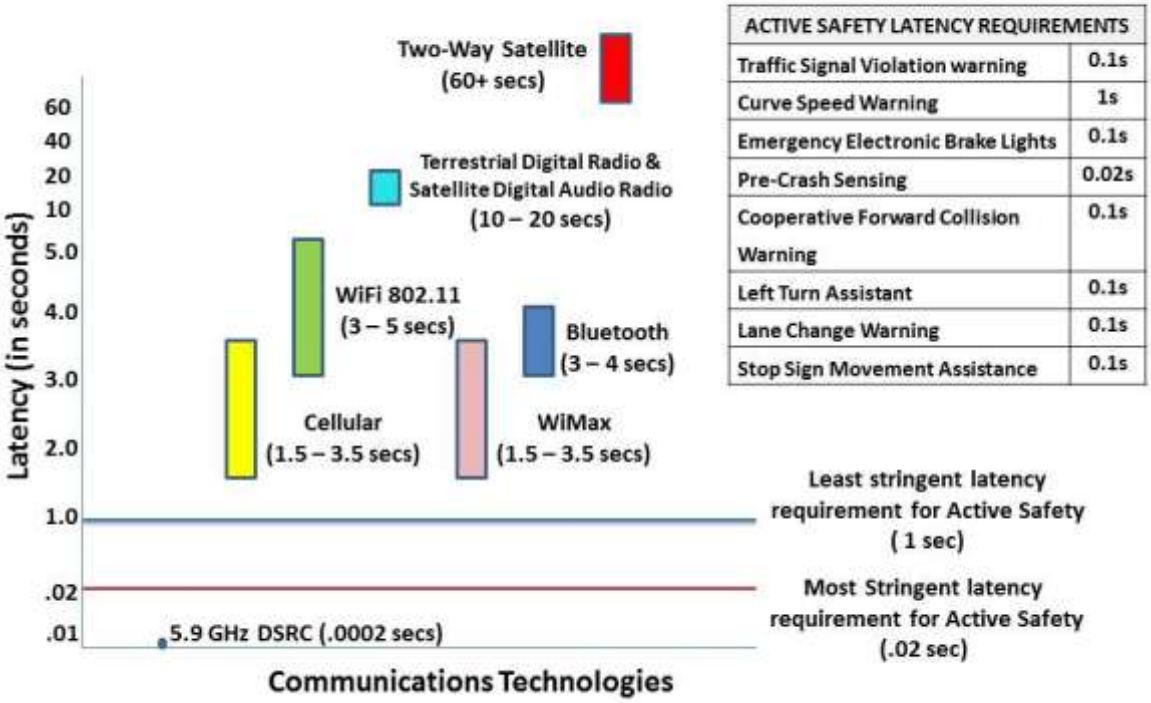
A DSRC também inclui o protocolo de Acesso Sem Fios em Mensagens Curtas de Ambientes Veiculares definido no padrão IEEE 1609, que permite que os terminais transmitam mensagens a todos os demais aparelhos dentro do alcance do rádio. Isso é altamente eficiente porque um terminal em especial não precisa aprender as identidades da rede do outro terminal.

O alcance típico de um ponto de acesso de DSRC é de cerca de 300 metros, apesar de alcances de até 1 km terem sido registrados. Instalações típicas incluem intersecções e outros locais às margens da estrada.

Em 2008, o USDOT estabeleceu a definição de conectividade no ambiente de veículo conectado a fim de incluir tanto as tecnologias de DSRC como as não relacionadas a ela, tais

como comunicações via celular e Wi-Fi, a fim de oferecer uma plataforma aberta de comunicação. Entretanto, o USDOT manteve seu compromisso de usar as tecnologias de DSRC para a segurança ativa de ambos os aplicativos de V2V e V2I. A DSRC é o meio de comunicação escolhido para os sistemas ativos de segurança por causa da sua licença de largura de banda designada, que foi primeiramente reservada para os aplicativos de segurança veicular pela FCC. A DSRC também é uma tecnologia sem fios de curto alcance que oferece o seguinte: rápida aquisição de rede, baixa latência, link de comunicação altamente confiável, capacidade de funcionar em veículos em alta velocidade, capacidade de priorização de mensagens de segurança, tolerância para transmissões de vários caminhos (o que é típico nos ambientes rodoviários), desempenho imune às condições meteorológicas extremas (ex.: chuva, neblina e neve) e segurança e privacidade das mensagens.[22] A Figura 13 ilustra como a DSRC cumpre os requisitos de latência dos vários aplicativos ativos de segurança usados em veículos conectados em comparação às tecnologias de comunicação. Além do compromisso com a DSRC para os aplicativos ativos de segurança, o USDOT também reafirmou a sua intenção de estudar a adequação de todas as tecnologias sem fios a outros aplicativos de segurança, mobilidade e ambientais.

Figura 13. Requisitos de latência para os aplicativos ativos de segurança



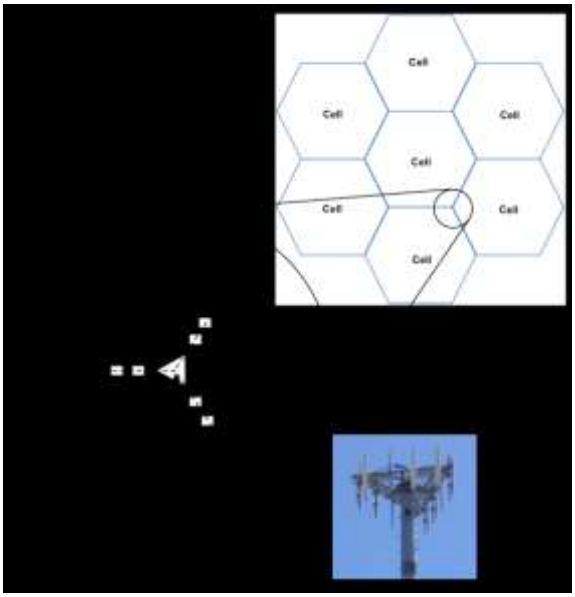
ACTIVE SAFETY LATENCY REQUIREMENTS	
Traffic Signal Violation warning	0.1s
Curve Speed Warning	1s
Emergency Electronic Brake Lights	0.1s
Pre-Crash Sensing	0.02s
Cooperative Forward Collision Warning	0.1s
Left Turn Assistant	0.1s
Lane Change Warning	0.1s
Stop Sign Movement Assistance	0.1s

Fonte: USDOT.

Comunicação via celular

A comunicação via celular é séria candidata para alguns aplicativos de segurança, além de aplicativos de mobilidade e ambientais, dentro do ambiente de veículos conectados. A comunicação via celular usa uma série de estações base para proporcionar voz e dados em áreas relativamente grandes. Tipicamente, cada estação base atende vários setores que são organizados para usar frequências levemente diferentes a fim de minimizar a interferência. Isso também garante que uma largura de banda de canal razoável esteja disponível aos usuários em um determinado setor.[23] Uma configuração celular típica é mostrada na Figura 14.

Figura 14. Configuração típica de sistema celular[23]



Por causa da popularidade dos telefones móveis, as tecnologias celulares estão avançando rapidamente. O aumento no uso de smartphones e outros aparelhos de consumo sem fios incentivou tal crescimento. As tecnologias continuam evoluindo, mas as tecnologias celulares LTE mais recentes podem oferecer taxas de transferência de dados em altas velocidades para uma quantidade maior de assinantes simultaneamente. Em geral, os sistemas de comunicação via celular são operados comercialmente para que todas as transações de dados envolvam algum tipo de taxa de uso. Para a maioria dos usuários, isso representa uma assinatura simples para acessar o serviço, mas existem outros modelos de acesso também.

Os sistemas de comunicação via celular têm a intenção de servir os usuários móveis, sendo então designados para proporcionar aos usuários em movimento uma largura de banda alta para dados. Elas também são empregadas amplamente para que os usuários possam acessar o serviço independentemente de onde estiverem. Geralmente, todas as áreas urbanas têm cobertura celular proporcionada por várias operadoras. A maioria das rodovias principais têm cobertura, apesar de ela não ser onipresente.

Como a tecnologia celular oferecer uma capacidade de largura de banda relativamente alta em áreas amplas, ela é conceitualmente apropriada para as finalidades de V2I. Ela é menos eficaz para as finalidades de V2V. A Tabela 324 resume os pontos fortes e fracos da tecnologia de comunicação celular para as finalidades V2V e V2I.

Tabela 3. Pontos Fortes e Fracos da Comunicação via Celular para os Aplicativos de Veículos Conectados[24]

Aplicativo	Pontos fortes	Pontos fracos	Comentários
V2V	Nenhum	Proporciona somente comunicações de ponto a ponto; capacidade de transmissão limitada, que é raramente implantada pelas operadoras.	Assim, para enviar uma mensagem, é necessário incluir o endereço IP do destinatário junto com a mensagem. Usar a comunicação via celular em V2V requer que um OBE em particular saiba o endereço IP dos veículos próximos antes de poder enviar a mensagem. Como os veículos ao redor de qualquer OBE estão em movimento e mudando a todo instante, a tarefa de manter de alguma forma uma lista de endereços de IP ativos para cada OBE seria uma tarefa hercúlea.
V2I	A cobertura de ampla área significa que a infraestrutura existente pode ser usada em muitas situações.	Requer que os veículos solicitem dados V2I com base na localização. Isso aumenta a carga total de dados, pois muitas solicitações resultam em respostas de dados nulas. Além disso, muitas mensagens precisam ser enviadas exclusivamente para cada veículo mediante solicitação.	Essa abordagem foi usada no projeto SafeTrip 21 Networked Traveler com bons resultados. Ainda não está claro se ela pode ser escalonada de maneira positiva para uma quantidade grande de usuários.
Geral	Altamente disponível e de baixo custo	Requer o pagamento pelo uso de dados	O maior ponto fraco dos sistemas celulares é que, para obter acesso, um aparelho precisa ser registrado com uma operadora. Isso geralmente requer alguma forma de acordo de usuário, contrato e pagamento.

Sistemas de Gestão de Credenciais de Segurança

O Programa de Veículos Conectados dependerá de um sistema de comunicação segura para apoiar as comunicações de V2V e V2I e ativar os aplicativos de segurança, mobilidade e ambientais. Para que o sistema funcione de maneira eficaz, os usuários da rede precisam confiar na validez das mensagens recebidas dos outros usuários do

sistema. Assentar a base dessa rede de confiança é um elemento-chave para o design de segurança do Programa de Veículos Conectados[25]. Ao mesmo tempo, os usuários querem ter uma garantia razoável da privacidade do sistema.

Até o momento, as pesquisas apontam que o uso de um sistema de segurança de Infraestrutura de Chave Pública (PKI — Public Key Infrastructure), que envolve a troca de certificados digitais entre usuários de confiança, pode tanto atender às necessidades de segurança de mensagem como proporcionar o devido anonimato aos usuários em trânsito. Estes certificados digitais são usados para assinar as mensagens que passam entre os veículos em um ambiente de veículos conectados. Dessa maneira, esses certificados permitem que o destinatário confirme que a mensagem veio de uma fonte legítima.

Uma entidade de gestão de certificados (CME — Certificate Management Entity) realiza as funções administrativas necessárias para gerir o sistema de segurança PKI, tais como registrar os usuários e emitir e cancelar certificados. O termo "Sistemas de Gestão de Credenciais de Segurança" (SCMS — Security Credential Management System) também é usado para se referir a todas as CMEs ou o sistema de gestão de certificados em geral.

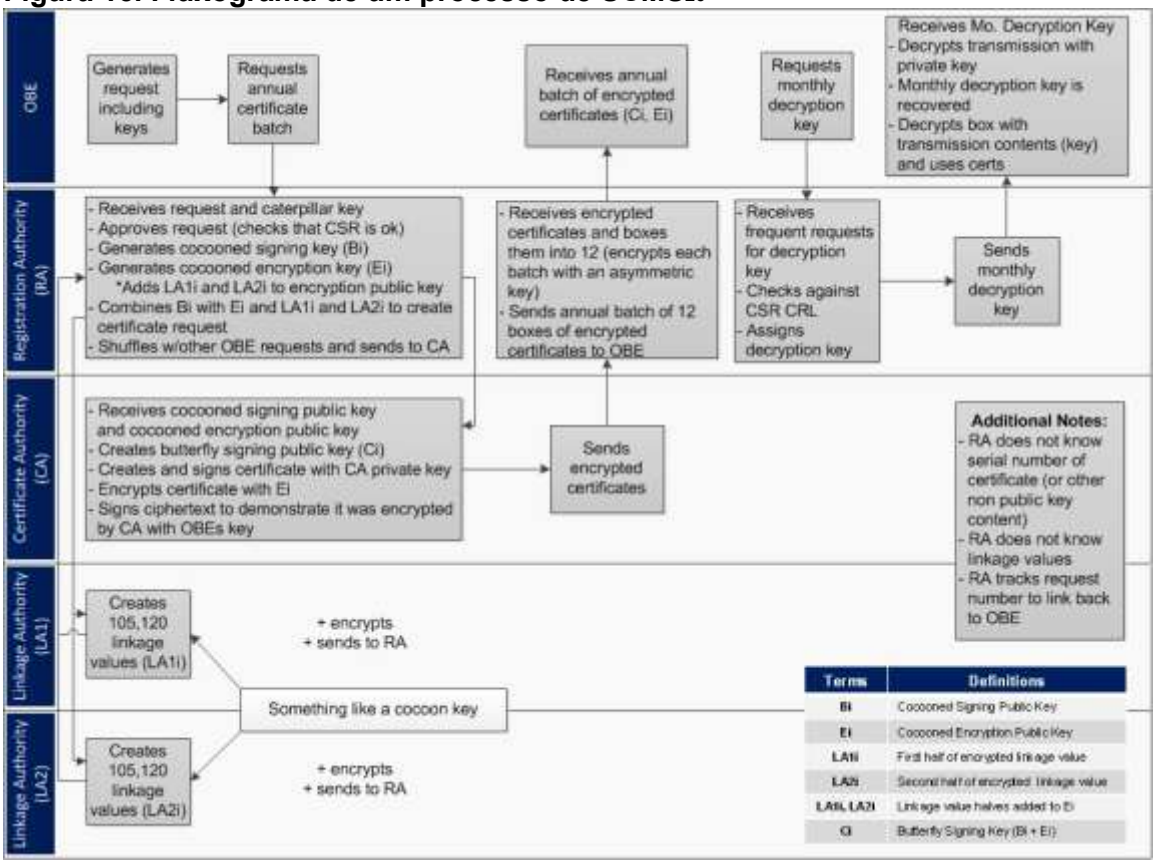
A PKI é o paradigma de controle da segurança nas comunicações entro do ambiente de veículos conectados. A PKI é um sistema de gestão de certificados com uma autoridade central conhecida como "autoridade de certificados" (CA), que verifica se os usuários de um sistema são de confiança com base em certas credenciais.

Isso permite que os usuários confiem uns nos outros e interajam, mesmo que não tenham interagido antes, somente porque confiam na CA.

Em geral, os terminais móveis dos veículos entrarão em contato com a autoridade de registro (RA) para solicitar e obter certificados de segurança. O terminal móvel e a RA também terão uma relação de confiança. Isso significa que a RA conhece a identidade e tem informações suficientes sobre o terminal móvel para determinar se a solicitação de certificado veio de uma fonte legítima. No entanto, para conservar a privacidade do terminal móvel, a RA organiza as solicitações enviadas de vários aparelhos de maneira aleatória antes de solicitar que a CA emita certificados criptografados pela PKI. Esses certificados criptografados pela PKI ainda são assinados por outra entidade conhecida como autoridade de ligação (LA).

Uma de duas ou mais LAs adicionam a Identidade de Ligação (Link-ID) criptografada paras o grupos de certificados já criptografados que foram emitidos pela CA. Grupos de certificados múltiplos com Link-IDs comuns são então emitidos para cada terminal móvel que solicitar certificados junto à RA. O terminal móvel pode então usar os certificados para assinar as mensagens e o destinatário da mensagem pode verificar se ela veio de uma fonte legítima. Um fluxograma de um processo genérico de SCMS[26] é ilustrado pela Figura 15.

Figura 15. Fluxograma de um processo de SCMS[26]



Os certificados geralmente têm uma expectativa de vida específica. Depois que um certificado vence, ele deixa de ser válido e espera-se que ele seja rejeitado por qualquer destinatário. Os certificados também podem ser cancelados se a CA determinar que o terminal deixou de satisfazer os critérios de certificação. Tipicamente, os motivos para o cancelamento incluem comportamento indevido (seja ele acidental, causado por falha do equipamento, uma transmissão maliciosa de mensagem falsa, etc.), aviso de retirada do veículo de circulação (ex.: ida para o ferro velho depois de um acidente sério ou quando o veículo chega ao fim da sua vida útil) ou, possivelmente, a transferência do terminal para um usuário novo.

Ao comunicar a informação de cancelamento a todos os participantes do sistema, a CA pode avisar os usuários que os certificados cancelados não devem ser aceitos. Esse mecanismo é conhecido tipicamente como uma lista de cancelamento de certificado (CRL — certificate revocation list). É importante observar que as estratégias finalmente adotadas para a distribuição de CRL terão efeitos consideráveis no custo e desempenho do sistema de veículos conectados por causa da grande quantidade de dados que poderá ser distribuída.

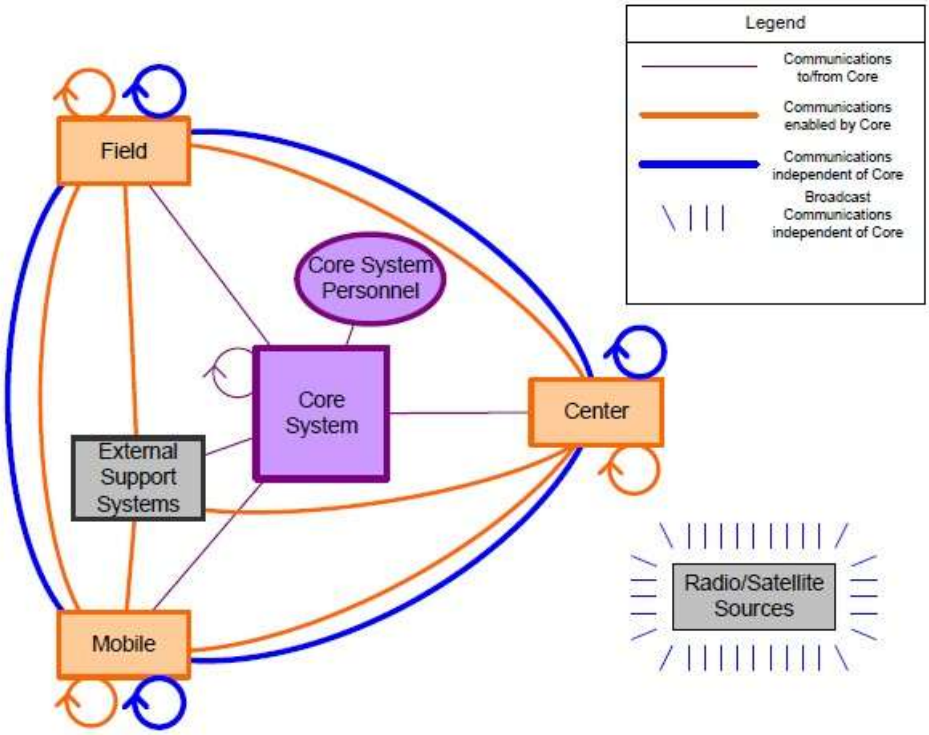
Além do anonimato, os princípios de privacidade recomendados para o ambiente de veículos conectados requer que não exista maneira de determinar o caminho tomado por um veículo simplesmente pelo acompanhamento dos certificados usados. A questão específica aqui é que cada certificado tem um identificador (que não está associado ao usuário ou terminal), então a menos que o certificado seja alterado a cada poucos minutos, poderá ser possível rastrear a

rota que o usuário tomou (ao procurar pelo mesmo certificado usado em lugares diferentes). Para evitar tal rastreamento, foram propostos vários mecanismos de limitação da vida de um certificado estão em uso (limitando assim a distância em que um veículo poderá ser rastreado pelo uso do mesmo certificado).

Os Sistemas Principais dos Veículos Conectados

Em linhas gerais, os Sistemas Principais dos Veículos Conectados são os mesmos que permitem a troca de dados confiável e segura necessária para proporcionar um conjunto de aplicativos de veículos conectados com os quais os vários usuários do sistema vão interagir.[27] Um diagrama de contexto para o Sistema Principal[28] é ilustrado na Figura 16. Compreender o conceito do Sistema Principal requer que o debate seja feito no contexto dos sistemas de comunicação e aplicativos de veículos conectados.

Figura 16. Diagrama do Contexto do Sistema Principal[28]



Os sistemas de comunicação são os serviços sem fios ou, possivelmente, com fios que permitem que o Sistema Principal se comunique com os vários aplicativos de veículos conectados para fins de segurança, mobilidade e ambiental. Os mecanismos de segurança são implantados a cada emprego de um Sistema Principal variarão e podem incluir comunicação via celular ou DSRC, por exemplo. Os aplicativos proporcionam benefícios nas áreas de segurança, mobilidade e ambiental aos usuários do sistema de veículos conectados. Os aplicativos usam o Sistema Principal para facilitar as suas interações com outros aplicativos ou usuários.

O Sistema Principal também interage com diversas outras entidades:

- Entidades móveis, incluindo plataformas de veículos, entre outras, como aparelhos pessoais portáteis usados para enviar e receber informações de transporte.
- Aparelhos de campo distribuídos ao longo da rede de transporte que realizam a inspeção, o controle do tráfego, fornecem informações ou fazem transações mediante pagamento de taxa.
- Centrais que incluem a parte administrativa responsável pela gestão, disseminação de informações e funções de apoio.
- Pessoal que opera e mantém o Sistema Principal, incluindo os gerentes de rede, o pessoal operacional e os desenvolvedores.

O Sistema Principal também interage com outros sistemas principais. Existirá mais de um sistema principal no ambiente do veículo conectado e cada um deles fornece serviços em determinadas áreas geográficas ou tropicais ou proporcionam serviços de backup para os outros. A documentação do USDOT 29 planeja desenvolver um Sistema Principal, assim como sistemas e aplicativos de comunicação, em nível local e regional, não nacionalmente, e de maneira evolucionária.

A documentação da USDOT pretende que o Sistema Principal use sistemas de apoio externos a fim de obter os serviços necessários para cumprir com as suas funções, mas que eles sejam administrados, mantidos e compartilhados de maneira mais apropriada entre vários Sistemas Principais por causa das limitações prioritárias institucionais, de desempenho ou funcionais. A documentação do USDOT identificou que o candidato mais provável para um sistema de apoio seja uma autoridade de gestão de certificados externa, por causa da necessidade de coordenar as atividades de distribuição e cancelamento entre todos os Sistemas Principais.

Políticas e Questões Institucionais dos Veículos Conectados

As políticas e questões institucionais dos veículos conectados são os tópicos que podem limitar ou desafiar o seu emprego correto. A visão para o Programa de Veículos Conectados é de uma iniciativa colaborativa entre o USDOT, as principais partes interessadas na indústria, os fabricantes de veículos, os governos estaduais e municipais, as associações de representação e os cidadãos, entre outros. Consequentemente, a política e fundação institucional que serve de base para o emprego correto das tecnologias e aplicativos de veículos conectados precisam atender às necessidades coletivas desse grupo.

O USDOT identificou questões sérias que podem obstruir ou apresentar desafios ao emprego correto das tecnologias, dos aplicativos e dos sistemas de V2V e V2I. As questões com as políticas e a pesquisa necessária são classificadas em quatro categorias:

- **Opções de Política de Implantação**: Elas requerem a análise e o desenvolvimento de uma série de opções viáveis para as estratégias financeiras e de investimento; a análise e comparação de sistemas diferentes de comunicação para a transmissão de dados; estruturas de modelos para governança com papeis e responsabilidades identificadas, e análise necessárias para apoiar as decisões que a NHTSA tomou em 2013 e 2014, o

que inclui uma análise de custo-benefício, proposta de valor e penetração de mercado.

- **Opções de Política Técnica**: Elas requerem a análise de opções técnicas para as tecnologias e os aplicativos de V2V e V2I a fim de identificar quais requerem novos modelos institucionais ou se os ativos e recursos humanos existentes podem ser aproveitados. As análises técnicas nessa categoria também resultarão em políticas relacionadas ao Sistema Principal de Veículos Conectados, uma estrutura de política para as interfaces necessárias e as políticas sobre o uso de certificados e padrões para os aparelhos.
- **Opções de Política Jurídica**: Elas impõem análises e opções de políticas que apoiem as decisões do papel e da autoridade federal no desenvolvimento e emprego do sistema de veículos conectados, as responsabilidades e limitações de risco, as políticas e práticas sobre privacidade e as políticas de propriedade intelectual e de dados dentro do ambiente de veículos conectados.
- **Estratégias de implantação**: Com as decisões feitas em cada uma das categorias anteriores, as opções escolhidas podem ser combinadas em diferentes situações de implantação.
  Uma análise mais comparativa pode ser apresentada para as partes interessadas a fim de garantir que as estratégias mais eficazes estão disponíveis para a implantação. Essas análises orientarão as diversas entidades de implantação que precisarão compreender os recursos necessários para a implantação, o funcionamento e a manutenção, incluindo o conhecimento, a perícia e as habilidades dos recursos humanos.

Além da política de veículos conectados do USDOT e a pesquisa sobre as questões institucionais, outras questões relacionadas são de grande importância para as agências de transporte estaduais e municipais. A principal entre elas é o financiamento do emprego da estrutura de veículos conectados. Os DOTs estaduais e municipais precisam decidir até que ponto eles vão aproveitar as tecnologias e os aplicativos de veículos conectados. Ao tomar tal decisão, os DOTs estaduais e municipais precisarão avaliar diversos fatores. Por exemplo, os benefícios podem ser substanciais, oferecendo novas oportunidades para lidar com os desafios de segurança, mobilidade e ambientais. As despesas também precisam ser consideradas, incluindo a instalação, operação e manutenção da infraestrutura dos veículos conectados.

Dentre as principais tarefas a serem consideradas pelos DOTs estaduais e municipais que pretendem empregar uma estrutura de veículos conectados está a necessidade de identificar os mecanismos de financiamento de capital e para cobrir as despesas com operações em andamento e a manutenção. Dependendo do tipo de infraestrutura de veículos conectados e os aplicativos a que ela servirá, as agências podem considerar diversas categorias de financiamento para apoiar a respectiva implantação. Por exemplo, os sistemas de veículos conectados são uma forma de tecnologia de ITS, então uma agência poderá usar o orçamento de ITS ou qualquer categoria dos fundos federais ou estaduais para os quais o ITS estiver qualificado. Espera-se que os sistemas de veículos conectados tenham um impacto considerável na segurança dos veículos e das rodovias, então o emprego de fundos reservados

para os sistemas de segurança poderão ser os mais apropriados. O impacto das tecnologias de veículos conectados na mobilidade e a consequente redução de emissões poderia garantir o financiamento proveniente de alguns fundos reservados para a mitigação de congestionamento e melhoria da qualidade do ar.

Haverá ainda despesas com as operações de andamento do dia a dia (ex.: recursos humanos, eletricidade e comunicações de retorno provenientes de unidades de veículos em campo), custos com a manutenção (tanto agendadas como não agendadas) e com a reposição de equipamento em campo ou administrativo que chegaram no fim da sua vida. Para os sistemas de veículos conectados, as agências poderão estudar parcerias públicas e privadas ou mecanismos de compartilhamento de ativos e receita a fim de adquirir a infraestrutura de veículos conectados desejada.

Os princípios fundamentais do ambiente de veículos conectados foram desenvolvidos pelo USDOT e orientarão a pesquisa da política de veículos conectados.[30] Os princípios centrais são resumidos abaixo.

Propósito

- A segurança no transporte e a prioridade do USDOT para o ambiente de veículos conectados.
  O sistema precisa...
    - Evitar ou mitigar a seriedade das colisões,
    - Minimizar a carga de trabalho do motorista,
    - Garantir que não aumentarão as distrações do motorista,
    - Incluir todos os usuários dos sistemas rodoviários e
    - Garantir que os aplicativos obrigatórios de segurança não sejam desligados ou anulados.
- A utilidade além dos aplicativos de segurança, especialmente para fins de mobilidade e ambientais, são permitidos e incentivados, contanto que não desviem da segurança.

Cobertura/Escala

- A implantação do sistema precisa ser de escala nacional e ter capacidade de expansão por toda América do Norte.
    - A implantação pode ter início em locais discretos, mas o objetivo é incluir todas as estradas de grande porte para coincidir com a implantação da tecnologia nos veículos.

Proteção aos usuários

- O USDOT assumiu o compromisso de proteger os consumidores dos riscos indesejados por meio de controles apropriados de privacidade: transparência, participação e correção individuais, especificação do propósito, limitações no uso de informações, minimização de dados e retenção, qualidade e integridade de dados, segurança, prestação de contas e auditoria. Por exemplo:
    - O ambiente precisa dar aos consumidores avisos antecipados apropriados e

(para os sistemas de decisão de inclusão) a oportunidade de dar consentimento para coleta de dados, uso, acesso, manutenção, segurança e descarte.

  - O ambiente limitará a coleta e retenção de informações pessoais ao mínimo necessário para atender às necessidades operacionais e das partes interessadas.

- O sistema precisa ter um nível de segurança apropriado. O sistema vai...
  - Garantir que as informações trocadas entre os usuários será segura e confiável,
  - Oferecer proteção contra hackers e comportamento malicioso e
  - Manter a integridade dos dados.

Implantação e supervisão

- Uma organização (que pode ser privada, pública ou um misto de pública e privada) será necessária para administrar e operar o sistema responsável pela garantia e segurança das outras funções de sistemas de veículos conectados.
- Os aplicativos provenientes de fontes externas à estrutura de controle devem ser permitidos nos sistemas de veículos conectados, contanto que cumpram com os princípios estabelecidos pelo sistema, o que inclui os requisitos operacionais e de segurança.
- Se as agências estaduais e municipais estiverem envolvidas na implantação do sistema, o sistema deve ser projetado de forma que sua construção, operação e manutenção represente uma boa relação de custo-benefício par essas agências.
- O USDOT está aberto a todas as opções de financiamento sustentável que não violem outros princípios. Caso a única opção viável de financiamento seja a captação de fundos junto a organizações, empresas ou entidades participantes, os custos operacionais comuns do sistema, incluindo segurança, controle e demais despesas, deverão ser compartilhados sempre que viável.
- Taxas de assinatura não poderão ser cobradas do consumidor para os aplicativos obrigatórios de segurança.
  No entanto, esse princípio não exclui o uso de tarifas ou impostos obrigatórios e vigentes universalmente no financiamento do sistema. A assinatura ou cobrança de outras taxas para aplicativos não obrigatórios e opcionais também são possíveis.[31]

Funcionalidade Técnica

- A funcionalidade do sistema requer o cumprimento de todos os padrões de comunicação e desempenho adotados nacionalmente, aceitados universalmente e que não sejam de direito exclusivo.
    - A interoperabilidade dos equipamentos, veículos e outros aparelhos é necessária para acionar os aplicativos obrigatórios de segurança, assim como os aplicativos de apoio a mobilidade, competição financeira e sustentabilidade.
    - Os padrões devem ser mantidos para garantir a viabilidade técnica.
- O sistema precisa ser tecnicamente aceitável e viável com o passar do tempo.
    - Deve ter compatibilidade retroativa.
    - O sistema precisa ser capaz de evoluir com o passar do tempo, conforme novas tecnologias se tornam disponíveis.
- A tecnologia de comunicação para os aplicativos de segurança precisam ser seguros, de baixa latência, maduros, estáveis e capazes de funcionar nas velocidades rodoviárias.
    - Atualmente, a DSRC é a única tecnologia viável que conhecemos para os aplicativos indispensáveis de segurança.
    - A DSRC ou outras tecnologias de comunicação podem ser usadas para os aplicativos de segurança que não sejam para fins de situações de colisão iminente, mobilidade e ambiental.
- O uso da área de alcance deve cumprir com os requisitos estabelecidos de não interferência.
    - Os aplicativos de segurança têm prioridade sobre os aplicativos que não estão relacionados à segurança.
    - Os aplicativos do setor público têm precedência diante dos aplicativos comerciais.

Estratégias de Implantação dos Veículos Conectados

A presente seção descreverá as estratégias emergentes e os marcos esperados no emprego da infraestrutura dos veículos conectados em campo, da integração de sistemas de veículos conectados na frota de veículos e das abordagens operacionais para o ambiente de veículos conectados em geral.

Durante o curso do Programa de Veículos Conectados e seus predecessores, diversas análises foram feitas para lidar com a escala e as abordagens do emprego de veículos conectados. O Conceito de Operações VII original32 estabeleceu uma abordagem de emprego VII dividida em fases. Tal abordagem previu um período de planejamento e teste pré-emprego, que culminaria na decisão de implantar ou não a VII em 2008. Antes de tal data, o emprego seria realizado em duas fases.

A primeira fase teria fornecido o nível principal do emprego da infraestrutura VII necessária para permitir os chamados "aplicativos do primeiro dia". A meta da primeira fase era fornecer uma infraestrutura que cobrisse metade das intersecções sinalizadas nas 50 maiores áreas

metropolitanas dos EUA. Além disso, as vias expressas metropolitanas e rodovias interestaduais teriam sido cobertas, além das rodovias interestaduais rurais, mas com uma densidade menor da infraestrutura do que nas áreas urbanas.

A segunda fase teria sido iniciada em 2012 para coincidir com a data planejada para os fabricantes de veículos começarem a colocar no mercado os veículos equipados com VII. Nessa época, o público já teria tido a oportunidade de usar os "aplicativos do primeiro dia". Durante a segunda fase, a infraestrutura de VII teria sido ampliada para cobrir todas as 452 áreas urbanizadas com uma população de 50 mil ou mais habitantes. A segunda fase teria adicionado à infraestrutura de VII aproximadamente 70% das intersecções sinalizadas, além das rodovias rurais adicionais.

As análises feitas subsequentemente33,34 definiram a escala nacional do emprego da infraestrutura de VII da seguinte maneira:

Tabela 4. Dimensão estimada para o emprego da infraestrutura de VII em escala nacional[33]

<table>
<tr><td colspan="2">Localização do RSE</td><td colspan="3">Quant. estimada de unidades</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Urbana</td><td>Sinal de trânsito nas vias principais</td><td>210,000</td><td rowspan="3">235,000</td><td rowspan="4">252,000</td></tr>
<tr><td>Vias principais (sem sinalização)</td><td>0</td></tr>
<tr><td>Rodovias, vias expressas e interestaduais</td><td>25,000</td></tr>
<tr><td>Áreas rurais</td><td>Rotas interestaduais e outras rotas do NHS</td><td>17,000</td><td>17,000</td></tr>
</table>

No período de 2010–2011, a AASHTO realizou uma Análise do Emprego da Infraestrutura de Campo para Veículos Conectados35 a fim de começar a estudar as possíveis abordagens para o emprego dos componentes de infraestrutura dos sistemas de veículos conectados por parte das agências de transporte estadual e local. Essa análise presumiu que as decisões de emprego da infraestrutura das agências estaduais e municipais se basearíam na natureza e no cronograma de vantagens que se acumulariam para as agências como resultado do sistema de veículos conectados. A análise também presumiu que, por sua vez, essas vantagens dependeriam da disponibilidade do equipamento de veículos conectados já instalados no veículo, sejam eles instalados originalmente pelo fabricante, disponibilizados no mercado de reposição ou adquiridos pelos proprietários de veículos como aparelhos de migração ou retroajuste.

As projeções para o crescimento futuro do mercado de sistemas de veículos conectados eram, então, um componente primordial para a avaliação da sua implantação por parte da AASHTO. Tais projeções dependiam demais dos mecanismos implícitos dos mercados presumidos. Por exemplo, o sistema de freios ABS relacionado à segurança e o sistema de controle de tração não foram classificados como obrigatórios, mas cresceram organicamente de acordo com a demanda do consumidor.

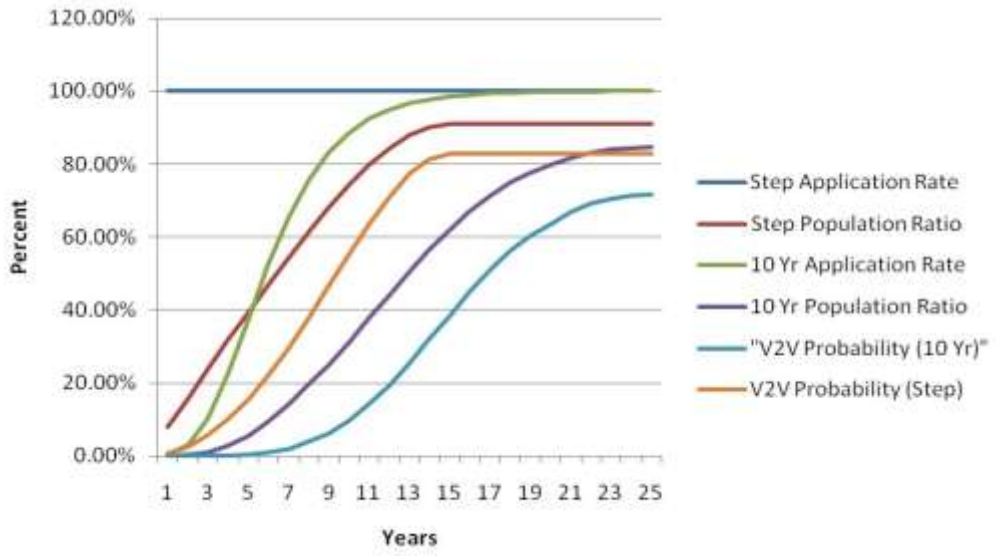
Eles seguiram uma curva de crescimento de mercado durante 15 anos e passaram a ser empregados em 90% dos veículos. Em contraste, os airbags seguiram uma curva inicialmente orgânica que se acelerou diante da obrigatoriedade.

A vida longa dos veículos de pequeno porte e a grande base de instalação nos Estados Unidos significam que mudanças nas frotas acontecerão devagar. Com uma taxa de produção de cerca de 15 milhões de unidades por ano, a frota será substituída, em teoria, a cada 13 anos. No entanto, alguns veículos são tirado de circulação antes disso e outros veículos duram mais do que a média. Em geral, as novas características não são adotadas imediatamente por todos os modelos de um ano em particular, então a taxa de adoção de uma característica nos veículos pode demorar bastante após a introdução da respectiva opção no mercado.

A Figura 17 ilustra tais características. Neste modelo, presume-se que a vida útil do veículo seja de, em média, 13 anos e uma distribuição de sobrevivência do princípio de potência, no qual uma pequena fração de veículos não sobrevive ao primeiro ano e alguns duram mais de 25 anos. A figura mostra a proporção populacional de uma característica, ou seja, a porcentagem de veículos que têm tal característica com base tanto na introdução da função por etapa(quando todos os veículos novos já vêm com tal característica) e uma taxa de implantação com uma curva em S mais típica, na qual a característica é introduzida na frota com passar do tempo.

No caso dos veículos conectados, uma função por etapa ocorreria se a decisão da agência NHTSA levasse à obrigatoriedade da instalação de rádios de DSRC em todos os veículos novos de pequeno porte fabricados nos EUA.

Figura 17. Características da introdução de uma nova característica na frota de veículos[35]



A taxa de crescimento em curva S mostrada na figura presume que a taxa de adoção cresceria de 0 a 90% com o passar do tempo, dentro de um período de 10 anos, com o crescimento inicial sendo relativamente lento, um crescimento máximo nos anos intermediários e, então, o aplainamento mais para o fim do período. Essa taxa de adoção é levemente mais rápida do que a maioria das características automotivas, então é possível que a taxa de crescimento seja mais lenta, o que implicaria num intervalo maior até que as mesmas taxas de penetração na frota fossem alcançadas.

A figura mostra que a etapa de introdução de uma característica requer cerca de 13 anos para

que 90% de toda a frota de veículos de pequeno porte dos EUA passe a ser equipada. Em contraste, a fase mais típica de introdução durante um período de 10 anos resultaria em uma demora de 20 anos antes que 90% da frota de veículos de pequeno porte dos EUA passasse a ser equipada. Esta introdução por fases alcançou 50% da frota de veículos de pequeno porte em cerca de 14 anos.

Essas características do mercado automotivo têm consequências importantes para o emprego de sistema de veículos conectados. Mais especificamente, qualquer emprego que dependa da produção automotiva não verá uma população equipada considerável antes de mais de uma década. Para a segurança de V2V, isso é especialmente problemático. Se, por um lado, os veículos equipados trariam vantagens imediatas com os serviços de V2I, por outro lado as vantagens de V2V só seriam vistas quando ambos veículos na interação estivessem equipados. A Figura 17 mostra que essa probabilidade de obter vantagens a partir das comunicações de V2V é inferior a 50% durante mais de 17 anos após a introdução inicial do atributo. Para a introdução de uma função por etapas, esse ponto é alcançado em cerca de 10 anos.

O equipamento de veículos conectados pode ser apresentado aos veículos de uma das três maneiras principais: (1) sistemas instalados e completamente integrados pelo Fabricante de Equipamentos Originais (OEM — Original Equipment Manufacturer), (2) sistemas de retroajuste por concessionárias de OEM ou assistência autorizada ou (3) aparelhos do mercado de reposição ou migratórios instalados no veículo pelos motoristas. Os aparelhos de retroajuste, mercado de reposição e migratórios foram sugeridos como forma de empregar mais rapidamente os aplicativos de veículos conectados.

Se o objetivo é empregar os sistemas de veículos conectados por meio de interesse do consumidor, o emprego mais provavelmente ocorrerá pelo aproveitamento e a ampliação das categorias de produtos existentes. Muitos dos possíveis aplicativos de veículos conectados já estão disponíveis ou podem ser alcançados prontamente como ampliações de produtos existentes.

As categorias de produtos existentes que são relevantes para o emprego dos veículos conectados são diversas, mas convergentes. As capacidades de computação dos eletrônicos de consumo de pequeno porte continuam se ampliando. A quantidade de aparelhos eletrônicos de consumo com conexões de dados aumentou consideravelmente nos últimos anos. Tanto as agências de transporte como as provedoras comerciais já lançaram novos aplicativos de software e fluxos de dados para diversos meios de transporte.

Outras Oportunidades Emergentes

Como o ambiente de veículos conectados previsto acima ainda não foi amplamente implantado, pode-se argumentar que o presente módulo representa uma oportunidade emergente para aprimorar a segurança, a mobilidade, e o impacto ambiental dos meios de transporte. No entanto, outra área de tecnologia emergente —veículos autónomos— pode convergir com a iniciativa de veículos conectados.

Um veículo autônomo é aquele capaz de detectar o seu ambiente e navegar sem intervenção humana. Um ser humano pode selecionar um destino, mas não é necessário para operar

mecanicamente o veículo. Os veículos autônomos são capazes de detectar o seus arredores usando técnicas como radar, Detecção e Medição de Distância por Luz (LIDAR — Light Distance And Ranging), tecnologia GPS ou de visão por computador. Os sistemas de controle avançados a bordo do veículo, então, interpretam as informações do sensor para identificar os caminhos de navegação apropriada e os obstáculos para interpretar a sinalização relevante.

Nos últimos anos, avanços consideráveis têm sido feitos tanto em tecnologia como na legislação relevante para os veículos autônomos. Várias empresas de grande porte têm desenvolvido protótipos autônomos, incluindo Google, Nissan, Toyota e Audi. Em junho de 2011, o Estado de Nevada foi a primeiro jurisdição nos Estados Unidos a promulgar uma legislação sobre a operação de veículos autônomos para fins de teste usando motoristas profissionais.

Os veículos autônomos têm o potencial de gerar benefícios que condizem com os objetivos da iniciativas de veículos conectados, tais como a redução de colisões e congestionamentos no trânsito, maior eficiência de combustível e redução das emissões de veículos. As oportunidades para o desenvolvimento colaborativo e a implantação, portanto, deve ser vistos para existir.

Resumo

- O ambiente de veículos conectados utiliza a conectividade sem fio entre veículos, a infraestrutura e os aparelhos móveis para trazer mudanças transformadoras para segurança e a mobilidade nas estradas e os impactos ambientais do sistema de transporte.
- A visão de um ambiente nacional multimodal de veículo conectados exige a participação de um vasto número de partes interessadas: Agências de transporte federais, estaduais e municipais; fabricantes de carros, caminhões e ônibus; provedoras de serviços de telecomunicações; fabricantes de eletrônicos de consumo, e pesquisadores.
- Espera-se que os benefícios do ambiente de veículos conectados se acumulem em diversas áreas:
    - O uso combinado das comunicações de V2V e V2I tem o potencial para resolver 81 por cento das colisões sem motoristas debilitados em todos os tipos de veículos.
    - Os sistemas de veículos conectados têm o potencial de reduzir o congestionamento do tráfego urbano, os atrasos, e as emissões dos veículos, além de melhorar a eficiência do combustível do veículo.
- Os desafios estratégicos que ainda existem para o programa de veículos conectados:
    - Resolver os demais desafios técnicos,
    - Realizar testes para determinar as vantagens reais dos aplicativos,
    - Determinar se os benefícios gerais seriam suficientes para justificar a sua implantação e, se esse for o caso, como os sistemas seriam empregados,
    - Lidar com os problemas relacionados ao financiamento e identificar quem vai implantar, operar e manter o equipamento de beira de estrada e os SCMS e
    - Lidar com os problemas de aceitação por parte do público, tais como proteger a privacidade do usuário e se os sistemas em veículos são eficazes, seguros e fáceis de usar.
- O Programa Piloto de Segurança em Veículos Conectados é uma pesquisa científica que coleta os dados necessários para compreendermos os benefícios de segurança destas tecnologias. Tais dados serão fundamentais para apoiar uma decisão que a NHTSA tomou em 2013 sobre a implantação das principais tecnologias de veículos conectados para veículos de pequeno porte e uma decisão de 2014 para veículos de grande porte.
- Os aplicativos são a parte mais visível do ambiente de veículos conectados. Suas finalidades permitem que o sistema de veículos conectados e as tecnologias ofereçam serviços e vantagens para os usuários.
- Os aplicativos de veículos conectados são normalmente divididos em três grandes categorias e cada categoria é composta de pacotes de aplicativos individuais. Essas categorias são:
    - Aplicativos de segurança (incluindo aqueles baseados nas comunicações de V2V e V2I);
    - Aplicativos Dinâmicos de Mobilidade e
    - Aplicativos de finalidade ambiental.
- O ambiente de veículos conectados exigirá a implantação de tecnologias divididas em seis grandes categorias:

    - Equipamentos integrados no veículo ou móveis,
    - Equipamentos às margens da estrada,
    - Sistemas principais,
    - Sistemas de apoio,
    - Sistemas de comunicação e
    - Sistemas de finalidades específicas.
- As tecnologias de DSRC foram desenvolvidas especificamente para a comunicação veicular e estã

o reservadas pela FCC para a finalidade de segurança no transporte.

- O USDOT assumiu o compromisso de usar as comunicações DSRC para a segurança ativa em ambos os aplicativos de V2V e V2I. No entanto, outros meios, tais como comunicações via celulares, estão sendo estudadas para possível aplicação a outras medidas de segurança, de mobilidade e ambientais.
- O programa de veículos conectados vai contar com comunicações seguras: Os usuários do sistema deve ser capaz de confiar na validade das mensagens dos outros usuários do sistema.
    - As pesquisas atuais indicam que o uso de uma sistema de segurança de PKI, o que inclui a troca de certificados digitais entre usuários confiáveis, pode satisfazer as necessidades de mensagem de segurança e de anonimato apropriado para os usuários.
- As políticas e questões institucionais dos veículos conectados são os tópicos que podem limitar ou desafiar o seu emprego correto. Os princípios primordiais para o ambiente de veículos conectados foram identificados pelo USDOT para orientar a investigação de políticas. As questões de política que precisam de pesquisa foram identificadas em quatro categorias:
    - Questões de política de implantação,
    - Questões de políticas técnicas,
    - Questões de políticas jurídicas e
    - Estratégias de implantação.
- O trabalho realizado pela AASHTO por meio de uma análise de implantação de infraestrutura para veículos conectados no campo indica que as decisões sobre a implantação da infraestrutura, por parte das agências de transporte estaduais e locais, serão tomadas de acordo com a natureza e o calendário dos benefícios que se acumularão para as agências. Por sua vez, estes benefícios dependem da disponibilidade dos equipamentos de veículos conectados instalados nos veículos, tais como equipamentos originais ou aparelhos do mercado de reposição.

Recursos Adicionais

Site do Subcomitê de Operação e Gestão de Sistemas da AASHTO: http://ssom.transportation.org/Pages/default.aspx

23 Booz Allen Hamilton, “Communications Data Delivery System Analysis. Task 2: High-Level Options for Secure Communications Data Delivery System” [Análise do Sistema de Entrega de Dados de Comunicação. Tarefa 2: Opções de alto nível para o sistema seguro de entrega de dados de comunicação], Esboço do Relatório Interino preparado para a Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento de Transporte dos EUA em fevereiro 2012.

Booz Allen Hamilton, “Vehicle Infrastructure Integration (VII) Concept of Operations. Versão 1.2". [Integração entre Infraestrutura e Veículo (VII) Conceito de Operações. Versão 1.2.], preparado para a Administração Federal de Rodovias do Departamento de Transporte dos EUA, setembro de 2006.

Booz Allen Hamilton e VII Consortium, “VII POC Applications Concept of Operations. Version 1.4” [Conceito de Operações para a Prova de Conceito dos Aplicativos de VII], preparado para a Administração Federal de Rodovias do Departamento de Transporte dos EUA em janeiro de 2007.

Davis, Greg, “V2I Safety Applications: An Overview of Concepts and Operational Scenarios” [Aplicativos de segurança de V2I: Visão geral dos conceitos e das situações operacionais], Apresentação para a Sucursal Estadual de Nova Jérsei do Simpósio Anual ITS America de 2012, feita em dezembro de 2014
2012.

Website da Comissão Federal de Comunicações: http://wireless.fcc.gov/services/index.htm?job=about&id=dedicated_src [Acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013]

Relatório e Ordem 03-324 da Comissão Federal de Comunicações adotados em 17 de dezembro de 2003 e publicado em 10 de fevereiro de 2004: http://fjallfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-03-324A1.pdf [acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013]

Glassco, R. *et al*, “State of the Practice of Techniques for Evaluating the Environmental Impacts of ITS Deployment,” [Estado da prática de técnicas para a avaliação dos impactos ambientais resultantes do emprego de ITS], Relatório N.º FHWA-JPO-11-142, preparado por Noblis, Inc. para a Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento de Transportes dos EUA, Escritório Conjunto do Programa de ITS, agosto.
2011.

Hill, C.J. e J.K. Garrett, “AASHTO Connected Vehicle Field Infrastructure Deployment Analysis” [Análise do emprego da infraestrutura de veículos conectados em campo pela AASHTO], preparada porMixon Hill, Inc. para a Associação Americana de Estradas Estaduais e Organizações de Transporte e Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Relatório N.º FHWA-JPO-11-090 de 17 de junho de 2011.

Hoyert D.L. e J.Q. Xu J. Q., “Deaths: Preliminary Data for 2011” [Mortes: Dados preliminares para 2011], Relatório Nacional de Estatísticas Demográficas, Vol. 61, N.º 6, Centro de Controle e Prevenção de Doenças do Departamento de Saúde e Serviços Humanos, Centro Nacional de Estatísticas sobre Saúde, 2012.

Website da ITS America: O veículo conectado — A próxima geração de ITS, www.itsa.org/industryforums/connectedvehicle

Moorman, J.E. *et al*, “National Surveillance of Asthma: United States 2001—2010” [Vigilância Nacional da Asma: Estados Unidos, 2001-2010], Estatísticas Vitais e de Saúde, Série 3, N.º 35, Centro de Controle e Prevenção de Doenças do Departamento de Saúde e Serviços Humanos, Centro Nacional de Estatísticas sobre Saúde, novembro de 2012.

Najm, W.G., J. Koopmann, J.D. Smith e J. Brewer, “Frequency of Target Crashes for IntelliDrive Safety Systems” [Frequência de Colisões-alvo para os Sistemas de Segurança IntelliDrive], Relatório N.º USDOT-HS-811-381, preparado para a Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Centro de Sistemas de Transporte Nacional John A. Volpe, preparado para a Administração Nacional de Segurança na Estrada do Departamento do Transporte dos EUA, outubro de 2010.

Schrank, D., T. Lomax e B. Eisele, “TTI’s 2011 Urban Mobility Report” [Relatório de mobilidade urbana de TTI para 2011], Instituto do Transporte de Texas A&M, setembro de 2011.

Administração Federal de Rodovias do Departamento de Transporte dos EUA, “Concept of Operations for Road Weather Connected Vehicle Applications” [Conceito de operações para os aplicativos de das condições meteorológicas nas estradas em veículos conectados], Relatório FHWA-JPO-13-047, preparado por Booz Allen Hamilton, 11 de fevereiro de 2013.

Administração Federal de Rodovias do Departamento de Transporte dos EUA, “Vehicle Infrastructure Integration(VII) Concept of Operations, Version 1.2” [Conceito de Operações para a Integração entre Infraestrutura e Veículo], preparado por Booz Allen Hamilton, McLean, VA, Setembro

2006.

Centro de Sistemas de Transporte Nacional John A. Volpe do Departamento de Transporte dos EUA, “VII Initiative Benefit-Cost Analysis. Version 2.3 (Draft)” [Análise de Custo-Benefícios da Iniciativa VII], preparada pelo USDOT, Escritório Conjunto do Programa de ITS, 8 de maio

2008.

Administração Nacional de Segurança no Trânsito em Auto-Estrada do Departamento de Transporte dos EUA, “Early Estimate of Motor Vehicle Traffic Fatalities for the First Three Quarters (January-September) of 2011” [Estimativa inicial das fatalidades relacionadas ao trânsito de veículos a motor para os três primeiros trimestres (janeiro a setembro)], Dados da Segurança no Trânsito, Publicação N.º USDOT-HS-811-583, fevereiro de 2012.

Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Escritório Conjunto do Programa de ITS, “Achieving the Vision: From VII to IntelliDrive” [Concretização da visão: De VII a IntelliDrive], relatório técnico de 30 de abril de 2010.

U.S. Website da Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento de Transportes dos EUA
www.its.dot.gov/connected_vehicle/connected_vehicles_FAQs.htm [Last accessed January 15, 2013]

U.S. Website do Piloto de Segurança, Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento de Transportes dos EUA: www.its.dot.gov/safety_pilot/index.htm [acessado pela última vez em 27 de janeiro de 2013]

Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Escritório Conjunto do Programa de ITS, “Achieving the Vision: From VII to IntelliDrive” [Concretização da visão: De VII a IntelliDrive], política do relatório técnico de 30 de abril de 2010.

Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, website dos Aplicativos De Veículos Conectados, Aplicativos Dinâmicos de Mobilidade, www.its.dot.gov/dma/index.htm [acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013]

U.S. Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Escritório Conjunto do Programa de ITS, "Smart Roadside Initiative Concept of Operations" [Conceito de Operações da Iniciativa Estrada Inteligente] Preparado por SAIC em 21 de maio de 2012.

U.S. Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, website dos conceitos de Transformação e das descrições dos aplicativos AERIS, última atualização em agosto de 2012, www.its.dot.gov/aeris/pdf/AERIS_Transformative%20Concepts%20and%20Applications%20Descriptions%20v10.pdf [acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013]

U.S. Website da Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento de Transportes dos EUA: www.its.dot.gov/factsheets/dsrc_factsheet.htm [acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013]

Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Escritório Conjunto do Programa de ITS, documento de leitura inicial da Análise do Sistema de Entrega de Dados de Comunicação, preparado por Booz Allen Hamilton, 9 de abril de 2012.

Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, "Core System Concept of Operations" [Conceitos de operação do sistema principal] preparado por Lockheed Martin, Relatório 11-USDOTSE-LMDM-00049 de 24 de outubro de 2011.

Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, "Principles for the Connected Vehicle Environment. Discussion Document" [Princípios para o ambiente de veículos conectados. Documento para debate], 18 de abril de 2012.

Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, "VII Life CycleCost Estimate" [Estimativa de custo da vida útil de VII], abril de 2007.

Website da Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento de Transportes dos EUA: Pesquisa sobre veículos conectados, www.its.dot.gov/connected_vehicle/connected_vehicle.htm

---

1 Os "veículos conectados" se referem à capacidade de os veículos de todos os tipos se comunicarem sem fios com outros veículos e equipamentos às margens da estrada, tais como sinalização de trânsito, a fim de apoiar diversas finalidades de segurança, mobilidade e ambientais de interesse dos setores públicos e privados. Os tipos de veículos incluem veículos de pequeno e grande porte e de transporte público. O conceito também é ampliado para os aparelhos compatíveis no mercado de reposição e que são instalados nos veículos, além dos pedestres, motociclistas, ciclistas e usuários do transporte público que usam aparelhos compatíveis. Coletivamente, esses componentes formam o ambiente de veículos conectados.

2 Administração Nacional de Segurança no Trânsito em Auto-Estrada do Departamento do Transporte dos EUA, "Early Estimate of Motor Vehicle Traffic Fatalities for the First Three Quarters (January–September) of 2011" [Estimativa inicial das fatalidades relacionadas ao trânsito de veículos a motor para os três primeiros trimestres (janeiro a setembro], Dados da Segurança no Trânsito,

Publicação N.º USDOT-HS-811-583, fevereiro de 2012.
[3] Hoyert D. L. and Xu J. Q., "Deaths: Preliminary Data for 2011" [Mortes: Dados preliminares para 2011], Relatório Nacional de Estatísticas Demográficas, Vol. 61, N.º 6, Centro de Controle e Prevenção de Doenças do Departamento de Saúde e Serviços Humanos, Centro Nacional de Estatísticas sobre Saúde, 2012.

[4] Najm, W. G., J.G., J. Koopmann, J.D. Smith e J. Brewer, "Frequency of Target Crashes for IntelliDrive Safety Systems" [Frequência de Colisões-alvo para os Sistemas de Segurança IntelliDrive], Relatório N.º USDOT-HS-811-381, preparado para a Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Centro de Sistemas de Transporte Nacional John A. Volpe, preparado para a Administração Nacional de Segurança na Estrada do Departamento do Transporte dos EUA, outubro de 2010.

[5] Schrank, D., T. Lomax e B. Eisele, "TTI's 2011 Urban Mobility Report" [Relatório de mobilidade urbana de TTI para 2011], Instituto do Transporte de Texas A&M, setembro de 2011.

[6] Glassco, R. *et al*, "State of the Practice of Techniques for Evaluating the Environmental Impacts of ITS Deployment," [Estado da prática de técnicas para a avaliação dos impactos ambientais resultantes do emprego de ITS], Relatório N.º FHWA-JPO-11-142, preparado por Noblis, Inc. para a Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento de Transportes dos EUA, Escritório Conjunto do Programa de ITS, agosto.

2011.
[7] Moorman, J.E. *et al*, "National Surveillance of Asthma: United States 2001–2010" [Vigilância Nacional da Asma: Estados Unidos, 2001-2010], Estatísticas Vitais e de Saúde, Série 3, N.º 35, Centro de Controle e Prevenção de Doenças do Departamento de Saúde e Serviços Humanos, Centro Nacional de Estatísticas sobre Saúde, novembro de 2012.

[8] Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Escritório Conjunto do Programa de ITS, "Achieving the Vision: From VII to IntelliDrive" [Concretização da visão: De VII a IntelliDrive], relatório técnico de 30 de abril de 2010.

[9] Administração Federal de Rodovias do Departamento de Transporte dos EUA, "Vehicle Infrastructure Integration(VII) Concept of Operations, Version 1.2" [Conceito de Operações para a Integração entre Infraestrutura e Veículo], preparado por Booz Allen Hamilton, McLean, VA, Setembro

2006.
[10] Website da Comissão Federal de Comunicações: http://wireless.fcc.gov/services/index.htm?job=about&id=dedicated_src [Acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013]
[11] Website da Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento de Transportes dos EUA
http://www.its.dot.gov/connected_vehicle/connected_vehicles_FAQs.htm [Last accessed January 15, 2013]

[12] Website do Piloto de Segurança, Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento de Transportes dos EUA: http://www.its.dot.gov/safety_pilot/index.htm [acessado pela última vez em 27 de janeiro de 2013]
[13] Administração Federal de Rodovias do Departamento de Transporte dos EUA, "Vehicle Infrastructure Integration(VII) Concept of Operations, Version 1.2" [Conceito de Operações para a Integração entre Infraestrutura e Veículo], preparado por Booz Allen Hamilton, McLean, VA, Setembro de 2006

[14] Booz Allen Hamilton e VII Consortium, "VII POC Applications Concept of Operations. Versão 1.4" [Conceito de Operações para a Prova de Conceito dos Aplicativos de VII], preparado para a Administração Federal de Rodovias do Departamento de Transporte dos EUA em janeiro de 2007.

[15] Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Escritório Conjunto do Programa de ITS, “Achieving the Vision: From VII to IntelliDrive” [Concretização da visão: De VII a IntelliDrive], política do relatório técnico de 30 de abril de 2010.

[16] Davis, Greg, “V2I Safety Applications: An Overview of Concepts and Operational Scenarios” [Aplicativos de segurança de V2I: Visão geral dos conceitos e das situações operacionais], Apresentação para a Sucursal Estadual de Nova Jérsei do Simpósio Anual ITS America de 2012, feita em dezembro de 2014
2012.

---

[17] Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, website dos Aplicativos De Veículos Conectados, Aplicativos Dinâmicos de Mobilidade, http://www.its.dot.gov/dma/index.htm [acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013]
[18] Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Escritório Conjunto do Programa de ITS, “Smart Roadside Initiative Concept of Operations” [Conceito de Operações da Iniciativa Estrada Inteligente] Preparado por SAIC em 21 de maio de 2012.

[19] Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, website dos conceitos de Transformação e das descrições dos aplicativos AERIS, última atualização em agosto de 2012,
http://www.its.dot.gov/aeris/pdf/AERIS_Transformative%20Concepts%20and%20Applications%20Descriptions%20v10.pdf [acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013]
[20] Administração Federal de Rodovias do Departamento de Transporte dos EUA, “Concept of Operations for Road Weather Connected Vehicle Applications” [Conceito de operações para os aplicativos de das condições meteorológicas nas estradas em veículos conectados], Relatório FHWA-JPO-13-047, preparado por Booz Allen Hamilton, 11 de fevereiro de 2013.

[21] Comissão Federal de Comunicações, Relatório e Ordem 03-324 adotada em 17 de dezembro de 2003; publicado em 10 de fevereiro de 2004, http://fjallfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-03-324A1.pdf [acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013]
[22] Website da Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento de Transportes dos EUA:
http://www.its.dot.gov/factsheets/dsrc_factsheet.htm [acessado pela última vez em 15 de janeiro de 2013]
[23] Booz Allen Hamilton, “Communications Data Delivery System Analysis. Task 2: High-Level Options for Secure Communications Data Delivery System” [Análise do Sistema de Entrega de Dados de Comunicação. Tarefa 2: Opções de alto nível para o sistema seguro de entrega de dados de comunicação], Esboço do Relatório Interino preparado para a Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento de Transporte dos EUA em fevereiro 2012.
[24] Ibid.
[25] Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Escritório Conjunto do Programa de ITS, documento de leitura inicial da Análise do Sistema de Entrega de Dados de Comunicação, preparado por Booz Allen Hamilton, 9 de abril de 2012.
[26] Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Escritório Conjunto do Programa de ITS, "Organizational and
Operational Models for Certificate Management Entities as part of the Connected Vehicle Program” [Modelos organizacionais e operacionais para as entidades de gestão de certificados como parte do programa de veículos conectados]. Relatório de trabalho revisado (Tarefa 2), preparado por Booz Allen Hamilton, esboço, agosto de 2012.
[27] Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, “Core System Concept of Operations” [Conceitos de operação do sistema principal] preparado por Lockheed Martin, Relatório 11-USDOTSE-LMDM-00049 de 24 de outubro de 2011.

[28] Ibid.
[29] Ibid.

[30] Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, "Principles for the Connected Vehicle Environment. Discussion Document" [Princípios para o ambiente de veículos conectados. Documento para debate], 18 de abril de 2012.
[31] As taxas de assinatura se referem às taxas recorrentes que um consumador decide pagar voluntariamente para ter acesso a um serviço. As taxas obrigatórias e universalmente aplicáveis são diferentes, por não serem voluntárias e, consequentemente, serem cobradas por agências governamentais (como parte do registro do veículo, por exemplo) ou incluídas no preço da compra do veículo ou equipamento.

[32] Booz Allen Hamilton, "Vehicle Infrastructure Integration (VII) Concept of Operations. Version 1.2" [Integração entre Infraestrutura e Veículo (VII) Conceito de Operações. Versão 1.2.], preparado para a Administração Federal de Rodovias do Departamento de Transporte dos EUA, setembro de 2006.
[33] Departamento do Transporte dos EUA, Escritório Conjunto do Programa de ITS, "VII Life Cycle Cost Estimate" [Estimativa de custo da vida útil de VII] abril de 2007.
[34] Centro de Sistemas de Transporte Nacional John A. Volpe do Departamento de Transporte dos EUA, "VII Initiative Benefit-Cost Analysis. Version 2.3 (Draft)" [Análise de Custo-Benefícios da Iniciativa VII], preparada pelo USDOT, Escritório Conjunto do Programa de ITS, 8 de maio de 2008.

[35] Hill, C. J. e J.K. Garrett, "AASHTO Connected Vehicle Field Infrastructure Deployment Analysis" [Análise do emprego da infraestrutura de veículos conectados em campo pela AASHTO], preparada porMixon Hill, Inc. para a Associação Americana de Estradas Estaduais e Organizações de Transporte e Administração de Pesquisa e Tecnologia Inovadora do Departamento do Transporte dos EUA, Relatório N.º FHWA-JPO-11-090 de 17 de junho de 2011.