

# Módulo 9: Tecnologias de apoio a ITS

Escrito por **Brody Hanson**, pesquisador associado, Universidade de New Brunswick, Fredericton, NB, Canadá

## Propósito

Coleta de dados, monitoramento das condições meteorológicas e do tráfego, comunicações, disseminação de informações e sistemas embutidos em veículos são itens essenciais para os sistemas de transporte inteligente (ITS). A tecnologia por trás desses componentes é o que mais incentiva a eficácia do ITS. 'Os avanços em tecnologia e integração apresentam oportunidades consideráveis para a melhoria do sistema, então é importante compreender essas tecnologias ao estudar o emprego de um ITS.

O presente módulo apresenta uma visão geral de várias tecnologias de apoio e considera as oportunidades para implantação e integração.

## Objetivos

Os sistemas de transporte inteligente geralmente são descritos em termos da sua aplicação de um ponto de vista funcional. Ou seja, quais funções o sistema em geral realiza. Do ponto de vista do fornecimento de uma visão geral das tecnologias de suporte, essa abordagem pode dificultar o isolamento de tecnologias específicas ou a garantia de uma visão geral abrangente. As tecnologias que apoiam o ITS podem desempenhar várias funções dentro do mesmo sistema ou entre sistemas diferentes. As tecnologias que proporcionam funções semelhantes podem não ser adequadas para aplicações semelhantes.

As informações no presente módulo foram organizadas de tal forma que cada seção se concentra especificamente na apresentação e comparação das tecnologias. O importante desta seção é compreender o seguinte:

- Os vários componentes físicos do ITS.
- Os tipos diferentes de tecnologia de hardware usados em cada componente.
- Os pontos fortes e as limitações das tecnologias comparáveis.
- Os aplicativos de exemplo das tecnologias de apoio.

## Introdução

Enquanto outros módulos neste *ePrimer* se concentram na aplicação do ITS, o presente módulo apresenta o equipamento e as tecnologias usadas para ativar tal aplicação. O módulo é dividido em seções que tentam concentrar e agrupar os diversos componentes físicos do ITS para que os tipos diferentes de tecnologias possam ser comparados e compreendidos. A seguir, detalhamos as tecnologias de apoio aos ITS, além de apresentar um breve delineamento de cada seção.

***Detecção de veículos***

Essa seção fala sobre as tecnologias de detecção de veículos usadas nos aplicativos de ITS. Isso inclui as tecnologias de detecção de pontos, tais como circuitos indutivos, radares, laser, processamento de imagem em vídeo, diodo emissor de luz, infravermelho e magnetômetros. Isto também inclui a tecnologia de detectores de veículos, tais como leitores de sinal bluetooth ou wi-fi e de telefones celulares.

***Monitoramento e rastreamento de veículos***

Essa seção fala sobre as várias tecnologias de monitoramento e rastreamento de veículos usadas nos aplicativos de ITS. Isso inclui tecnologias como Sistema de Posicionamento Global (GPS), transmissores e Identificação de Frequência de Rádio (RFID) e leitores de placas de carro.

***Comunicações***

Essa seção fala sobre as várias tecnologias de comunicação usadas nos aplicativos de ITS. Isso inclui as tecnologias atuais que utilizam fios, tais como cabos de fibra ótica e ethernet, além de linhas de telefone alocadas e conexões a cabo. Isso também inclui tecnologias sem fio, como espectro de rádio disperso, wi-fi / interoperabilidade mundial de acesso a micro-ondas (WiMAX) e dados em celular.

***Hardware central e sistemas***

Essa seção fala sobre as tecnologias secundárias exigidas pelos aplicativos de ITS. Isso inclui controladores distribuídos em campo, hardware do sistema central e sistemas operacionais.

***Mensagem dinâmica Placas***

Essa seção fala sobre as várias sinalização de mensagens variáveis usadas para disseminar informações nos aplicativos de ITS. Isso inclui Sinalização de Mensagem Dinâmica (DMS) fixa e portátil.

***Câmeras de vídeo***

Essa seção fala sobre a tecnologia de câmera de vídeo usada para monitorar o tráfego e o trânsito. Isso inclui câmeras padrão, câmeras redoma, câmeras de protocolo de internet e câmeras embutidas no veículo.

***RWIS***

Essa seção fala sobre as tecnologias usadas nos aplicativos de sistema de informações sobre as condições meteorológicas nas estradas (RWIS) Isso inclui uma câmera, um sensor de superfície e subsuperfície de estradas e vários sensores atmosféricos (ex.: temperatura, vento, etc.)

***Tecnologias de Veículos Conectados***

Essa seção fala sobre as tecnologias usadas nos conceitos de veículos conectados (CV). Isso inclui as tecnologias de integração e comunicação de infraestrutura de veículos, tais como comunicações dedicadas de curto alcance (DSRC) e tecnologias de veículo para veículo (V2V), como sistemas de detecção de pontos cegos.

## **Resumo**

Essa seção proporcionará um resumo geral e abordará alguns dos problemas e das tendências das tecnologias futuras, tais como novas fontes de dados, padrões e tecnologia de fomento indireto.

Cada seção oferece implantações típicas ou de exemplo para as tecnologias apresentadas. Exemplos multimídia também são incluídos, quando apropriado, para auxiliar a compreensão e oferecer mais contexto.

Esse módulo contém vários exemplos do setor privado de apoio às tecnologias de ITS, porque o setor privado é uma fonte comum de tecnologia de apoio inovador. Os exemplos descritos não consistem em um aval ou uma publicidade dos fornecedores.

## **Detecção de veículos**

A detecção de veículos é a base de sustentação dos aplicativos de transporte. Em seu formato mais simples, a detecção da presença de veículos tem sido implantada por décadas, principalmente na sinalização de interseções que regulam os semáforos de acordo com a demanda do tráfego, em vez de usar intervalos com tempo pré-determinado. Os avanços tecnológicos proporcionam um aumento considerável no tipo de características de veículos que podem ser detectados ou determinados, o que está se ampliando de tal maneira que esses dados podem ser usados para aprimorar a rede de transporte. Além disso, diversos tipos de equipamentos e topologias permitiram que os engenheiros navegassem pelas limitações da infraestrutura para receber dados do tráfego provenientes de locais e situações em níveis nunca antes imaginados. Essa seção aborda as tecnologias usadas na detecção de veículos.

### ***detecção de ponto***

Essa seção investigará os diversos tipos de tecnologias de detecção de pontos usados e indispensáveis para os aplicativos de ITS. Esses detectores têm o objetivo de capturar todo o tráfego que passa pela zona de detecção. Isso é diferente da detecção de sondas (abordada em uma seção diferente), em que somente um subconjunto de veículos pode ser detectado no momento. A detecção dos pontos se refere à detecção de um veículo em um único local específico (ex.: sobre um circuito indutivo). Algumas tecnologias podem facilitar os diversos pontos de detecção com um único detector ao monitorar uma zona ou área específica (ex.: dentro do campo de visão de uma câmera de vídeo) e detectar quando um veículo entrou em um certo ponto da região. Esses conceitos serão explicados em mais detalhes conforme as diversas tecnologias forem apresentadas. Apesar de os detectores ultrassônicos e acústicos entrarem nesta categoria, eles serão omitidos por causa do seu emprego limitado recentemente.

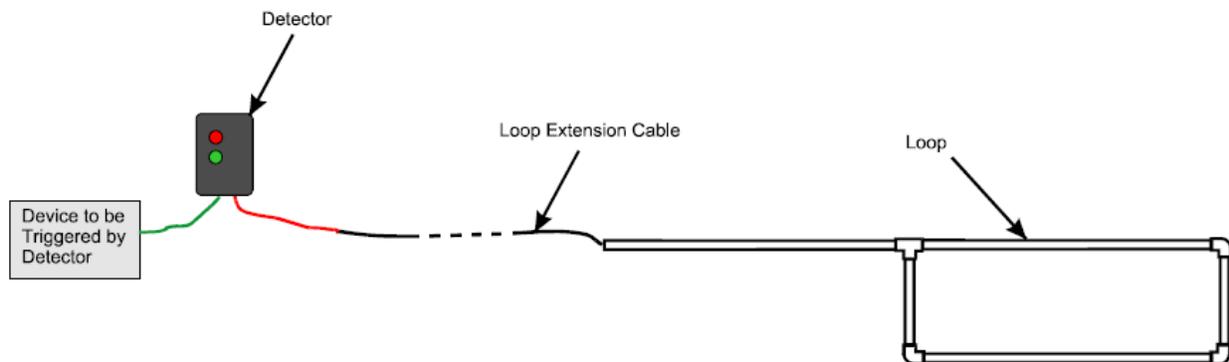
### **Circuitos indutivos**

O método de circuitos indutivos é, de longe, o tipo de detecção mais predominante para a detecção de veículos usado nos Estados Unidos. Essa tecnologia está em uso desde a década de 1960, mas ainda vale a pena revisar a sua importância como um componente em

vários aplicativos de ITS. A seguinte seção apresenta uma visão geral de como esses detectores funcionam.<sup>1</sup>

Um sistema detector de veículo com circuitos indutivos (ou amplificador de detecção de veículo) tem três componentes: um circuito (pré-formado ou cortado), cabo de entrada no circuito (ou extensão) e um detector, conforme mostrado no diagrama abaixo:

**Figura 1. Diagrama do circuito indutivo**



Fonte: Doug Marsh/Marsh Products, Inc. Copyright 2000.

O circuito pré-formado ou cortado está enterrado na faixa de tráfego. O circuito é um cabo contínuo que entra e sai pelo mesmo ponto. As duas extremidades do cabo do circuito são conectadas no cabo de entrada, que por sua vez se conecta ao detector do veículo. O detector fornece energia ao circuito, criando um campo magnético na área do circuito. O circuito repercute uma frequência constante que o detector monitora. Uma frequência base é estabelecida quando não nenhum veículo no circuito.

Quando um objeto de metal de grande porte, como um veículo, se movimenta pelo circuito, a frequência ressonante aumenta. Esse aumento na frequência é detectado e, dependendo do projeto do detector, isso força o fechamento de um revezamento que normalmente se encontra fechado. O revezamento permanecerá fechado até o veículo sair do circuito e a frequência voltar para o nível base. O revezamento pode ativar uma série de aparelhos, tais como portões, semáforos, etc.

É errado pensar que um circuito indutivo é usado na detecção de veículos com base na massa metálica. A detecção geralmente é feita com base na área da superfície de metal. Quanto maior a área da superfície de metal no mesmo plano do circuito, maior será o aumento na frequência. De maneira semelhante, a frequência aumenta conforme a superfície de metal se aproxima do circuito, o que explica por que, em geral, um carro compacto pode causar um aumento maior na frequência do que um carro maior ou uma caminhonete. Para essa finalidade, foi alcançado certo sucesso na designação de um padrão magnético para um veículo em particular e o rastreamento desse veículo por uma série de detectores de circuitos indutivos.

Os circuitos tipicamente são a opção de detecção com melhor custo-benefício e bastante confiáveis. No entanto, existem tipos de tecnologia intrusiva, que são instaladas no asfalto ou<sup>4</sup>

logo abaixo da superfície do asfalto. Isso também significa que eles estão sujeitos a fatores externos que podem causar danos. Por exemplo, o recapeamento requer a reinstalação de componentes no solo do circuito. Os removedores de neve também foram identificados como causadores de danos ao asfalto, o que por sua vez pode causar danos aos circuitos. Os circuitos tipicamente não são instalados em pontes ou outras áreas, onde a superfície da estrada é sensível.

A parte subterrânea do circuito precisa ser instalada com uma proximidade razoável do detector, geralmente localizado em um gabinete de controle de tráfego à margem da estrada.

As distâncias que se aproximarem de 610 metros ou ultrapassarem essa medida estão sujeitas a perdas de sinal e queda do desempenho.

A precisão também pode ficar comprometida se os detectores não forem devidamente calibrados ou se a mudança de faixa na área de detecção for comum e os veículos se encontrarem em duas faixas simultaneamente.

Quando instalados em uma faixa e separados pela distância apropriada (3 metros), esses detectores podem fornecer informações suficientes para determinar a velocidade e o comprimento do veículo, o que pode ser combinado a outras características, tais como volume e ocupação (ex.: a porcentagem de tempo em que um veículo ocupa o espaço sobre o circuito, não a quantidade de passageiros dentro do veículo) para transmitir informações úteis aos aplicativos de ITS.

### Radar

A detecção de veículos por radar, mostrada na Figura 2, é um tipo não intrusivo de tecnologia que usa micro-ondas para detectar a presença de veículos. As micro-ondas transmitidas pelo aparelho vão refletir na superfície metálica do veículo e, quando devidamente calibrado, será fornecido o posicionamento do veículo com relação ao aparelho (ex.: em qual faixa o veículo se encontra). Quando dois raios do radar são usados em sequência, não poderão ser obtidas as características do veículo, tais como a velocidade e o comprimento. As antenas dos radares com dois raios podem ser alojadas na mesma unidade, o que significa que somente um aparelho é necessário para obter estes parâmetros.<sup>2</sup>

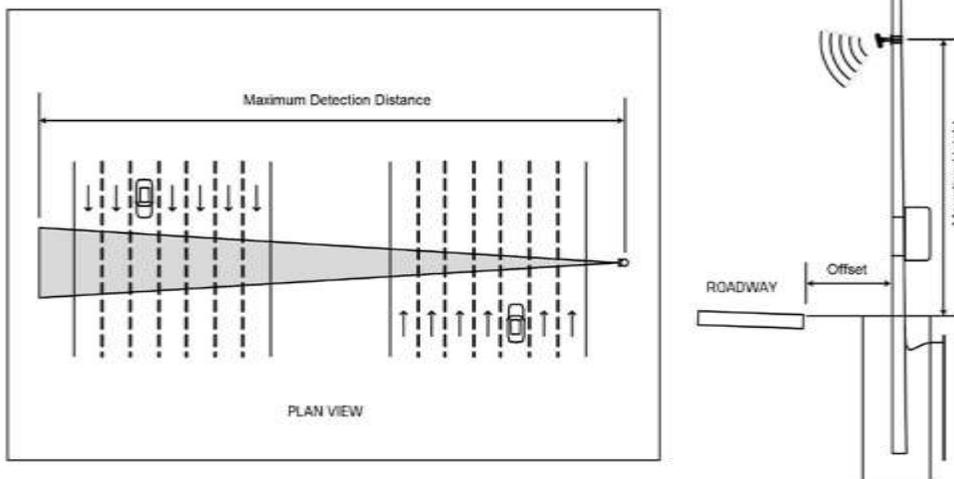
**Figura 2. Unidade de detecção de veículos por radar**



Fonte: Wavetronix.

Usando o efeito Doppler, os aparelhos de radar também podem detectar a velocidade do veículo com base em mudanças na frequência das micro-ondas refletidas pelo veículo e que se movem em relação ao aparelho. Tipicamente, as unidades do radar estarão montadas em uma configuração paralela em relação à estrada para que a sinalização projetada possa atravessar as faixas, conforme ilustrado na Figura 3.

**Figura 3. Configuração da detecção por radar**



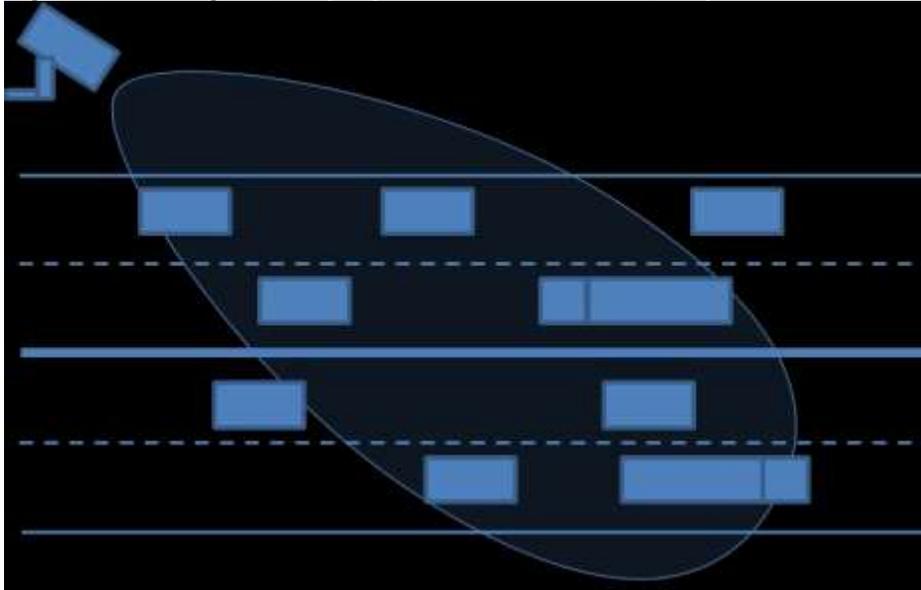
Fonte: Wavetronix.

A altura da montagem geralmente depende da distância de compensação da estrada e as especificações do fabricante.

Um mínimo de aproximadamente 3 metros para a altura de montagem e 1,5 metro para a compensação precisa ser mantido para ajudar a garantir o funcionamento correto. Esses valores também podem variar de acordo com o fabricante. Foi obtido certo sucesso com uma configuração de zero compensação, mas mesmo assim é recomendado manter o mínimo de compensação.

Os detectores de radares também podem ser instalados perpendicularmente à estrada, deixando uma pegada em uma seção da estrada, conforme ilustrado na Figura 4 a seguir.

**Figura 4. Configuração perpendicular da detecção por radar**



Fonte: Brody Hanson Consulting.

Algoritmos são usados para rastrear continuamente os veículos que passam pela pegada. Dessa maneira, podem ser determinadas as informações como volume, velocidade, posicionamento (faixa) e aceleração/desaceleração.

Os detectores de radares alcançam um bom desempenho durante as condições normais de tráfego se instalados dentro das diretrizes estabelecidas pelo fabricante em relação à altura e compensação da montagem. O desempenho tende a diminuir durante a formação de filas, principalmente com relação à ocupação de faixas.

A obstrução é um problema para esses aparelhos e fará com que alguns veículos nas faixas mais distantes do detector não sejam detectados, principalmente se as unidades não forem instaladas a fim de atender aos requisitos de altura e compensação.

Os aparelhos de detecção por radar também estão propensos à interferência causada por objetos metálicos que não sejam veículos e estejam dentro do campo de visão do aparelho. A reflexão na infraestrutura existente, tais como padrões de metal leve, pode fazer com que a unidade se comporte de maneira errática, comprometendo assim os dados. A instalação no local específico precisa ser avaliada para garantir a precisão máxima. Quando localizado, instalado e calibrado corretamente, é alcançada uma precisão de volume de até 95% por meio desse tipo de aparelho. As condições ambientais, tais como vento, neve ou chuva, podem afetar a exatidão da detecção.

## Laser

A detecção de veículos por meio de tecnologia laser já está disponível. Os aparelhos mostrados na Figura 5 proporcionam dados sobre volume, ocupação da faixa, velocidade e comprimento do veículo para os aplicativos de ITS.<sup>2</sup>

**Figura 5. Unidades de detecção de veículos por laser**



Fonte: OSI Laserscan.

Os aparelhos foram projetados para serem instalados diretamente acima das faixas navegadas, conforme mostrado na Figura 6.

**Figura 6. Configuração da detecção por laser**



Fonte: OSI Laserscan.

Ficou comprovado que a tecnologia de detecção a laser suspensa é bastante exata para todas as condições de tráfego. A exatidão dos aparelhos a laser permite a detecção de perfis de veículo. Por esse motivo, os aparelhos de detecção a laser são populares na indústria de cobrança de pedágio, onde parâmetros adicionais, tais como altura do veículo e detecção de barra de reboque, podem ser usados para reforçar a classificação dos veículos.

O desempenho dos sistemas de detecção a laser começa a se deteriorar sob condições meteorológicas adversas, tais como neve, neblina e chuva forte. A magnitude da deterioração depende bastante da intensidade das condições adversas, sendo a principal preocupação em regiões com condições meteorológicas altamente variáveis.

Em geral, o custo da implantação dos sistemas de detecção a laser é mais alto do que em outros sistemas. Isso se dá, em parte, porque é necessário ter um aparelho por faixa e também porque é preciso instalar uma armação suspensa. O local ideal para os aparelhos de detecção a laser inclui áreas onde já existe uma infraestrutura suspensa, onde a instalação de outros aparelhos de detecção não é indicada (ex.: uma ponte com estrutura de aço, onde os circuitos indutivos não podem ser instalados, pois a grande quantidade de aço causaria interferência refletiva nos aparelhos de radar) ou onde é exigido um alto grau de exatidão.

### Processamento de imagens em vídeo

A detecção de veículos pode ser realizada com o uso de imagens em vídeo captadas por uma câmera de vídeo. As imagens em vídeo são enviadas por meio de um processador de sinal digital para determinar a presença de veículos dentro do campo de visão da câmera. Um exemplo de instalação é mostrado na Figura 7.

#### **Figura 7. Unidade de detecção de veículos por vídeo**



Fonte: Econolite Group, Inc.

Esse aparelho pode ser configurado para fornecer o tipo necessário de coleta de dados exigido pelos aplicativos de ITS, incluindo volume, ocupação da faixa, velocidade e comprimento do veículo para cada faixa.<sup>2</sup>

Uma câmera é usada para capturar a movimentação do veículo e a presença nas faixas navegadas. A localização recomendada para a instalação das câmeras para esta finalidade é no centro das faixas navegadas, apontando para o fluxo do trânsito, conforme mostrado na Figura 8.

**Figura 8. Campo de visão da detecção por vídeo**



Fonte: Econolite Group, Inc.

As câmeras devem ser instaladas o mais alto possível para diminuir a obstrução. Os fabricantes geralmente estabelecem os requisitos mínimos para a altura da montagem. Depois de a câmera ser instalada, as zonas de detecção podem ser configuradas para proporcionar a detecção de pontos nos locais desejados, conforme demonstrado na Figura 9.

**Figura 9. Zonas de detecção por vídeo**



Fonte: Econolite Group, Inc.

As aplicações típicas da detecção de veículos por vídeo incluem a detecção da presença em interseções sinalizadas e detecção de incidentes nas vias expressas. Nessas aplicações, os detectores por vídeo provaram ser bastante confiáveis. Os aparelhos também podem ser configurados para emular os circuitos indutivos tradicionais, facilitando sua incorporação em outros algoritmos e aplicativos de ITS. Uma quantidade cada vez maior de jurisdições adotaram o processamento de imagens em vídeo para fazer a contagem da movimentação em interseções. Câmeras portáteis podem ser empregadas para capturar um vídeo de uma interseção durante um período de contagem. O vídeo é então enviado para o servidor central, onde é processado e as contagens de movimentação são feitas automaticamente.

Um dos requisitos para o funcionamento correto do sistema de detecção por vídeo é uma transmissão de vídeo estável. A vibração ou o balanço da câmera pode causar problemas no componente de processamento de imagens digitais do sistema, o que diminui consideravelmente o desempenho. A visibilidade também é uma parte fundamental para o devido funcionamento de sistemas de detecção por vídeo. Quando a visibilidade encontra-se comprometida, durante forte tempestade de neve ou neblina densa, por exemplo, o desempenho do sistema poderá ficar comprometido. Os efeitos adversos causados pelas diferentes condições da luz e os faróis podem diminuir a exatidão dos detectores. Impedimentos naturais, tais como árvores não aparadas ou animais (ex.: pássaros), também podem afetar diretamente a função do detector, particularmente quando empregado em ambientes rurais.

Uma tecnologia emergente no processamento de imagens em vídeo para a detecção de veículos é o uso de câmeras térmicas. Essas câmeras funcionam com a detecção de assinaturas térmicas emitidas por tudo em seu campo de visão.

Isso representa um potencial para a mitigação de problemas tradicionais com imagens em vídeo, tais como desfocalização de faróis, clarão, neve e neblina.

Essa tecnologia ainda está sendo testada por aplicativos de ITS.

### Magnetômetro

Microcircuitos e magnetômetro sem fios se baseiam na mesma tecnologia. Elas são semelhantes aos circuitos indutivos tradicionais, pois proporcionam a detecção de um ponto, mas diferem ao medir as mudanças no campo magnético da terra para detectar a presença de veículos. Como os aparelhos são basicamente uma alternativa aos circuitos indutivos tradicionais, podem ser determinados os mesmos dados resultantes (volume, ocupação de faixa, velocidade e comprimento do veículo) para cada faixa.<sup>2</sup>

Os microcircuitos exigem uma conexão direta com um controlador de tráfego tradicional. O sensor e cabo do microcircuito são mostrados na Figura 10.

**Figura 10. Unidade de detecção de veículos por microcircuito**



Fonte: Global Traffic Technologies.

Os microcircuitos foram projetados para serem instalados diretamente sob a faixa navegada, a fim de substituir os circuitos indutivos que medem 1,83 x 1,83 metro. Em uma instalação típica na estrada, um conduto é colocado sob a seção transversal da estrada por meio de sondagem direcional, a uma profundidade padrão da superfície da estrada. Os microcircuitos são encaixados dentro do conduto e posicionados de tal maneira que fiquem no centro de cada faixa. A configuração para instalação em uma ponte é fundamentalmente a mesma, com exceção de algumas limitações adicionais. O microcircuito é colocado sob a superfície da estrada, no centro da faixa, sob profundidades específicas, com uma distância mínima dos membros estruturais da ponte.

A maioria dos aparelhos empregados no momento foram instalados em uma configuração típica sob a estrada. Os resultados iniciais da análise de dados indicam que os aparelhos produzem resultados semelhantes aos dos detectores de circuitos indutivos, com algumas exceções. Os circuitos indutivos padrão podem ser instalados tipicamente a uma distância de até 610 metros do controlador de tráfego. Os microcircuitos podem começar a ter seu desempenho diminuído a uma distância entre 305 e 610 metros. Além disso, os níveis de ocupação de faixa tendem a ser bem maiores do que aqueles nos circuitos tradicionais (uma nuance de tecnologias diferentes), mas isso pode ser ajustado facilmente.

Os magnetômetros sem fios (geralmente chamados de "detectores no estilo de disco") são instalados e configurados para fazer a comunicação sem fios com o controlador de tráfego adjacente e se alimentam da eletricidade proveniente de uma bateria embutida. Uma vez instalados, os detectores funcionam por um período máximo de 10 anos antes de a bateria acabar e o detector precisar ser substituído. Um magnetômetro sem fios é mostrado na Figura 11.

**Figura 11. Unidade de detecção de veículos por magnetômetro sem fios**



Fonte: Sensys Networks.

Um único circuito indutivo é tipicamente emulado pela instalação de uma série de detectores no estilo de disco. O seguinte vídeo oferece mais informações sobre magnetômetros sem fios e ilustra o procedimento de instalação.

[www.youtube.com/watch?v=4Eq-rcGd7kk](http://www.youtube.com/watch?v=4Eq-rcGd7kk)

### Detectores infravermelhos

Os detectores infravermelhos usam cones de luz infravermelha enviados pelo transmissor para um receptor, localizados em lados opostos da estrada, perpendicularmente ao fluxo do tráfego. Esses detectores podem fornecer informações como volume, velocidade e classificação em uma estrada bidirecional e com várias faixas.<sup>3</sup>

O sistema consiste de uma unidade receptora e uma unidade transmissora colocadas em lados opostos de uma estrada, perpendicularmente à direção do fluxo. A Figura 12 mostra uma unidade instalada na barreira central.

**Figura 12. Unidade de detecção de veículos por infravermelho**



Fonte: CEOS Pty Ltd.

O transmissor envia dois cones de luz infravermelha, que atravessam a estrada, e o receptor registra os veículos conforme eles descompõem e recompõem esses cones. Os cones infravermelhos do transmissor se cruzam e constituem dois caminhos formados por dois feixes retos e dois diagonais. Quando um carro cruza o caminho do feixe de luz, o aparelho registra dois eventos de feixe: um de quando o veículo entra no caminho do feixe e outro de quando o veículo deixa o caminho do feixe. Esses dois eventos de feixe são registrados para todos os quatro caminhos de feixe, resultando em oito eventos com impressão de data e hora gerados por eixo. A velocidade do veículo é obtida por meio dessa impressão de data e hora registrada nos eventos de feixe.

O espaço entre os eixos pode ser determinado, já que a velocidade de cada roda do veículo é conhecida e a impressão de hora é gravada para cada eixo que cruza cada feixe. Uma vez conhecido o espaço entre os eixos, ele é comparado com uma tabela de intervalo de espaços entre eixos armazenada na unidade para determinar a classificação correta do veículo. Os resultados são armazenados para cada veículo.

### Detecção por LED

A detecção de veículos pode ser feita também com o uso da tecnologia LED. Esses aparelhos funcionam emitindo luz (seja visível ou infravermelha) por meio do díodo e recebendo a reflexão por um sensor ótico embutido na unidade, de acordo com o princípio de tempo de disparo da luz. As unidades estão disponíveis para instalação em uma configuração paralela ou suspensa. A Figura 13 apresenta uma visualização ampliada dos componentes internos da unidade, incluindo uma série de fontes emissoras de luz e o sensor ótico.

**Figura 13. Unidade de detecção de veículos por LED**



Fonte: Leddartech.

Esses detectores podem fornecer informações sobre o volume e perfil do veículo e, geralmente, são usados para detecção em intersecções com barra de parada (onde a presença é importante) ou na cobrança de pedágio (onde o perfil / a classificação do veículo é importante). Essa tecnologia funciona independentemente das condições de iluminação do ambiente e não é afetada de maneira negativa pela neve, chuva ou neblina. De acordo com o fabricante do detector por LED, esses aparelhos podem alcançar uma taxa de detecção superior a 98%.<sup>4</sup>

## ***Detecção por sonda***

Esta seção investigará os diversos tipos de tecnologias de detecção por sonda usadas nos aplicativos de ITS. A sinalização sem fio proveniente dos aparelhos embutidos de info-entretenimento e/ou aparelhos sem fios do motorista ou dos passageiros torna possível a detecção do mesmo veículo a partir de locais diferentes na rede da estrada, ativando os aplicativos de gravação de duração do percurso e rastreamento de origem/destino.

Com a tecnologia atual, esses detectores capturam uma parte ou um subconjunto da movimentação do tráfego por meio da zona de detecção. Isso é diferente da detecção do ponto (abordada na seção anterior) porque todos os veículos que passam pela zona de detecção podem ser detectados. Os detectores de veículos por sonda só podem detectar veículos que contêm um identificador tecnológico específico. Considere a analogia das compras em um supermercado. No caixa computadorizado, o computador pode determinar automaticamente a presença de um produto no carrinho de compras usando um escaneador de código de barras para ler o código de barras do produto. Isso só funciona se o produto tiver um identificador de código de barras. Para muitos produtos que não possuem esse identificador (ex.: frutas e legumes), passar pelo escaneador de código de barras não surtirá efeito algum, pois o computador não tem como detectar o produto automaticamente. Isso é, no fundo, o mesmo conceito da sonda para veículos. Os veículos que passam pela zona de detecção não serão detectados se não tiverem o identificador tecnológico.

## **Telefones celulares**

O uso de telefones celulares como meio de determinar as características do tráfego tornou-se altamente eficaz conforme esses aparelhos se tornam mais usados. Os sistemas que usam telefones celulares para fazer a localização sem fios dos usuários podem ser classificados em dois grupos gerais: sistemas portáteis e sistemas de rede.<sup>5</sup> Os sistemas portáteis dependem dos telefones com capacidade para GPS

A unidade GPS no sistema portátil determina a localização do telefone e essa informação é transmitida do telefone para um sistema central de processamento mantido por uma operadora sem fios.

Os sistemas de rede usam as informações da sinalização emitidos pelos celulares para determinar a localização do telefone ao usar a triangulação celular. Cada telefone pode ser identificado pelo seu número de série eletrônico, que é um número exclusivo atribuído a cada aparelho produzido desde que a tecnologia de telefonia celular foi desenvolvida. Em alguns casos, os sistemas de rede exigem a instalação de equipamentos especiais ao longo da área metropolitana a fim de analisar as características do sinal das ligações. Por exemplo, alguns sistemas de rede determinam a posição por meio da análise da energia do sinal e o ângulo de chegada em várias torres de telefonia celular. Em outros casos, os sistemas de rede proporcionam localizações estimadas a partir das informações do sinal que já estão disponíveis nas torres de telefonia celular. Como os sistemas de rede não exigem que os usuários tenham telefones com capacidade para GPS, eles geralmente fornecem menos exatidão espacial do que os sistemas portáteis. Essa tecnologia também é exclusiva para cada provedora de serviços, limitando a fonte dos dados aos telefones que são atendidos pela provedora individual.

O processo de obtenção de informações de tráfego a partir destes dados segue três passos básicos. Primeiro, a localização da sonda precisa ser determinada. Essas estimativas de posicionamento geralmente não são precisas em certo nível e podem não estar diretamente na rede de estradas. Segundo, as estimativas de posicionamento são associadas a uma estrada específica. As técnicas de associação mapeamento variam de métodos geométricos simples até abordagens estatísticas mais complexas que incluem a conectividade de links e o histórico de percursos passados. Terceiro, esses dados são agregados e as suas características são usadas para determinar a velocidade do tráfego e a duração do percurso para uma determinada ligação rodoviária. Os algoritmos usados neste processo são altamente complexos e resultam na representação das condições do trânsito, o que geralmente é bastante exata. A exatidão aumenta/diminui conforme aumenta/diminui a quantidade de torres de telefonia celular na área.

Um dos principais fatores que limitam o uso de sondas de telefonia celular é a quantidade de amostras disponíveis em um determinado horário. Só porque existe um telefone celular dentro do veículo, isso não quer dizer que o veículo constitui uma amostra válida. A fim de obter as informações necessárias, o telefone celular precisa estar ativado. Isso significa que, para os telefones com capacidade para GPS, a comunicação do local do aparelho, da velocidade e da direção precisam ser transmitidas para a provedora da rede, o que ocorre quando o celular inicia uma consulta de localização por GPS (ex.: ver a localização do usuário no mapa usando um smartphone ou abrir um aplicativo que fornece informações sobre o trânsito com base em mapas). Para os sistemas em rede empregados atualmente, os telefones precisam estar transmitindo/recebendo dados (ex.: o usuário estaria fazendo uma ligação telefônica).

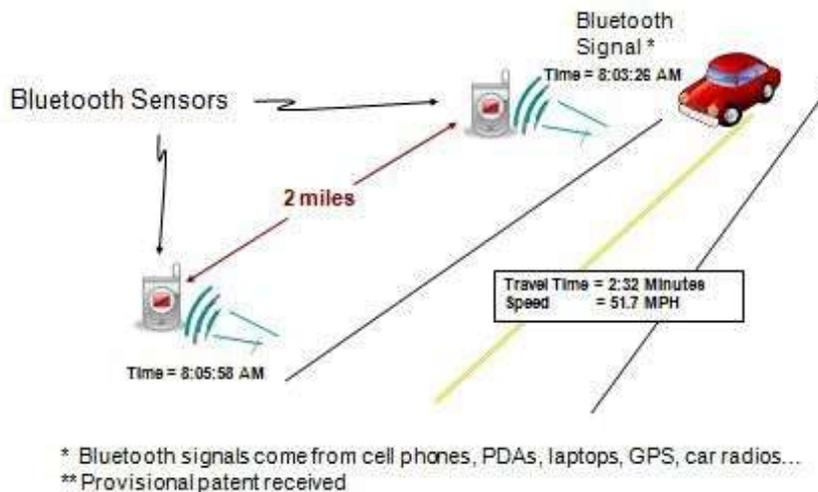
### Redes de sensores por bluetooth e wi-fi

Bluetooth é uma especificação da indústria de telecomunicação que define a maneira como os telefones móveis, computadores, PDAs, rádios em automóveis e outros aparelhos digitais podem estar interconectados usando comunicações sem fios de curto-alcance. Bluetooth usa um chip de transceptor de baixo custo para trocar informações com outros aparelhos Bluetooth dentro de uma frequência de 2.45 GHz disponível globalmente.<sup>6</sup> Há poucos anos, os

fabricantes de automóveis começaram a embutir cada vez mais a tecnologia Bluetooth em seus sistemas de info-entretenimento para que os motoristas pudessem conectar seus telefones ou aparelhos de música ao veículo para controlá-los e acioná-los. Os smartphones, que hoje representam mais de 60% dos celulares em funcionamento na América do Norte, também incluem tecnologia wi-fi sem fios para permitir uma conexão mais rápida com as estações de wi-fi para proporcionar o acesso a e-mails, vídeos, etc.

Tanto os transceptores de Bluetooth como de wi-fi transmitem regularmente as mensagens de "descoberta" conforme os aparelhos procuram por redes e outros aparelhos com os quais pode se conectar. Os aparelhos transmitem identificadores exclusivos nessas mensagens, que não podem ser rastreados a um indivíduo e, com a gestão apropriada, atendem aos requisitos da legislação. Isso cria uma oportunidade sem igual para a coleta de dados, pois o sensor de Bluetooth ou wi-fi colocado próximo a uma estrada pode detectar os aparelhos que se encontram dentro dos veículos de motoristas que estão passando pelo local. Os sensores às margens da estrada leem essas mensagens enviadas via Bluetooth ou wi-fi e gravam o horário em que o aparelho passou pelo sensor. Cada sensor armazena as informações localmente (para pós-processamento) ou envia as informações do identificador (se a comunicação estiver disponível), além do horário, para um servidor central. Os dados de cada aparelho captados por dois ou mais sensores podem ser associados e comparados para calcular a duração do percurso em cada segmento entre os sensores, a duração do percurso em vários segmentos dentro da rede e os pares de origem/destino. Isso é ilustrado na Figura 14.

**Figura 14. Ilustração do sistema de duração do percurso via Bluetooth**



Fonte: Traffax Inc.

Os algoritmos avançados eliminam os valores atípicos, tais como pedestres ou ciclistas que estão carregando aparelhos, veículos de entrega parados ou caminhões que transportam várias pessoas com diversos aparelhos. Esses sensores também podem ser usados para rastrear anonimamente os usuários de trânsito ou os pedestres ao longo da rota ou em vários modais, proporcionando às agências o destino de origem e as informações sobre mudanças.

Assim como qualquer tecnologia de detecção por sonda, a taxa de penetração do veículo que contém esses aparelhos geralmente é um fator que orienta a prontidão e exatidão dos dados

resultantes. As taxas típicas de penetração para Bluetooth em áreas não urbanas e sem pessoas que se deslocam diariamente até o trabalho é de 5%, enquanto que essas mesmas taxas nos corredores urbanos usados por pessoas que se deslocam diariamente até o trabalho é geralmente de 20% a 25% durante o horário de pico.

A proliferação de legislações sobre aparelhos viva-voz aumentou a absorção de celulares com capacidade para Bluetooth, mas ao mesmo tempo os smartphones mais novos (ex.: Android e iPhone) mudaram a configuração Bluetooth, desligando-a como padrão, o que significa que as mensagens de descoberta só são transmitidas quando os aparelhos estão em comunicação. Os aparelhos Bluetooth embutidos em automóveis continuam transmitindo mensagens regularmente.

Os smartphones buscam constantemente novas redes de wi-fi, mas as transmissões de descoberta são muito menos frequentes do que as de Bluetooth. Isso diminui a penetração, principalmente para os veículos que viajam em alta velocidade. Uma nova estratégia combina os sensores de Bluetooth e wi-fi em um único aparelho a fim de maximizar a taxa de penetração em geral. De acordo com um fabricante, essa nova estratégia torna possível a detecção de até 50% dos veículos.

Os sistemas que usam essas tecnologias em um contexto de tempo real devem ser os responsáveis pela latência inerente que está incorporada nesse método de coleta de dados. Por exemplo, a duração mais atualizada do percurso gravado para uma ligação rodoviária em particular se baseia no último veículo detectado na saída do sistema. Essas informações podem não ser mais relevantes para os veículos que entram na ligação rodoviária, já que as condições podem ter mudado durante o tempo que levou para o último veículo detectado passar pelo sistema.

Isso pode ser mitigado ao espaçar fisicamente os detectores, colocando-os mais próximos uns dos outros, ou com um software que adicione um elemento de previsão que use outros dados coletados das demais partes do sistema.

## **Monitoramento e rastreamento de veículos**

Antes de falarmos sobre as tecnologias de monitoramento e rastreamento de veículos, a diferença entre elas e a detecção de veículos deve ser esclarecida. A detecção de veículos, conforme apresentada acima, se concentra em detectar a presença e ou as características (ex.: velocidade) de veículos em geral. Ou seja, não há interesse no veículo específico, somente na sua presença e características. O monitoramento e rastreamento de veículos, por outro lado, se concentra em detectar (e rastrear) um veículo específico. Em outros aplicativos, as agências estão interessadas nessas características (ex.: localização) de veículos específicos (ex.: ônibus) por uma série de motivos. Esse conceito será explicado em mais detalhes conforme as diversas tecnologias forem apresentadas.

### ***Sistema de Posicionamento Global***

O rastreamento por GPS é um método que determina eletronicamente a localização de um objeto em termos de latitude e longitude, de acordo com os sinais recebidos de diversos

satélites de GPS. O GPS é financiado e controlado principalmente pelo Departamento de Defesa dos EUA (DOD). O sistema foi projetado inicialmente pelas forças armadas dos EUA, mas hoje também existem diversos usuários civis de GPS em todo o mundo.

É permitido aos usuários civis usar o serviço padrão de posicionamento sem qualquer tipo de cobrança ou restrições.<sup>7</sup>

O rastreamento por GPS é um método para localizar exatamente onde alguém se encontra. Um sistema de rastreamento por GPS, por exemplo, pode ser instalado em um veículo, telefone celular ou aparelhos especiais de GPS, que podem ser tanto unidades fixas ou portáteis. O GPS fornece informações exatas sobre localização. Ele também pode rastrear o movimento de um veículo ou uma pessoa. Então, por exemplo, uma empresa pode usar um sistema de rastreamento por GPS para monitorar a rota e o andamento de um caminhão de entregas ou a localização de bens valiosos que estão sendo transportados, ou os pais podem usar um aparelho de GPS para verificar a localização de um filho.

Um sistema de rastreamento por GPS pode funcionar de várias maneiras. Do ponto de vista comercial, os aparelhos de GPS geralmente são usados para registrar a posição dos veículos em trânsito. Alguns sistemas armazenam os dados dentro do próprio sistema de rastreamento por GPS (conhecido como rastreamento passivo), enquanto outros enviam regularmente as informações para um banco de dados centralizado ou um sistema via modem dentro da unidade do sistema de GPS (conhecido como rastreamento ativo) ou GPS bidirecional.

Um sistema passivo de rastreamento por GPS vai monitorar a localização e armazenar os dados da viagem de acordo com certos tipos de eventos. Então, por exemplo, esse tipo de sistema de GPS pode registrar dados como para onde o aparelho viajou nas últimas 12 horas. Os dados armazenados nesse tipo de sistema de rastreamento por GPS são geralmente armazenados na memória interna ou em um cartão de memória para que seja feito o download dessas informações em um computador para análise posterior. Em alguns casos, os dados podem ser enviados automaticamente para download sem fios em pontos ou horários pré-determinados ou ser acionado em pontos específicos durante a viagem.

Um sistema ativo de rastreamento por GPS também é conhecido como um "sistema em tempo real" porque envia automaticamente as informações do sistema de GPS para um portal ou sistema de rastreamento central, em tempo real, conforme os dados são coletados. Esse tipo de sistema geralmente é uma opção melhor para fins comerciais, pois pode ser usado para rastrear uma frota ou monitorar pessoas. Cuidadores que usam o sistema para monitorar crianças ou idosos podem saber exatamente onde seus entes queridos se encontram, se estão no horário certo e onde deveriam estar durante a viagem. As agências de trânsito podem usar sistemas de GPS em tempo real para rastrear veículos em trânsito ao longo da rota. Os sistemas avançados usam esses dados para manter os usuários informados, comunicando a posição e o tempo estimado de chegada para disseminação ao lado da via ou por meio de um website.

### ***Rastreamento por meio de transmissor e RFID***

Um sistema básico de RFID consiste de identificadores, antenas e leitores.<sup>8</sup> A fonte da frequência de rádio (RF — radio frequency) do leitor pode ser um componente integrado ou separado. O leitor transmite a energia RF em uma área ajustável, chamada de "zona de leitura" ou "pegada do leitor". O identificador no veículo reflete uma pequena quantidade dessa energia RF de volta para a antena. As ondas de rádio refletidas transmitem o código exclusivo do identificador, além de outros dados armazenados. A antena repassa o sinal para o leitor, que pode adicionar informações como data/horário ao código do identificador, armazenando-o em uma memória tampão. O leitor pode transmitir o código do identificador para o sistema de gestão de informações do cliente. A maioria dos aplicativos de ITS usa transmissores embutidos no veículo, em vez de identificadores RFID passivos, o que é comum em aplicativos de rastreamento de frete. Esses transmissores usam um transceptor que funciona com bateria para emitir o identificador exclusivo quando o aparelho passa pela pegada do leitor. Esse processo inteiro dura apenas alguns milésimos de segundo.

Os transmissores de RFID e seus respectivos leitores são os componentes principais dos sistemas de Cobrança Eletrônica de Pedágio usados pelas agências de pedágio em todo o país. Os transmissores associados às contas dos usuários permitem que os clientes paguem pelo pedágio sem usar dinheiro, o que melhora o fluxo do tráfego nos pedágios. Algumas agências adotaram o modo de pedágio aberto, que permite que o pedágio seja cobrado na velocidade típica na rodovia.

Os transmissores de RFID também podem fornecer uma fonte de dados de sonda para calcular a duração do percurso em regiões com grande penetração de transmissores de pedágio nos veículos. Nessa aplicação, as IDs dos transmissores são criptografadas pelo sistema de duração de percurso para mitigar a preocupação com a privacidade e os regulamentos. Como resultado, esta abordagem é fundamentalmente a mesma usada pelos sistemas de duração de percurso por sensor de Bluetooth/wi-fi (abordado na seção anterior), quando um identificador exclusivo recebe a impressão de data e hora em várias localidades para facilitar o cálculo da duração do percurso e as velocidades nas ligações rodoviárias. Isso também significa que tal abordagem está sujeita a muitas das mesmas limitações observadas nos sistemas de sensor de Bluetooth/wi-fi, tais como taxas de penetração e latência inerente.

### ***Leitores de placas de automóvel***

Os leitores de placas de automóvel, também conhecidos como sistemas de reconhecimento automatizado de placas de automóvel (ANPR), usam câmeras para ler o número das placas nos veículos em cada ponto de detecção em uma rede rodoviária. O reconhecimento das placas de automóvel consiste em capturar a imagem das placas em fotografia ou vídeo, que por sua vez são processadas por uma série de algoritmos para proporcionar uma conversão alfanumérica das imagens capturadas em formato de texto.

O link abaixo contém uma animação que demonstra tal processo:

[www.licenseplatesrecognition.com/how-lpr-works.html](http://www.licenseplatesrecognition.com/how-lpr-works.html)

A presença e o horário de um veículo específico, além da impressão de data e hora, são dados enviados para um servidor central para processamento. Esta tecnologia é bastante útil

principalmente na cobrança de pedágio em locais com alto volume de tráfego em uma única direção e quando provas concretas podem se fazer necessárias. Nessas aplicações, os leitores são localizados no ponto de entrada/saída da rodovia com pedágio. Os veículos são identificados ao entrar e sair da rodovia, facilitando o cálculo do pedágio com base na distância percorrida dentro da estrada com pedágio. O ANPR geralmente é usado em pedágios para complementar o método de identificação principal de veículos, tais como os transmissores RFID. Essa tecnologia também pode ser usada para proporcionar a duração do percurso e a velocidade na ligação rodoviária, como fazem as tecnologia de RFID, Bluetooth e wi-fi (abordadas nas seções anteriores).

## **Comunicações**

Avanços nas redes e tecnologias globais de comunicação têm sido uma das maiores ferramentas de apoio ao emprego de ITS. Os aparelhos conectados à internet e os aplicativos web proporcionam um ambiente robusto, no qual podem ser desenvolvidos aplicativos relacionados ao transporte. Dito isso, o ITS ainda precisa interagir com o mundo lá fora e as suas respectivas limitações, o que significa que o design dos sistemas de comunicação para ITS não é nada trivial. As várias tecnologias de comunicação usadas nos aplicativos de ITS serão abordadas aqui.

### ***Comunicação sem fios***

#### Cabo de fibra ótica

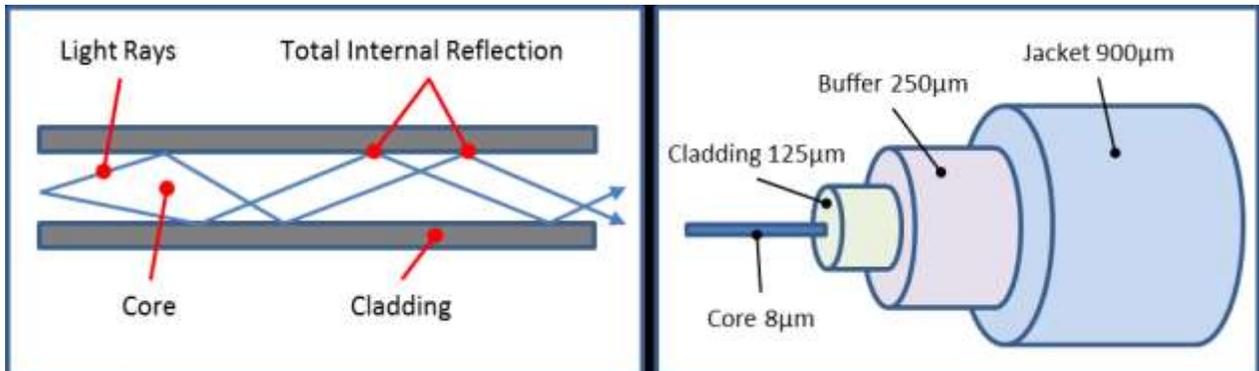
O princípio básico por trás da tecnologia de fibras óticas é que os pulsos de luz são transmitidos ao longo de um cabo ótico, de maneira semelhante aos sinais elétricos enviados ao longo de um cabo de cobre. Um transmissor ótico e um receptor ótico na extremidade da fibra ótica convertem os sinalização elétricos em sinais de luz, que são transmitidos ao longo da fibra ótica.

Em sua forma mais rudimentar, um sistema de transmissão por fibra ótica de ponto a ponto pode ser criado conectando-se um transmissor e um receptor com cabos de fibra ótica.<sup>9</sup>

O cabo de fibra ótica proporciona a maior largura de banda de qualquer sistema de comunicação atualmente. Isso é extremamente útil para os aplicativos de ITS, nos quais são transmitidas grandes quantidades de dados, como é o caso com material em vídeo. Uma taxa típica de largura de banda para cabos de fibra ótica nesta indústria é de 1.5 gigabit por segundo (Gbps). A tecnologia também oferece baixa atenuação, o que significa que os cabos podem se estender por uma grande distância (vários quilômetros) antes de a amplificação se fazer necessária.

Todos os cabos de fibra ótica têm um núcleo de vidro. Esse núcleo está envolto por um revestimento ótico (também de vidro) que impede que a luz escape ao usar o princípio de reflexão interna total (ou refração). O restante do cabo é formado por camadas de materiais diversos, que servem para protegê-lo do ambiente e dos possíveis danos físicos.

**Figura 15. Diagrama do cabo de fibra ótica**



Fonte: Brody Hanson Consulting.

Como os dados são transmitidos por luz, a resistência elétrica e corrosão por contato não são preocupações válidas. A luz não é suscetível à interferência magnética, então os cabos não exigem triagem elétrica. Todos os conectores de fibras têm cobertura contra poeira, porque até mesmo uma pequena quantidade de sujeira e poeira pode interferir na transmissão da luz e resultar em perdas.

Os cabos de fibras óticas estão disponíveis em dois formatos: multimodo ou monomodo. A fibra multimodo tem um núcleo relativamente maior para transportar a luz, geralmente com 62,5 microns de diâmetro ou mais. Ela é mais usada para transmissão em curta distância usando o equipamento de fibra ótica com transmissão por LED. A fibra monomodo tem um núcleo pequeno para transportar a luz, com 8 a 10 microns de diâmetro.

É usada normalmente para transmissões de longa distância usando o equipamento de fibra ótica com transmissão por diodo.

No emprego de ITS, os cabos de fibras múltiplas são mais comuns. Os tampões de fibra ótica são tipicamente envoltos por tubos de tampão, que por sua vez são envoltos por um cabo maior. As fibras óticas e os tubos de tampão são identificados por códigos de cores para permitir a união correta com os cabos adjacentes. É comum encontrar cabos de fibra ótica com 12, 24 e 72 fibras, entre outras configurações, no emprego de ITS. A construção do cabo depende da sua finalidade: instalação aérea, dentro de conduíte subterrâneo ou subterrâneo com contato direto com a terra.

Tradicionalmente, o uso de cabos de fibra ótica é considerado uma opção cara. A proliferação da sua utilização em diferentes setores da indústria acabou diminuindo o preço dos cabos de fibras óticas, a tal ponto que o custo relativo em comparação a outras mídias que usam fios é mais acessível, principalmente em instalações novas, nas quais a escavação é responsável pela maior parte das despesas. O conserto de cabos de fibra ótica danificados pode ser caro, pois são necessárias ferramentas altamente especializadas e muita perícia para consertar um cabo quebrado.

### Cabos de pares trançados

Os cabos de pares trançados continuam sendo um dos métodos mais comuns usados nas

comunicações com fios em sistemas de gestão de tráfego. O cabeamento TWP é um tipo de fiação na qual dois condutores de um único circuito são trançados a fim de cancelar a interferência eletromagnética de fontes externas. Os cabos geralmente são protegidos. Essa proteção pode ser aplicada aos pares individuais ou a um conjunto de pares. Quando a proteção é aplicada a um conjunto de pares, isso é chamado de blindagem. A proteção proporciona uma barreira condutora de eletricidade para atenuar as ondas eletromagnéticas externas, oferecendo um caminho de condução pelo qual as correntes induzidas podem circular e voltar para a fonte por meio do aterramento de referência.

Tradicionalmente, o TWP era limitado às comunicações seriais lentas. Os avanços nessa tecnologia levaram ao uso mais amplo de Ethernet via TWP no emprego de ITS e gestão de transporte. Isso possibilitou o aproveitamento da infraestrutura TWP já existente por parte do ITS, permitindo que os cabos carregassem a largura de banda maior que é exigida dos sistemas atualmente.

### Cabo Ethernet

Os cabos Ethernet conectam aparelhos de rede, tais com modems, roteadores e adaptadores. Eles transmitem dados usando o protocolo Ethernet. Os cabos Ethernet normalmente são compatíveis com um ou mais padrões da indústria. Apesar de o cabo de categoria 6 (CAT6) estar se tornando cada vez mais comum, o padrão mais corrente é o de categoria 5 (CAT5).<sup>10</sup>

O padrão de cabos CAT5 para redes de Ethernet é definido pela Associação das Indústrias Eletrônicas (EIA — Electronic Industries Association) e a Associação da Indústria de Telecomunicações (TIA — Telecommunications Industry Association). O padrão CAT5 é a quinta geração da tecnologia de cabos trançados Ethernet e o mais popular dentre todos os cabos trançados em uso hoje em dia.

Os cabos CAT5 contém quatro pares de fios de cobre. Eles suportam velocidade de Ethernet rápida (até 100Mbps).

Como em todos os demais tipos de cabos trançados definidos pela EIA/TIA, a extensão do cabo CAT5 é limitada a um comprimento de 100 metros.

Apesar de o cabo CAT5 geralmente conter quatro pares de fios de cobre, as comunicações de Ethernet rápida utilizam somente dois pares. Uma nova especificação para o cabo CAT5 (CAT5e) suporta a comunicação em rede de Ethernet Gigabit (até 1 mil ps) em curtas distâncias, utilizando todos os quatro pares de fios, sendo compatível com a versão antiga CAT5.

Cabos trançados como o CAT5 estão disponíveis em duas variedades principais: sólido e torcidos. Os cabos CAT5 sólidos suportam extensões maiores e funcionam melhor nas configurações de fiação fixa, como em edifícios com escritórios. Os cabos CAT5 torcidos, por outro lado, são mais maleáveis e indicados para distâncias mais curtas e fiação móvel, tais como a fiação de remenda instantânea.

Quase sempre, os conectores modulares 8P8C, geralmente chamados de RJ45, são usados para conectar os cabos CAT5. A maioria dos cabos CAT5 são desprotegidos, confiando no planejamento do cabos trançados e na sinalização diferencial para rejeitar interferências. Cada um dos quatro pares em um cabo CAT5 tem uma quantidade precisa de diferenciação trançada para minimizar a comunicação cruzada entre os pares.

No emprego de ITS, os cabos Ethernet são úteis para conectar aparelhos com alta banda larga, tais como câmeras de vídeo, com uma rede ou um ponto de acesso à internet. Eles têm um custo menor, mas a sua extensão relativamente pequena limita bastante a sua aplicação que não seja para interconectar aparelhos locais. O seguinte vídeo de um dos criadores da Ethernet mostra uma visão geral da história e do desenvolvimento da tecnologia Ethernet:

[www.youtube.com/watch?v=g5MezxMcRmk](http://www.youtube.com/watch?v=g5MezxMcRmk)

A Energia via Ethernet (PoE — Power over Ethernet) descreve um sistema padronizado para a transferência de eletricidade e dados por meio do cabeamento de Ethernet. Isso permite que um único cabo proporcione uma conexão tanto para dados como para a alimentação elétrica em aparelhos de detecção de veículos e câmeras de vídeo, por exemplo. Diferentemente de padrões como Universal Serial Bus (USB), que também fornece energia para aparelhos por meio de cabos de dados, o PoE permite o uso de cabos bastante compridos. Os pares extra de fios que não são usados para a transmissão de dados são reservados para o fornecimento de energia. Estão disponíveis até 25 watts para o aparelho, dependendo da versão do padrão em uso.

É necessário usar CAT5 (ou superior) no emprego de PoE.

Sistemas de Comunicação

### Arrendados

Uma opção popular no emprego de ITS é o uso de serviços de comunicação arrendados. As empresas de telecomunicações têm redes de comunicação amplas já existentes que permitem que as agências de transporte adotem uma conectividade ampla para colocar aparelhos em campo sem precisar investir um capital inicial grande. Os sistemas de arrendamento vêm em uma diversidade de formatos e tecnologias, desde sistemas antigos até os mais modernos.

As linhas de telefonia arrendadas são consideradas uma tecnologia antiga. A maioria das jurisdições está deixando de usar essa tecnologia, que oferece a largura de banda mais baixa dentre todos os meios de comunicação e, geralmente, representam um custo alto de arrendamento recorrente. A comunicação via linhas arrendadas é concretizada com o uso de um modem.

É necessário ter um modem em cada extremidade da transmissão para enviar e receber as informações comunicadas. O modem de envio modula os dados em formato de som e o modem receptor demodula o som de volta para dados.

As larguras de banda máxima são bastante baixas (19,2 a 56 kb/s) e limitam a possível aplicação das linhas arrendadas no ambiente de ITS. A maior adaptação desse meio de comunicação tem sido em sistemas de controle de tráfego urbano, considerando a baixa largura de banda exigida e a existência de uma infraestrutura ampla de telefonia. Mesmo durante o emprego em tempo real, tais como no monitoramento de intersecções e no controle adaptativo de tráfego, essas aplicações exigem a transmissão de uma quantidade pequena de dados. As linhas de telefone arrendadas também podem ser uma opção para o emprego de ITS no meio rural, onde o serviço de telefonia celular não está disponível e a instalação de novas linhas de comunicação seria caríssima.

A Linha Digital do Assinante (DSL — Digital Subscriber Line) é uma família de tecnologias que aprimora a velocidade da comunicação pelos cabos da rede de telefonia local, usando bandas de alta frequência para a transmissão de dados. A taxa de bits para os serviços DLS geralmente varia de 256 kbps para 40 Mbps na direção do cliente (para download), dependendo da tecnologia de DSL, o estado da linha, a implantação no nível de serviço e a distância da provedora de serviços. Em teoria, a DSL tem um alcance operacional máximo de 11.500 metros a partir do multiplexador de DSL mais próximo.

A internet a cabo é uma forma de acesso a internet por banda larga que usa a infraestrutura da tevê a cabo, da mesma maneira que a DSL usa a infraestrutura de telefonia. Os aparelhos de ITS são conectados a um modem de cabo e a comunicação é feita por meio de um cabo coaxial. A largura de banda máxima para as conexões de internet a cabo é de 100 a 400 Mbps, o que significa que essa opção é adequada para a maioria das aplicações de ITS por banda larga.

Uma vantagem que as provedoras de comunicações arrendadas têm a oferecer é uma Rede Privada Virtual (VPN). Isso amplia uma rede privada nas redes públicas, como a Internet, mas de maneira segura. Ela permite que um computador central envie e receba dados por meio de redes compartilhadas ou públicas, como se fosse uma parte integral da rede privada, com todas a funcionalidade, segurança e políticas de gestão da rede privada. Grandes bandas largas são alcançadas pelas Rede Privada Virtual por Protocolo de Internet (IPVPN — Internet Protocol Virtual Private Networks) que usam Comutação de Rótulos Multiprotocolo (MPLS — Multiprotocol Label Switching)

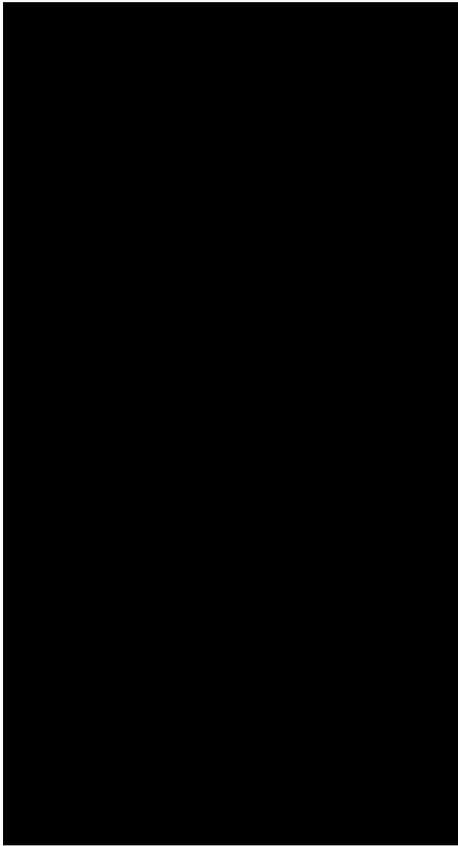
## ***Comunicação sem fios***

### **Rádio de Espalhamento Espectral**

Os rádios de espalhamento espectral estão se tornando uma opção popular de comunicação para os aplicativos de ITS, porque sua implantação é bem fácil. Não requerem o preenchimento de papelada ou licenciamento junto à Comissão Federal de Comunicações (FCC — Federal Communications Commission), o que facilita sua aquisição e instalação.<sup>11</sup>

A implantação de uma rede de rádio requer um estudo de caminho de transmissão. Os fabricantes de rádio geralmente podem fornecer tais estudos. O estudo determina a quantidade e localização das rádios a serem instaladas, proporcionando os requisitos de altura das antenas para garantir o melhor alcance da comunicação.

## Figura 16. Rádio de Espalhamento Espectral Configurações



Fonte: Brody Hanson Consulting.

A configuração dessas rádios seguem a topologia padrão da rede, o que não é exclusivo das rádios de espalhamento espectral. Um link de comunicação de espalhamento espectral básico requer duas rádios: uma que atua como principal e a outra como secundária. Isso é chamado de "sistema ponto a ponto". Se a rádio principal não puder se comunicar com a secundária por causa da distância ou interferência, outra rádio (repetidora) é instalada entre elas. A repetidora, como o nome indica, recebe e reenvia o sinal para os devidos aparelhos. A repetidora será colocada em um ponto de onde possa se comunicar com todos os aparelhos. A Figura 16 mostra os diferentes métodos de comunicação via rádio, nos quais se aplica a topologia padrão de rede. O seguinte link oferece uma visão geral de como funcionam as rádios de malha Ethernet (clique no vídeo 2):

[www.encomwireless.com/encom-support/product-support/training-videos](http://www.encomwireless.com/encom-support/product-support/training-videos)

Nos aplicativos de ITS, as rádios podem transmitir via frequências não licenciadas: 900MHz, 2.4GHz, ou 5.8GHz.

As rádios que transmitem em frequências de 900MHz oferecem o menor rendimento, mas são as menos susceptíveis a problemas de alcance.

Essas rádios oferecem rendimentos em série de até aproximadamente 230 kbps e rendimento de Ethernet de até aproximadamente 22 Mbps.

As rádios no alcance de 5.8GHz usam Ethernet e fornecem as larguras de banda mais altas em 54 Mbps, sendo as mais susceptíveis a problemas de alcance. O uso de larguras de banda menores mitigam os problemas de alcance, sacrificando porém as taxas de transferência, enquanto que as larguras de banda mais altas maximizam as taxas de transferência de dados, mas são mais propensas aos problemas de alcance.

Um exemplo típico de instalação de espalhamento espectral seria a conexão de uma série de controladores de tráfego em intersecções sinalizadas de volta para a Central de Gestão de Transporte (TMC — Traffic Management Center) para fins de monitoramento da intersecção e sincronismo em sinalização de trânsito. A TMC pode instalar várias larguras de banda alta em linhas tronco de 5.8GHz para acessar os corredores de tráfego por toda a cidade.

As intersecções locais são geralmente interconectadas por meio de rádios em série de 900MHz, por causa dos requisitos de transmissão de largura de banda baixa e a capacidade de mitigar problemas de alcance.

Os conjuntos de intersecções seriam então conectados a um ponto de acesso na rede de 5.8GHz para transmitir o sinal de volta para a TMC.

Essa conexão é possível com o uso de um servidor terminal, que não passa de um aparelho que realiza a conversão de comunicação em série para Ethernet.

Os problemas de alcance tendem a ser o maior fator de limitação na implantação de rádios de espalhamento espectral. Na teoria, esses tipos de rádios podem se comunicar com um alcance de até 96,5 km. Na prática, essa distância geralmente se limita a poucos quilômetros por causa da obstrução de árvores, edifícios e variações na topografia. De maneira semelhante, a largura de banda máxima, na teoria, pode ser de 54 Mbps, mas na prática está mais para 20 Mbps.

Isso ocorre porque é difícil manter um fluxo constante de comunicação nesse nível. Ou seja, as rádios se comunicarão em aumentos repentinos na amplitude de um sinal, alcançando até 54 Mbps, mas a interferência ambiental proíbe uma conexão prolongada, o que resulta em um máximo prático menor. Além disso, como essas frequências não são licenciadas, a interferência pode vir de outros aparelhos públicos de comunicação sem fio que funcionam na mesma frequência.

O rádio tronco licenciado tem oferecido uma alternativa para o rádio de espalhamento espectral não licenciado em certos aplicativos de ITS.<sup>12</sup> Essa tecnologia funciona como uma rede de computador com comutação de pacotes, permitindo que vários usuários compartilhem o mesmo canal, mas se comuniquem com rádios diferentes. Essa opção oferece uma largura de banda extremamente baixa, mas tem demonstrado sucesso na comunicação com componentes de ITS remotos e que exigem uma largura de banda baixa (ex.: sinalização de mensagem dinâmica).

### Wi-Fi/WiMAX

Wi-Fi é uma tecnologia popular que permite que um aparelho eletrônico troque dados por meio de comunicação sem fios (usando ondas de rádio) por meio de uma rede de computadores. O Wi-Fi se refere a qualquer produto de rede sem fios em área local e se baseia no padrão do Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (IEEE — Institute of Electrical and Electronics Engineers).

802.11. Tipicamente, o Wi-Fi oferece acesso à rede local com um alcance de poucas dezenas de metros e com uma velocidade de até 54 Mbps.

Os principais componentes de uma rede Wi-Fi são o ponto de acesso sem fios (WAP — ponto de acesso sem fios) e o adaptador sem fios. Os adaptadores sem fios permitem que os aparelhos sem fios (ex.: smartphones) se conectem com o WAP. O WAP conecta aos aparelhos sem fios a uma rede adjacente com fios. Para que os aparelhos sem fios se comuniquem com outros aparelhos com fios, o WAP precisa se conectar a um comutador ou eixo de Ethernet. Se o WAP e o hardware de comutação estiverem alojados na mesma unidade, a configuração é chamada de "roteamento sem fios".

A Interoperabilidade Mundial para Acesso de Micro-ondas (WiMAX — Worldwide Interoperability for Microwave Access) é um padrão de comunicação sem fios projetado para fornecer largura de banda alta em um âmbito mais amplo. É semelhante ao padrão Wi-Fi, mas em uma escala muito maior e com velocidades mais rápidas. A WiMAX se refere às implantações interoperáveis da família IEEE 802.16 nas redes sem fios. A antena WiMAX pode ter um alcance de até aproximadamente 48 quilômetros e oferecer velocidades de aproximadamente 70 Mbps, sendo que as versões mais novas do padrão tentam chegar a 1 Gbps.

### Dados via celular

Na década de 1990, duas tecnologias principais de telefonia celular, os Sistemas Globais Móveis (GSM — Global Systems Mobile) e o Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA — Code Division Multiple Access), foram empregadas por Operadoras de Serviço de Redes Móveis (MNSOs — Mobile Network Service Operators) a fim de proporcionar ligações telefônicas móveis por voz.

Com o passar do tempo, funcionalidades de dados cada vez maiores foram adicionada, desde Serviço de Mensagens Curtas (SMS — Short Message Service), acesso de dados a servidores MNSO e até acesso a banda larga móvel para a internet em geral.

A função de internet das redes de celulares se baseia no Protocolo de Controle de Transmissão / Protocolo de Internet (TCP/IP — Transmission Control Protocol/Internet Protocol), a linguagem da internet que é sinônimo de Protocolo de Pacote de Dados.<sup>13</sup>

Uma diferença importante entre as duas maiores tecnologias de celular é como elas transferem os dados para alcançar eficiência e velocidade. A tecnologia GSM divide as bandas de frequência em vários canais para que mais de um usuário possa enviar dados por meio de uma torre ao mesmo tempo. Já o CDMA organiza as ligações digitalizadas em camadas na rede, uma por cima da outra, "desembrulhando-as" ao fundo ao usar códigos de sequência.

Tanto o GSM e o CDMA passaram por uma série de evoluções, permanecendo principalmente orientadas para as ligações por voz, mas proporcionando cada vez mais densidade de dados e ligações para as operadoras e um potencial cada vez maior de largura de banda para dados aos usuários. Os CDMA alcançaram uma evolução somente de dados (EvDO — Evolution Data Only), com velocidades teóricas de download/envio de

3.1/1.8 ps. O GSM chegou a um acesso ao pacote em grande velocidade (HSPA — high-speed packet access), com velocidades de download/envio de 7.2/5.76 Mbps. A versão mais recente do GSM, criada para fazer frente à Evolução de Longo Prazo (LTE — Long Term Evolution), é chamada de HSPA Evoluído (HSPA+) e ostenta velocidades teóricas de download/envio de 42/11.5 Mbps.

A LTE é a tecnologia mais recente e é drasticamente diferente das tecnologias precursoras. Esse padrão 4G foi projetado para transportar e administrar fluxos de dados em banda larga com sobreposição de voz. Tendo os dados como sua base, a LTE oferece eficiência espectral, largura de banda alta (download/envio de 150/75Mbps), aplicação e uso de toda a gestão de dados e a segurança das redes IP, além de baixa latência.

a LET também é apoiada por taxas completas de dados em alta velocidade, enquanto que o GSM e o CDMA passam por degradação de desempenho. A LTE Avançada será a próxima geração da tecnologia, usando a plataforma LTE para alcançar velocidades de download/envio de 1000/375 Mbps.

Todas essas taxas de dados são os limites máximos na teoria; na prática, os fatores ambientais influenciam as velocidades reais, que são consideravelmente mais baixas (geralmente metade do indicado).

Decidir qual tecnologia usar implica a determinação da latência exigida, da disponibilidade, da cobertura e do preço. A latência, que é uma medida de retardamento no sistema, pode variar durante o dia por causa da variação na carga da rede. Dependendo da operadora e a estratégia adotada, cada provedora de serviço tem planos de taxas que evoluem e pacotes para conectividade de dados de máquina a máquina. Outra dimensão da seleção do serviço é a segurança. Isso determinará se a Internet sem fios em geral, com seus mecanismos comuns de segurança, é suficiente ou se uma VPN administrada se faz necessária. É preciso considerar a vida útil esperada do aplicativo, em comparação com a vida útil esperada da operadora específica para a tecnologia de dados via celular. Muitas MNSOs estão rejeitando redes mais antigas para utilizar o espectro das tecnologias mais modernas.

## **Hardware central e sistemas**

### ***Sistemas Centrais***

Os sistemas centrais típicos consistem de vários servidores (aplicativo, banco de dados, comunicação, vídeo, etc.), estações de trabalho, mídia/interface de comunicação e visores (ex.: parede de monitores). Os computadores pessoais continuam sendo a forma mais popular de uma operadora interagir com as TMCs atualmente. As paredes de monitores (ou cubos de vídeo) estão se tornando cada vez mais populares para os aplicativos de monitoramento de tráfego. Um item que as agências geralmente não levam em consideração ao estudar a implantação de uma parede de monitores é o custo operacional. Os avanços na tecnologia de visores pode mitigar isso ao incorporar lâmpadas de vida longa, fontes de luz LED e atributos que incluem a calibragem automática das cores. Manter níveis de brilho uniformes e uma taxa de contraste apropriada são fatores importantes para se ter uma parede de monitores eficaz.

A Figura 17 mostra a implantação de uma parede de monitores em Bellevue, no estado de Washington.

**Figura 17. Parede de monitores em uma TMC**



Fonte: Bellevue, estado de Washington.

Outro componente importante de uma TMC é o servidor central. Os servidores usados nos aplicativos de ITS são os mesmos usados em outras indústrias em aplicativos de servidor central. O servidor atua como uma plataforma na qual é construído um aplicativo ITS em particular. Esse é sistema nervoso central que proporciona a conexão entre o equipamento em campo e a interface da operadora. O hardware do servidor está disponível a partir de diferentes fabricantes. O software central está disponível para uma variedade de sistemas operacionais, incluindo servidores para Linux e Microsoft Windows. Os servidores maiores estão localizados no próprio local, em salas com controle de temperatura ambiente, juntamente a outros itens de hardware, tais como roteadores e comutadores, além do equipamento compartilhado pela organização.

A terceirização da operação do sistema central é algo que está se tornando cada vez mais popular. Isso é realizado por meio da computação nas nuvens e o fornecimento de Software Como Serviço (SaaS — Software-as-a-Service). A computação nas nuvens consiste em usar os recursos de informática (hardware e software) que são proporcionados como um serviço por meio de uma rede (tipicamente a internet). Essa é uma opção atraente para algumas agências, pois pode ajudar a evitar a aquisição de hardware antecipadamente, além das despesas com manutenção em longo prazo. Como o hardware central é armazenado e mantido fora do local, não é preciso contratar uma equipe permanente de TI ou ter espaço dedicado ao armazenamento do hardware do sistema.

### ***Controladores de Tráfego em Campo***

Os aparelhos e sensores empregados no campo precisam de alguns mecanismos de controle ou interfaces para se integrarem com um ITS. Isso é feito com o emprego de controladores em campo. O controlador é a inteligência do sistema local, que fornece um ponto em comum para se conectar, monitorar e controlar o equipamento em campo. Os tipos padrão de controladores geralmente são alojados em um gabinete às margens da estrada.

Os controladores e os gabinetes de controle geralmente operam com fornecimento/fonte de alimentação ininterrupta (UPS). Esse é um aparato elétrico que fornece energia de emergência quando há falhas na fonte de alimentação principal. Isso é extremamente útil, porque muitos aplicativos de ITS são sensíveis à segurança. O UPS é algo diferente de um sistema de energia auxiliar/de emergência ou um gerador em espera porque proporcionará proteção quase instantânea contra interrupção na energia ao fornecer eletricidade armazenada em baterias.

O UPS pode permitir que o equipamento funcione por várias horas sem restauração principal de energia, dependendo do tamanho da bateria e a configuração do equipamento.

A maioria dos controladores em uso atualmente funcionam em intersecções sinalizadas, facilitando o funcionamento seguro e correto dos semáforos para carros e pedestres e os detectores de veículos. Controladores mais robustos podem proporcionar formas mais avançadas de gestão de trânsito, tais como prioridade do sinal de trânsito e controle adaptativo de tráfego. Outros controladores proporcionam um ambiente de sistema operacional em tempo real, que pode alojar lógicas avançadas para os aplicativos, tais como gestão de incidente ou medidas de tempo de espera na fronteira. Em alguns casos, o hardware ou firmware de um controlador pode ser adquirido separadamente. Os quatro tipos principais de controladores comerciais são apresentados aqui.<sup>14</sup>

### Tipo 170

O Departamento de Transporte da Califórnia (Caltrans) desenvolveu uma das primeiras especificações do Tipo 170 no início da década de 1970, especificando a forma, o encaixe e a função do hardware do controlador de tráfego, além de muitos elementos de design de hardware, incluindo o uso obrigatório de um microprocessador específico de 8 bits. A especificação também cobre a interface entre gabinete e controlador, incluindo o formato e o tamanho do próprio controlador. Em especial, a especificação 170 cobre a necessidade de encaixe do controlador em uma estante padrão de 19 polegadas. O elemento principal do controlador 170 é que ele usa entradas e saídas discretas para interagir com o gabinete de controle de tráfego. Isso é feito por meio de um conector de 109 pinos, comumente chamado de "conector C1".

A plataforma do controlador 170 usa inerentemente a comunicação em série. Os cartões modernos de modem serial (com conectores DB9) estão disponíveis junto a vários fornecedores e alcançam uma comunicação de até 19,2 kbps. Cartões de conversão de porta serial para Ethernet também estão disponíveis. Essa tecnologia continuará evoluindo somente as comunicações seriais dentro de estruturas de Ethernet, então apesar de um cartão de upgrade como esse proporcionar a interoperabilidade dos controladores em uma LAN com outros aparelhos com capacidade para IP, as velocidades de comunicação não aumentam de maneira substancial.

A especificação 170 se baseia em uma tecnologia microprocessadora de 8 bits e, nos últimos 10 anos, vem sendo dito que ela está no fim da sua vida projetada. No entanto, o equipamento e as peças sobressalentes continuam disponíveis para compra, o que provavelmente será uma realidade por ainda muitos anos por causa da sua popularidade pela América do Norte. No seu devido tempo, conforme mais cidades trocam o seu equipamento 170 por outro modelo, os fabricantes do 170 abandonarão essa linha de produtos.

A interface crua de LED digital do usuário no 170 tem limitações sérias, principalmente no que diz respeito ao treinamento da equipe. Opções de retroajuste estão disponíveis com a substituição dos cartões processadores e os visores no painel frontal, proporcionando um funcionamento mais parecido ao dos controladores ATC e 2070.

### Tipo 2070

A especificação 2070 começou a ser usada na Califórnia em 1992 como uma sucessora do 170. Ao mesmo tempo, a Agência Federal de Rodovias (FHWA — Federal Highway Administration) e o Departamento de Transporte dos EUA (USDOT — United States Department of Transportation) começaram a fazer grandes investimentos nos programas de padrões, incluindo protocolos e hardware. Como a especificação 170, a 2070 especifica a forma, o encaixe e a função do hardware do controlador de tráfego, incluindo formato, material e requisitos para a arquitetura específica de hardware e o uso de um microprocessador específico. A Figura 18 mostra a parte frontal de um controlador de tráfego 2070.

**Figura 18. Controlador de tráfego 2070**



Fonte: FHWA.

Na qualidade de versão atualizada do 170, o 2070 oferece portas adicionais de comunicação em alta velocidade, com tipos de conector de padrão da indústria (Serial DB9 e Ethernet RJ45), um processador de velocidade mais alta que roda um sistema operacional em tempo real (OS-9), memória adicional e um visor de cristal líquido (LCD — liquid-crystal display) com retroiluminação.

Uma variedade de componentes opcionais está disponível, incluindo um módulo que permite que um controlador 2070 seja instalado em um gabinete NEMA.

A plataforma do controlador 2070 proporciona uma série de interfaces seriais e de Ethernet com assistência de protocolo nativo. (Contanto que o software seja compatível com Ethernet e que não haja necessidade de encapsular a conversão serial para Ethernet, como o que ocorre com o 170). Módulos de Ethernet RJ45 e fibra ótica direta de Ethernet também estão

disponíveis.

O 2070 é uma plataforma de controlador popular e de sucesso em várias agências. Por causa da quantidade de 2070 instalado atualmente, o equipamento e as peças de reposição provavelmente continuarão disponíveis no mercado durante muitos anos. O visor LCD com retroiluminação representa uma grande melhoria em comparação com o visor LED do 170, mas a sua leitura pode ser difícil sob luz direta do sol. Uma variedade mais ampla de opções de firmware está disponível para o 2070 em comparação ao 170, incluindo opções de desenvolvedores que são completamente independentes de fabricantes e fornecedores de hardware.

## NEMA

O padrão da Associação Nacional de Fabricantes Elétricos (NEMA — National Electrical Manufacturers Association) e as suas versões (TS1, TS2 Tipo 1, TS2 Tipo 2) já existem há mais de 30 anos.

O padrão cobre a interface entre controlador e gabinete por meio de três conectores (A, B e C) e padroniza algumas nomenclaturas e terminologia de controlador, apesar de não cobrir todos os atributos e as funções de um controlador. Os controladores NEMA são adquiridos como um pacote de firmware e hardware de controlador. Os controladores NEMA são compatíveis tanto com a comunicação serial como via Ethernet/IP, sendo que as versões mais novas o fazem de maneira nativa.

## ATC

O padrão Controlador de Transporte Avançado (ATC — Advanced Transportation Controller) teve início em 2005 como sucessor do padrão 2070.

A versão 5.2b está aprovada atualmente como um padrão adjunto da Associação Americana de Estradas Estaduais e Organizações de Transporte (AASHTO — American Association of State Highway and Transportation Officials), do Instituto de Engenheiros de Transporte (ITE — Institute of Transportation Engineers) e da NEMA. Ao se distanciar dos padrões 170 e 2070, o ATC se concentra na funcionalidade e na Interface do Aplicativo de Programação (API — Application Programming Interface) ou as interfaces no nível do hardware para a comunicação com os dispositivos periféricos, tais como portas seriais, portas de Ethernet, drives de USB, conjunto de memória flash e visores.

A funcionalidade do controlador de tráfego é, portanto, encapsulada em uma placa mãe que roda o sistema operacional Linux. O padrão ATC define claramente os requisitos físicos e funcionais da placa mãe. O padrão ATC também define os requisitos gerais de um módulo de hospedagem casado com a placa mãe. O módulo de hospedagem também pode ser organizado por um fornecedor para atender aos requisitos de um aplicativo específico (ex.: controlador de prateleira para NEMA ou módulo de conexão com um controlador 2070).

Os padrões do controlador ATC requerem que o compartimento do controlador seja compatível com pelo menos um encaixe de módulo de comunicação que tenha um fator de forma que se conforme aos requisitos do 2070.

2070. Isso significa que o controlador ATC pode sustentar vários módulos de comunicação 33

diferentes, incluindo serial, fibra ótica, sem fios, etc.

O aplicativo de firmware mais comum no ATC é o controlador de tráfego. O ambiente do sistema operacional em tempo real também é indicado para vários aplicativos de ITS. Os algoritmos podem ser armazenados e executados de maneira contínua, ligando tais aplicativos em sistemas de alerta em fila, sistemas de medidas de tempo de espera na fronteira ou algoritmos de detecção de incidente no tráfego.

## Sinalização de Mensagens Dinâmicas

A Sinalização de Mensagem Dinâmica (DMS — Dynamic Message Signs) é usada para disseminar informações relevantes para os motoristas ao longo da estrada. A DMS é o termo preferido, de acordo com a Arquitetura Nacional de ITS, apesar de algumas jurisdições usarem outros termos sinônimos, tais como Sinalização de Mensagem Variável (VMS — Variable Message Signs) ou Sinalização de Mensagens Alteráveis (CMS — Changeable Message Signs). A DMS é uma sinalização eletrônica e de grande porte que fica pendurada ou aparece ao longo das principais rodovias, sendo usada tipicamente para exibir informações sobre as condições do trânsito, duração do percurso, construções ou incidentes nas estradas.

As sinalizações maiores são montadas em um local suspenso ou um guindaste. As sinalizações suspensas são usadas para proporcionar acesso à manutenção frontal, dianteira ou lateral, usando uma configuração com entrada direta. A Figura 19 mostra uma DMS suspensa instalada atualmente em uma rodovia de Ohio.

**Figura 19. DMS suspensa**



Fonte: DOT de Ohio.

As DMSs tradicionais são monocromáticas e limitadas a três linhas de texto, pois uma limitação prática dos padrões de DMS não permitem o uso de mais de três linhas. Várias mensagens de três linhas cada podem ser intercaladas em ciclos para comunicar mais informações. Por causa do tempo que um motorista leva para ler e processar as informações, no máximo dois ciclos (ou duas fases) são apresentadas em um determinado período.

A DMS é operada pelo controlador de sinalização. As mensagens podem ser atualizadas automaticamente pelo sistema central no controlador de sinalização, comunicando assim às condições atuais do trânsito, ou então de maneira remota sob circunstâncias especiais, como no fechamento de uma faixa. As mensagens podem ser armazenadas em um servidor central, criadas por demanda pelo servidor central (ou o operador) seguindo um modelo ou contidas na biblioteca interna de mensagens da sinalização. A maioria das DMSs fixas (ou seja, não portáteis) usam o formato de comunicação por fios (ex.: Ethernet).

Na maioria das vezes em que a DMS é empregada, as informações na sinalização são exibidas para os motoristas e lidas por meio LED de iluminação. Tipicamente, os LEDs são posicionados de forma que cada conjunto é iluminado de maneira semelhante aos pixels no monitor de um computador. O hardware interno e os drivers de software são usados para iluminar cada LED (ou pixel) individualmente. O texto e as mensagens são formados com a iluminação dos LEDs em uma configuração especial. A maioria das DMSs permitem que os operadores ajustem o tamanho e espaçamento da fonte da mensagem, dependendo do tamanho da sinalização e a sua finalidade. As agências devem selecionar uma sinalização de tamanho apropriada para exibir tipos diferentes de mensagem.

As DMSs mais novas oferecem um visor chamado de "matriz completa". Este tipo de visor permite que imagens e pictogramas sejam incorporados. A Figura 20 mostra um exemplo de DMS montado na beira da estrada com um visor de matriz completa monocromática.

**Figura 20. DMS de matriz completa monocromática.**



Fonte: DOT de Ohio.

DMSs de matriz completa em cores também estão disponíveis e proporcionam um formato de exibição mais robusto para fornecer informações para os usuários. Elas tornam possível uma emulação mais real de protetores de estrada e outros elementos gráficos compatíveis com os *Manual sobre Aparelhos Uniformes de Controle de Tráfego* (MUTCD — Manual on Uniform Traffic Control Devices). Reproduzir elementos gráficos aos quais os motoristas estão acostumados pode ajudar a mitigar o problema com a distração do motorista, pois diminui o tempo necessário para o motorista ler e processar as informações exibidas pela DMS. A Figura 21 mostra uma DMS de

matriz completa em cores com acesso de manutenção com entrada direta.

**Figura 21. DMS com matriz completa em cores**



Fonte: Daktronics, Inc.

As DMSs portáteis são diferentes das fixas por vários motivos. O primeiro e mais óbvio é que essas sinalizações foram criadas para serem transportadas, sendo ideais para o uso temporário, como em zonas de trabalho. Essas sinalizações são muito menores do que as DMSs fixas e ficam montadas em um trailer portátil, que pode ser preso na traseira do veículo usando um guincho padrão para trailers. A Figura 22 mostra uma DMS portátil sendo usada em uma zona de trabalho.

**Figura 22. DMS portátil**



Fonte: FHWA.

A energia e comunicação também é diferente nas DMSs portáteis, onde geralmente não tem uma fonte permanente próxima para atender a nenhuma dessas necessidades. Baterias integradas fornecem energia à sinalização e ao equipamento de comunicação. Painéis solares recarregam as baterias e, conseqüentemente, prolongam o tempo de uso, sendo montados na parte superior da sinalização.

O tamanho das baterias e dos painéis solares geralmente é calculado de acordo com a área geográfica onde a sinalização será empregada, considerando as variações na energia solar disponível.

As comunicações de dados via celular são usadas para se comunicar com a DMS portátil por meio de um modem celular integrado. Isso permite que o operador modifique a mensagem exibida e monitore o status do equipamento. As unidades de GPS também são instaladas nas unidades para auxiliar os operadores a localizar a sinalização.

## **Câmeras de vídeo**

Câmeras de vídeo são usadas em uma variedade de finalidades no transporte. Um sistema de câmeras formado por câmera, caixa, monitor/gravador, sistema central de controle e infraestrutura de apoio, tais como hastes onde as câmeras são montadas, fornecimento de energia e equipamento de comunicação. As câmeras são montadas tipicamente a uma altura de 10 a 15 metros (se estendendo a uma altura de até 30 metros) e permite que os operadores usam a tela de monitoramento para movimentar as câmeras horizontal e verticalmente, além de ampliar a imagem com zoom. A capacidade de movimentação horizontal e vertical pode ser uma função da caixa da câmera ou da unidade em que a caixa está montada. Os aplicativos de gestão do tráfego geralmente requerem a capacidade de zoom com ampliação de 18 a 22 vezes, sendo que as câmeras típicas oferece até ampliação de 35 vezes.

As câmeras de trânsito são geralmente alojadas em dois tipos de caixa: padrão ou redoma.<sup>15</sup>O tipo de caixa usada afetará a capacidade da câmera e a manutenção necessária. A função da caixa é proteger o equipamento tanto do ambiente como de vandalismo.

**Figura 23. Caixa padrão**



Fonte: FHWA.

As caixas padrão são montadas tipicamente em uma unidade com movimentação horizontal e vertical. Isso permite que o operador posicione a câmera com precisão para ver todas as áreas ao redor da câmera.

A interação com a câmera geralmente oferece a opção de designar posições determinadas ou pré-configurações, permitindo que a câmera volte rapidamente para a área de interesse. As câmeras também podem ser configuradas para se posicionar em vários ciclos pré-determinados ou se movimentar horizontal ou verticalmente, apesar de essa função não ser usada comumente no monitoramento do tráfego.

**Figura 24. Caixa tipo redoma**



Fonte: FHWA.

As caixas do tipo redoma são um pouco mais robustas que as padrão. A capacidade de movimentação horizontal e vertical fornecem uma visão de 360 graus da área ao redor.

Essas caixas são altamente compatíveis com aparelhos de descida, o que torna a manutenção mais fácil. As partes móveis são protegidas pela caixa tipo redoma e oferecem uma estética melhor do que as padrão. O estilo das caixas padrão mais novas oferece rotação em 360 graus e movimentação horizontal e vertical de 90 a 360 graus, tornando-as mais comparáveis às caixas do estilo redoma.

A qualidade da imagem de vídeo é um produto da resolução, velocidade de projeção e tipo de compressão. A definição padrão das câmeras de vídeo oferece uma resolução (pixels/polegada) e velocidade de projeção (frame/seg) de 720x486 e 29.97, segundo o Comitê do Sistema Nacional de Televisão (NTSC — National Television System Committee) com uma proporção dimensional de 4:3. Câmeras de vídeo de alta definição oferecem uma resolução de 1280x720 (720p) ou 1920x1080 (1080i/p) e velocidades de projeção que variam de 23.98 a 60, com uma proporção dimensional de 16:9.

O vídeo é comprimido antes da transmissão de volta para o sistema central de controle a fim de diminuir a quantidade da largura de banda necessária para cada câmera (ex.: MPEG-4). Isso é feito por uma combinação de compressão de imagem espacial e compressão de movimento temporal. A compressão equilibra a qualidade do vídeo e as taxas de dados necessárias. Mais compressão resulta em uma qualidade do vídeo menor, mas também diminui a largura de banda necessária; menos compressão resulta em uma qualidade de vídeo maior, mas requer mais largura de banda.

### Condições Ambientais

As condições ambientais continuam sendo um dos maiores desafios associados ao funcionamento das câmeras de trânsito, mas os avanços tecnológicos nos sistemas de câmeras continuam ajudando a mitigar esses problemas. Limpadores (caixas padrão), desembaçadores e revestimento especial para lentes podem ajudar a diminuir os efeitos da chuva e da neblina, desobstruindo o visor da caixa. Aquecedores embutidos ajudam a conservar o equipamento e diminuem os efeitos das temperaturas baixas nos climas mais frios. Relâmpagos podem ser evitados com a devida instalação de aparelhos de proteção contra sobretensão e o aterramento de todos os equipamentos associados à câmera. Em casos extremos, para-raios podem ser instalados próximos das câmeras.

As câmeras podem funcionar à noite, com pouca iluminação, mas há limitações. A maioria das câmeras novas são equipadas tipicamente com função auto-íris, que se ajusta automaticamente à iluminação presente. Apesar disso, o clarão causado pelos faróis de carros pode dificultar a captura de imagens boas sob pouca iluminação. As câmeras monocromáticas geralmente alcançam um desempenho melhor do que as coloridas sob pouca iluminação. Algumas câmeras podem mudar automaticamente da versão colorida para a monocromática diante de pouca iluminação.

### ***Câmeras IP***

Tradicionalmente, as câmeras empregadas nos aplicativos de ITS costumavam proporcionar sinalização analógicos. A fim de transportar as imagens em vídeo, os sinais analógicos eram convertidos para digitais usando codificadores de vídeo (chamados de "codecs"). Esses codificadores de vídeo também proporcionam compressão de vídeo para diminuir o uso da largura de banda, além de capacidade de comunicação via Ethernet. As características de conversão de vídeo analógico para digital, compressão de vídeo e comunicação via Ethernet existiam em uma unidade separada, fora das câmeras de vídeo em si. Desde então, essas características passaram a ser integradas na própria câmera. Uma câmera com tais características integradas é chamada de "câmera IP".

Este tipo de câmera é popular nos aplicativos de monitoramento de tráfego, porque diminui a quantidade de equipamentos e conexões necessárias para implantar a câmera e ver o sinal ao vivo. A saída digital das câmeras pode ser transmitida facilmente via Internet ou rede de comunicação particular para a central de monitoramento (ex.: a TMC). O sinal digital pode então ser visto em diversas telas de monitoramento e compartilhado facilmente com os meios de comunicação e o público. As câmeras IP têm comunicação celular sem fios já embutida que permitem seu uso de maneira portátil. A natureza web das câmeras IP possibilita uma plataforma de vídeo bastante versátil para os aplicativos de ITS, pois as câmeras podem ser conectadas à rede facilmente. Uma das desvantagens das câmeras IP é a latência do controle. Comparadas às IP, as conexões seriais de baixa latência geralmente oferecem melhor desempenho para as funções de movimentação horizontal/vertical e ampliação de imagem, que são realizadas pelo operador. Como resultado, é verificado um retardamento entre o momento em que o operador inicia uma atividade de controle e o momento em que a imagem reposicionada é exibida, o que dificulta a operação manual da câmera.

## Câmeras internas do veículo

Avanços como capacidades de câmera IP podem ser combinados aos avanços dos componentes físicos para lidar com aplicações específicas. Uma dessas aplicações é nas câmeras internas do veículo. No transporte público, é necessário monitorar as atividades a bordo do veículo por diversos motivos, principalmente pela segurança. As câmeras internas do veículo usam caixas compactas e robustas que geralmente contêm algum tipo de tecnologia anti-vibração para diminuir os efeitos das irregularidades do asfalto e a movimentação do veículo.

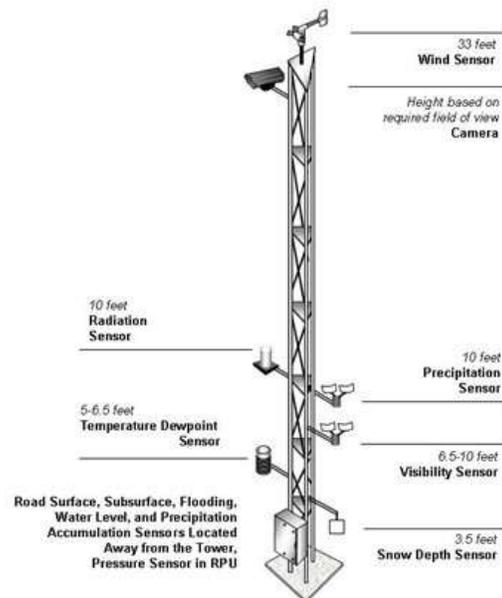
PoE é outra inovação compatível com esse tipo de utilização, permitindo que a unidade da câmera receba energia pelo mesmo cabo usado para transmitir o sinal de vídeo. O vídeo fica armazenado em uma unidade de gravação localizada dentro do veículo.

## Sistema de informações sobre as condições meteorológicas nas estradas

A principal tecnologia de apoio para o Sistema de informações sobre as condições meteorológicas nas estradas (RWIS — Road Weather Information Systems) é a Estações de Detecção Ambiental (ESS — Environmental Sensor Stations) Uma ESS é usada em um local fixo da estrada com um ou mais sensores que medem as condições atmosféricas, da superfície (ex.: asfalto e solo) e hidrológicas (ex.: nível de água).

As estações são geralmente empregadas como componentes de RWIS em campo. Os dados coletados a partir de sensores ambientais em campo são armazenados no local, em uma unidade de processamento remoto (RPU — remote processing unit) localizado em um gabinete. Além da RPU, os gabinetes costumam armazenar uma fonte de alimentação, aparelhos de bateria reserva e outra infraestrutura de apoio, tais como equipamentos de comunicação. Além das opções de comunicação esboçadas na seção de comunicações do presente módulo, a comunicação via satélite pode ser usada para conectar a ESS ao sistema central.

Figura 25. ESS



Fonte: FHWA.

Tipicamente, a ESS se conecta ao sistema central por meio de uma das opções de comunicação listadas na seção de comunicações do presente módulo. O local remoto de algumas ESSs podem impedir o uso de opções tradicionais de comunicação, tais como dados de celulares, pois a cobertura pode não estar disponível. Nesses casos, os links de comunicação via satélite são estabelecidos para conectar as estações com o sistema central. A presente seção examina os componentes técnicos de uma ESS, cuja configuração típica é mostrada na Figura 25, conforme sua implantação dentro do programa de gestão das condições meteorológicas da estrada da FHWA.<sup>16</sup>

## **Sensores de ar**

### Vento

Cata-ventos são usados para determinar a direção em que o vento está soprando. Um cata-vento tradicional indica a direção do vento com uma aleta montada no eixo horizontal e que está ligada ao

#### **Figura 26. Cata-vento**



Fonte: FHWA.

Os anemômetros com copos giratórios têm de três a seis copos hemisféricos que giram em torno do eixo vertical. A velocidade é calculada de acordo com a taxa da rotação das pás da hélice ou dos copos. A velocidade do vento também pode ser determinada com sensores não mecânicos, como os anemômetros com cabo energizado e sônicos. Os anemômetros com cabo energizado calculam o grau de resfriamento de um fio energizado e aquecido, o que se dá em função da velocidade do vento.

eixo vertical. A aleta faz com que o cata-vento gire no plano horizontal.

A velocidade do vento é medida por anemômetros com o uso de hélices ou copos. Um anemômetro de cata-vento com hélice pode usar duas ou quatro pás, que rodam no eixo horizontal, e a aleta ligada ao eixo para indicar a direção.

#### **Figura 27. Cata-ventos com hélice**



Fonte: FHWA.

Um anemômetro sônico mede a velocidade dos ventos de acordo com as propriedades das ondas de som transportadas pelos ventos. Um sensor de velocidade e direção dos ventos, ou anemômetro, deve ser posicionado a 10 metros do solo. O sensor de direção dos ventos deve ser alinhado com o norte real, não com o norte magnético.

### Pressão

Barômetros de mercúrio e aneroide são empregados na detecção da pressão atmosférica ou da pressão causada pela gravidade nas moléculas de ar em uma coluna de ar. Por serem mais exatos do que os barômetros de mercúrio, os barômetros de aneroide geralmente são usados para fins meteorológicos. Um barômetro de aneroide contém uma célula de aneroide em uma caixa de metal flexível e vedada ou em um par de discos circulares finos. O material se expande e se contrai conforme as mudanças na pressão atmosférica.

### Sensor de Temperatura/Ponto de Condensação

A temperatura do ar pode ser medida com termômetros líquidos, a gás ou elétricos. Os termômetros elétricos, que normalmente são usados em estações de detecção automatizada, contêm fios de metal que exibem maior resistência à corrente elétrica conforme a temperatura aumenta. Platino e cobre geralmente são usados por causa da relação linear entre a resistência desses materiais e a temperatura. Os termômetros elétricos, também conhecidos como "termômetros de resistência, proporcionam leituras exatas em um intervalo amplo de temperaturas.

A humidade relativa, que mede o teor de vapor de água no ar, pode ser medido por três tipos diferentes de higrômetros. Os higrômetros de ponto de condensação, condensadores e elétricos detectam a humidade ao perceber mudanças causadas pela umidade em uma substância. Um sensor de temperatura do ar / ponto de condensação deve ser protegido por um escudo de radiação e montado a 1,5 a 2 metros de distância do solo.

O sensor deve estar em uma haste de apoio a pelo menos 90 centímetros da torre na direção predominante do vento.

### ***Sensores de Precipitação***

#### Sensor de Precipitação / Sensor de Acumulação de Precipitação

As medidas da precipitação são feitas com pluviômetros que medem o tipo de precipitação, a quantidade e a taxa de chuva (ou o teor líquido equivalente de neve ou granizo), além de determinar o início e o término do evento de precipitação. Os pluviômetros de balde e de balança são usados comumente nas ESS. Nos pluviômetros de balde, um cilindro coleta e, por meio de um funil, conduz a água das chuvas até um balde pequeno com capacidade para 0,01 polegada de água. Em áreas com neve frequente, o balde é aquecido e equipado com um protetor contra o vento.

**Figura 28. Pluviômetro de balde**



Fonte: FHWA.

Quando fica cheio, o balde entorna a água e outro balde toma o seu lugar debaixo do funil. Toda vez que um balde entorna a água, um contato elétrico se fecha para mandar um sinal para um gravador. Pluviômetros de balança são capazes de medir todos os tipos de precipitação sem aquecedores. A precipitação é conduzida por um funil até um balde, que é pesado para ter seu conteúdo pesado. Esses pluviômetros requerem mais manutenção do que os de balde. Pluviômetros do tipo boia usam um material que flutua sobre a superfície da água para medir a quantidade de precipitação líquida. Os pluviômetros de intensidade ou taxa de chuva medem a proporção instantânea em que a chuva cai sobre uma superfície. Um pluviômetro de chapa para neve consiste de duas chapas aquecidas que são usadas para estimar a massa de neve medindo, na chapa que fica virada para cima, a energia necessária para derretê-la e evaporá-la sobre a chapa. O pluviômetro compensa os efeitos do vento subtraindo a energia da chapa que fica virada para baixo. O pluviômetro de chapa aquecida mede o líquido equivalente à proporção de neve a uma taxa de 0,01 a 1 polegada por hora.

### Sensor de Profundidade da Neve

Um sensor de profundidade da neve emite um pulso ultrassônico ou infravermelho e mede o tempo que o sensor leva para ir da superfície da neve até voltar para o sensor. Um algoritmo interno ajusta o tempo com base na temperatura do ar, convertendo-a em distância. Uma pesquisa do Serviço Nacional de Condições Meteorológicas apurou que essa tecnologia demonstra ser uma ferramenta objetiva para medir a acumulação da neve quando não é possível fazer uma observação visual por seres humanos. O sensor de profundidade de neve deve ser instalado perpendicularmente à superfície, a uma altura de aproximadamente 1 metro. O sensor deve ter uma visão desimpedida do alvo e ficar montado de um jeito que evite vibrações.

### Sensor de Superfície da Estrada

Os sensores de superfície medem o estado do pavimento (ex.: temperatura, seco, molhado, gelo, ponto de congelamento e concentração química). Existem dois tipos básicos de sensores de superfície: ativo e passivo. Os sensores ativos geram e emitem um sinal e medem a radiação refletida por uma superfície-alvo. Os sensores passíveis detectam a energia que irradia de uma fonte externa. Os sensores passivos de temperatura do pavimento normalmente ficam enterrados na superfície da estrada.

Estes sensores foram projetados com propriedades térmicas semelhantes às do pavimento para serem aquecidos e resfriados na mesma proporção.

As condições do pavimento podem ser monitoradas com sensores embutidos nas superfície da estrada, aparelhos de medição de fricção, câmeras e microfones. Conforme mostrado na Figura 29, os sensores embutidos tipicamente distinguem dois ou três estados do pavimento (ex.: seco ou molhado). A superfície de um sensor ativo de condições do pavimento é resfriado abaixo da temperatura do ar ambiente. Se umidade estiver presente no pavimento, orvalho ou geada se formará na superfície resfriada.

Este tipo de sensor também pode ser usado para avaliar a eficácia dos químicos usados no tratamento das estradas e determinar a temperatura de congelamento da umidade do pavimento.

**Figura 29. Sensor de Superfície da Estrada**



Fonte: FHWA.

Também estão disponíveis sensores não-intrusivos para as condições do pavimento. Esses sensores são instalados em uma torre acima do solo e emitem micro-ondas ou feixes infravermelhos por meio de um transmissor suspenso. As micro-ondas são refletidas na superfície da água e da estrada se houver umidade presente no pavimento. Um receptor detecta o padrão criado pelos reflexos para computar a espessura e salinidade da película de água. O sensor infravermelho indica a condição da superfície da estrada, além do seu nível de fricção, usando num algoritmo de fricção específico.

### Sensor Subterrâneos

As condições subterrâneas (ex.: temperatura do solo, umidade do solo e ciclos de congelamento e descongelamento) podem ser detectadas com um termômetro de solo ou geotermômetro, que faz medidas a profundidades diferentes. Essas condições caracterizam a transferência de calor entre o solo e o pavimento. Os sensores de temperatura e umidade subterrâneas devem ser instalados a uma profundidade de 30 a 45 centímetros. O local da instalação deve representar bem os sub-níveis da área, incluindo a presença de água, os tipos semelhantes de solo e os bolsos de corpos estranhos.

### Sensor do Nível da Água

Vários sensores hidrológicos detectam os níveis da água em córregos e rios, assim como os níveis das ondas para avaliar riscos de enchente ou maré de tempestade. Os sensores ultrassônicos para o nível de água usam ondas acústicas e de

som para medir a distância entre um transdutor e a superfície da água. Os poços de medida contêm sensores flutuantes para medir o nível da água. O sensor flutuante

geralmente está protegido por um cano ou cilindro, podendo flutuar livremente na água. Os medidores de ondas podem ser usados para medir a maré de tempestade causada por uma tempestade tropical.

**Figura 30. Poço de medida**



Fonte: FHWA.

Esses medidores funcionam de maneira semelhante aos poços de medida, pois medem a altura da maré. Os canos eretos são canos verticais com 3 a 12 polegadas de diâmetro e até 3 metros de altura.

## ***Sensores de Visibilidade e Radiação***

### Sensor de Visibilidade

A visibilidade pode ser reduzida por diversos fenômenos meteorológicos, incluindo neblina, chuva forte, neve suspensa e poeira carregada pelos ventos. A distância da visibilidade pode ser medida diretamente por sensores ou remotamente por câmeras de vídeo. Os objetos suspensos no ar, tais como as gotículas de água que formam a neblina, são capazes de dispersar energia. Os sensores de visibilidade detectam a quantidade de luz emitida e computam as distâncias de visibilidade. Um sensor de difusão adiante tem um projetor que emite um feixe de luz pulsante no formato de cone. Um detector é posicionado em 33 a 70 graus com relação ao eixo do projetor, assim o feixe não cai diretamente na lente do detector. Assim, o detector mede somente a luz dispersa pela neblina ou poeira.

Os sensores de difusão traseira têm projetores e detectores e funcionam de maneira semelhante aos sensores de difusão adiante.

Os sensores de visibilidade devem ser instalados a uma altura de 2 a 3 metros para representar as condições no nível do motorista. Os sensores óticos devem ser instalados para evitar que o sol ou as fontes de luz difusa entrem no elemento receptor.

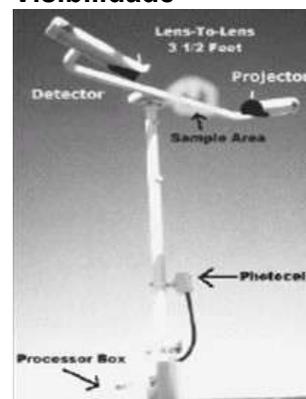
### Câmera

A distância da visibilidade pode ser discernida ao apontar uma câmera de vídeo a um objeto que está a uma distância conhecida, como uma placa de trânsito com feixes piscantes, por exemplo. Quando usada para a medição de visibilidade, a câmera deve ser instalada o mais próximo possível do nível de visão do motorista.

### Sensor de Radiação

Os sensores de radiação solar devem ser instalados a pelo menos 3 metros da superfície para evitar a radiação proveniente das superfícies refletoras, a contaminação de escombros e a sombra de obstruções. Ambas as câmeras visíveis e infravermelhas devem ser instaladas onde for possível obter uma linha de visão desobstruída, sem interferir com o funcionamento de outros sensores.

**Figura 31. Sensor de Visibilidade**



Fonte: FHWA.

## Tecnologias de Veículos Conectados

A tecnologia de veículos conectados se refere àquela que aciona os aplicativos de veículos conectados. O módulo 13 do presente *ePrimer* fala sobre os veículos conectados e seus aplicativos com mais detalhes. A presente seção concentra-se em algumas das tecnologias específicas que tornam possível os aplicativos de veículos conectados. Essas tecnologias aproveitam o potencial transformador das comunicações sem fio para tornar o transporte de superfície mais seguro, inteligente e ambientalmente responsável.

A tendência é inevitável: os veículos conectados são a nova onda de tecnologia de transporte inteligente com o potencial de lidar com até 80% das colisões envolvendo carros sem motoristas debilitados, além de poder diminuir as 4,8 bilhões de horas que os americanos passam no trânsito por ano.<sup>17</sup>

Este vídeo apresenta uma visão geral dos conceito e estilo de vida dos veículos conectados. <https://www.youtube.com/watch?v=fegzbBhEQjY>

O USDOT, em colaboração com a indústria automotiva e outros parceiros, se esforça para alcançar o objetivo de capacitar comunicações em rede e sem fios entre todos os tipos de veículos, além de promover o desenvolvimento e emprego dessas tecnologias por setores privados e públicos.

## **RSE e OBE**

O Equipamento de Beira de Estrada (RSE — Roadside Equipment) representa o componente estático da infraestrutura do veículo conectado. O Equipamento de Bordo (OBE — On-board Equipment) representa o componente de bordo do veículo conectado. O RSE coleta os dados do veículo por meio da comunicação com o OBE complementar do veículo. Ainda não existe uma especificação padrão para os veículos conectados via RSE ou OBE, apesar de já haver várias implantações e demonstrações teste que demonstraram as diversas capacidades de um veículo conectado.

O vídeo abaixo apresenta o conceito do uso de tecnologia de veículos conectados nas intersecções.

[www.its.dot.gov/library/media/3ica\\_dsrc.htm](http://www.its.dot.gov/library/media/3ica_dsrc.htm)

Os sensores montados nos veículos podem detectar a presença e os movimentos dos veículos próximos. Os processadores de bordo podem agrupar as informações do motorista do veículo, tais como velocidade, com as velocidades, os locais e as trajetórias dos veículos próximos a fim de identificar e avisar sobre possíveis perigos. O vídeo abaixo elabora mais esse conceito.

[www.its.dot.gov/library/media/2ivhw.htm](http://www.its.dot.gov/library/media/2ivhw.htm)

O próximo vídeo apresenta vários exemplos de demonstrações reais de veículos conectados. [http://www.youtube.com/watch?v=FLjyW\\_lgszY](http://www.youtube.com/watch?v=FLjyW_lgszY)

O conceito pode até se aplicar aos pedestres. Arizona implantou um projeto teste que conectou os smartphones dos usuários com uma infraestrutura de intersecção para que o sinal para o pedestre atravessar na faixa pudesse ser mostrado dinamicamente nos telefones dos usuários (além de alertas de áudio). Os pedestres podem usar esta interface para solicitar mais alguns segundos para cruzar na faixa.<sup>18</sup>

## **Comunicação Dedicada de Curto Alcance (DSRC — Dedicated Short Range Communications) de 5.9 GHz**

As tecnologias de DSRC foram desenvolvidas especificamente para a comunicação veicular e foram associadas às iniciativas de veículos conectados (e suas predecessoras). Nos Estados Unidos, a DSRC é usada de maneira geral para designar as comunicações na frequência 5.9GHz usando o protocolo de acesso sem fios nos ambientes veiculares (WAVE — Wireless Access in Vehicular Environments) definido no padrão IEEE 1609 e suas partes subsidiárias. Esses protocolos aproveitam os padrões IEEE 802.11 estabelecidos para as redes sem fio Wi-Fi. As mensagens padrão para DSRC são descritos no padrão J2735 da Sociedade de Engenheiros Automotivos (SAE).

Essas normas continuam a evoluir, mas têm proporcionado a base para a maioria das demonstrações de veículos conectados com DSRC.<sup>19</sup>

A DSRC é adequada de maneira única para os aplicativos veiculares móveis que precisam de banda larga alta e baixa latência em comunicações de curto alcance (algumas centenas de metros). A segurança é administrada por meio de um esquema de gestão de certificados que emite certificados novos para cada rádio em intervalos regulares. Os rádios são instalados em veículos e equipamentos às margens da estrada para proporcionar comunicações entre veículos e entre veículos e estruturas. A DSRC ainda é relativamente recente em seu desenvolvimento e vida útil da aplicação. Apesar de não serem empregadas operacionalmente no momento, várias redes pequenas já foram estabelecidas para apoiar o desenvolvimento e teste nos estados de Flórida, Nova Iorque, Califórnia e Michigan.

Teste semelhante estão sendo instalados em Edmonton e em Vancouver, no Canadá. O mais abrangente, em termos de escala e objetivos, é o Piloto de Segurança do USDOT em Ann Arbor, estado de Michigan.

O seguinte vídeo apresenta uma visão geral de como a DSRC pode ser usada para monitorar as condições do trânsito por meio da tecnologia de veículos conectados.

Clique no link para assistir ao vídeo.

[www.its.dot.gov/library/media/1probe.htm](http://www.its.dot.gov/library/media/1probe.htm)

## **Resumo**

A intenção do presente módulo de *ePrimer* é promover a compreensão das diversas tecnologias usadas nos aplicativos de ITS. Os módulos são organizados de maneira a encapsular e agrupar os diversos componentes físicos do ITS para que os tipos diferentes de tecnologias possam ser comparados e compreendidos. Ao combinar a compreensão de um papel específico do componente de ITS com o conhecimento dos pontos fortes e fracos das tecnologias comparáveis que podem desempenhar tal papel, as agências recebem autonomia para tomar decisões com conhecimento de causa ao empregar ITS no futuro.

Também é importante observar que os aplicativos eficazes de ITS são aqueles que começam com objetivos e requisitos claramente definidos. O que geralmente ocorre em ambientes de alta tecnologia, tais como no domínio de ITS, é a tendência de deixar a tecnologia comandar o aplicativo. Ou seja, as agências podem se concentrar demais na combinação das capacidades da tecnologia para atender o problema no transporte, em vez de partir do problema no transporte e permitir que tais requisitos impulsionem a aplicação da tecnologia.

## **Considerações Futuras**

A indústria de ITS está em constante evolução. A presente seção examina alguns dos problemas e das tendências que poderiam tomar forma no futuro do apoio às tecnologias de ITS.

## **Efeito da Tecnologia de Fomento Indireto**

Apesar de muitos aplicativos de ITS envolverem o desempenho de sistemas de direito exclusivo para resolver problemas específicos, oportunidades tremendas foram identificadas por meio da proliferação de avanços tecnológicos em outros setores. A comunicação é um grande exemplo de uma área que se beneficia do efeito de fomento indireto desta tecnologia. As provedoras de serviços celulares continuam aumentando a cobertura da rede, a largura da banda e as velocidades de download.

Esse aumento na cobertura e na taxa de transferência tem tido um grande efeito de habilitação nos aplicativos de ITS AO FORNECER um nível sem precedentes de conexão entre a TMC e os aparelhos de campo. Os controladores de tráfego em intersecções remotas agora podem ser conectadas centralmente a baixo custo. A largura de banda é suficiente para a implantação de câmeras de vídeo portáteis usadas nas áreas de trabalho.

A indústria de segurança e vigilância representa outra área cujos avanços podem ser aproveitados em aplicativos de ITS. As lentes anamórficas, que podem ser encaixadas em qualquer câmera de vídeo, oferecem uma imagem distorcida que captura a visão de 360 graus de uma área simultaneamente. Também está disponível um software capaz de pegar a imagem distorcida e aplainá-la para mostrar as visões simultâneas de todos os lados da câmera. O exemplo a seguir explica os benefícios desse tipo de câmera.

**Figura 32. Aplainamento da Imagem das Lentes Anamórficas**



Fonte: ImmerVision.

A instalação de uma câmera com esse tipo de lente em uma intersecção poderia possibilitar o monitoramento de todas as abordagens de uma só vez. Combine isso aos algoritmos de processamento de imagens em vídeo já existentes e poderemos monitorar completamente uma intersecção com apenas uma câmera. O ITS continuará se beneficiando dos avanços tecnológicos em outras indústrias.

### Novas Fontes de Dados

Outra tendência emergente é a disponibilidade de dados provenientes de fontes não tradicionais. Os telefones celulares e smartphones, por exemplo, oferecem uma vasta quantidade de dados que não estavam disponíveis anteriormente. Conforme abordado em uma seção anterior, as informações sobre o tráfego podem vir dos motoristas que usam seus

celulares dentro do veículo. Com a evolução dessa tecnologia, bastaria os motoristas terem seus celulares por perto, sem usá-los ativamente, a fim de obter dados sobre o trânsito.

Os smartphones representam uma oportunidade única que está apenas começando a ser percebida. Os mecanismos embutidos no smartphone, tais como giroscópios e acelerômetros, poderiam fornecer informações sobre as condições da superfície da estrada. Esses são os mesmos aparelhos usados por agências que aplicam o Índice Internacional de Rugosidade (IRI — International Roughness Index) nos seus programas de gestão de ativos na estrada. As pesquisas apenas começaram a estudar se os smartphones poderiam efetivamente substituir os equipamentos atuais de coleta de dados, que são caros.<sup>20</sup>

As mídias sociais oferecem ao viajante uma riqueza de informações em tempo real e seu potencial ainda não foi aproveitado. Monitorar e interpretar as mídias sociais tornou-se um meganegócio no setor privado de varejo. Provavelmente, esses mesmos conceitos e ferramentas podem ser adotados pelo setor de transporte. As informações vindas de várias fontes por meio das mídias sociais disponíveis podem representar uma oportunidade para aprimorar ou até substituir os sistemas atuais, que são caros.

### Padrões

Os padrões são extremamente importantes no ITS. Os aplicativos de ITS requerem um nível alto de integração entre componentes. Os padrões diminuem a dependência nos fornecedores de equipamentos específicos e software exclusivo personalizado ao fornecer interfaces padronizadas que permitem a integração de vários componentes de diversos fabricantes.

A Comunicação Nacional de Transporte para o Protocolo ITS (NTCIIP — National Transportation Communications for ITS Protocol) é um desses padrões que possibilitam o ITS. A NTCIP é uma família de padrões que oferecem tanto as regras de comunicação (chamadas de "protocolos") e o vocabulário (chamado de "objetos") necessários para permitir que o equipamento eletrônico de controle do tráfego proveniente de fabricantes diferentes funcionem juntos como um único sistema. A NTCIP é o primeiro conjunto de padrões da indústria do transporte que permite que os sistemas de controle de tráfego sejam criados por meio de uma abordagem sortida, com equipamentos de diversos fabricantes. Para garantir a assistência tanto aos fabricantes como à comunidade de usuários, a NTCIP é o resultado da colaboração com a Associação Nacional de Fabricantes Eletrônicos (NEMA — National Electronics Manufacturers Association), a Associação Americana de Estradas Estaduais e Organizações de Transporte (AASHTO — American Association of State Highway and Transportation Officials) e o Instituto de Engenheiros de Transporte (ITE — Institute of Transportation Engineers).<sup>21</sup>

Uma das dificuldades é que esses padrões precisam continuar evoluindo conforme a evolução tecnológica. A velocidade dos processadores e da comunicação de hardware continua aumentando, o que significa que tanto os fabricantes de hardware como as autoridades que estabelecem os padrões precisam se adaptar constantemente para garantir o aproveitamento dos avanços em combinação com a integração.

Outro problema que precisa ser monitorado é o devido cumprimento dos padrões. Geralmente, os aparelhos fabricados de acordo com um padrão específico têm dificuldade para se integrarem a outros aparelhos do mesmo padrão. É preciso compreender que os padrões não são necessariamente perfeitos ou abrangentes. Isso implica um nível maior de testes de integração. Apesar da intenção de aprimorar persistentemente os padrões, as agências deveriam considerar esse problema nas implantações futuras.

## Referências

1. *The Basics of Loop Vehicle Detection [O básico da detecção de circuito de veículo]*, Marsh Products, 2000.
2. *BAS BWB Pre-Detailed Design Report [Relatório de design pré-detalhado de BAS BWB]*, Ministério do Transporte de Ontário, 2011.
3. TIRTL, Coes Pty. Ltd. <http://ceosindustrial.com.au/products/tirtl.htm>
4. LeddarTech, Leddar™: The unique LED Detection And Ranging technology [Tecnologia exclusiva de alcance e detecção por LED]. <http://leddartech.com/en/news/home>.
5. Smith, Brian, et al., *Cell Phone Probes as an ATMS Tool [Sondas celulares como ferramentas de ATMS]*. s.l.: Centro de Estudos em Transporte da Universidade da Virgínia, 2003. UVACTS-15-5-79.
6. BluFAX Concept, Traffax Inc., 2009. [www.traffaxinc.com/content/blufax-concept](http://www.traffaxinc.com/content/blufax-concept)
7. *EE Times*, "How does a GPS tracking system work?" [Como funciona o sistema de rastreamento por GPS?] 2010. [www.eetimes.com/design/communications-design/4210115/How-does-a-GPS-tracking-system-work-](http://www.eetimes.com/design/communications-design/4210115/How-does-a-GPS-tracking-system-work-)
8. Enabling Technologies-How RFID Works [Capacitação das tecnologias: Como funciona a RFID], TransCore, 2013. [www.transcore.com/rfid](http://www.transcore.com/rfid)
9. *A Fiber Primer [Os fundamentos da fibras]*, LYNX Technik Inc. 2011.
10. Mitchell, Bradley, "What is an Ethernet Cable?" [O que é um cabo de Ethernet?] 2013. <http://compnetworking.about.com/od/Ethernet/f/what-is-an-Ethernet-cable.htm>
11. Stewart, F., R. Pylant e R. Baldevia, Jr., *Case Study: Utilizing Ethernet Radios and Communications Processors to Integrate Remote IEDs [Estudo de caso: Uso de rádios de Ethernet e processadores de comunicação para integrar IEDs remotos]*, Município de Minden, LA, Power Connections Inc. e Schweitzer Engineering Laboratories Inc.
12. Vorakitolan, Ekasit, et al., *Exploiting Trunked Radio to Support ITS Network [Exploração do rádio tronco para apoiar a rede de ITS]*, IEEE, 2011.
13. *Wireless Technology Guide [Guia da tecnologia wireless]*, Multi-Tech Systems, 2012.
14. *Communications and Controller Technology Plan [Plano de comunicação e tecnologia de controlador]*, Município de Windsor, Windsor, Ontário, Canadá, 2009.
15. Departamento de Transporte da Flórida. ITS Training Program Module 1 - CCTV Systems [Programa de treinamento em ITS, módulo 1: Sistemas de CCTV]. [www.cis.scu.edu.tw/~chiang/course/Multimedia/its%20training%20program.pdf](http://www.cis.scu.edu.tw/~chiang/course/Multimedia/its%20training%20program.pdf)
16. Agência Federal de Rodovias. Interactive Environmental Sensor Station Page [Página da estação do sensor ambiental interativo], 2011. [http://ops.fhwa.dot.gov/weather/mitigating\\_impacts/interactive\\_ess.htm](http://ops.fhwa.dot.gov/weather/mitigating_impacts/interactive_ess.htm)
17. Associação de Pesquisa e Tecnologia da Inovação. Connected Vehicle Test Bed [Teste de veículos conectados], 2012. [www.its.dot.gov/connected\\_vehicle/dot\\_cvbrochure.htm](http://www.its.dot.gov/connected_vehicle/dot_cvbrochure.htm)
18. Head, L. e F. Saleem, Anthem Connected Vehicle Testbed [Teste de veículos conectados em Anthem], 2012. [www.itsaz.org/sites/2012PDF/A3-%20Anthem%20Connected%20Vehicle%20Test%20Bed-Head,Saleem.pdf](http://www.itsaz.org/sites/2012PDF/A3-%20Anthem%20Connected%20Vehicle%20Test%20Bed-Head,Saleem.pdf)
19. "AASHTO Connected Vehicle Infrastructure Deployment Analysis [Análise da implantação da infraestrutura veicular conectada AASHTO]", Associação de Pesquisa Tecnologia da Inovação, Relatório FHWA-JPO-11-090, 2011.
20. Hanson, Trevor e Cameron, Coady. The potential of smartphone technology to collect road roughness information [O potencial da tecnologia de smartphone na coleta de informações sobre

rugosidade nas estradas]. *Cartaz apresentado durante a reunião anual da Associação de Transporte do Canadá*, Fredericton, New Brunswick, 2012.

21. NTCIP. Background [Informações básicas sobre NTCIP]. Acessado em 4 de abril de 2011. [www.ntcip.org/info/](http://www.ntcip.org/info/)

## Module 9

Page 04	Device to be Triggered by Detector	Aparelho para ser acionado pelo detector
	Detector	Detector
	Loop Extension Cable	Cabo de extensão de ciclo
	Loop	Ciclo
Page 06	Maximum Detection Distance	Distância Máxima de Detecção
	PLAN VIEW	VISUALIZAÇÃO DO PLANO
	ROADWAY	ESTRADA
	Offset	Compensação
	Mounting Height	Altura de montagem
Page 08	AutoSense 618	AutoSense 618
	Mounting height 6.5m	Altura de montagem 6,5 m
	Width cover on ground: 4.1m	Cobertura de largura no chão: 4,1m
Page 10	NB Countyline Rd @ I-55 Ramps - Phase 7	NB Countyline Rd nas rampas da I-55 - Fase 7
Page 13	SENSYS networks	Redes SENSYS
Page 17	Bluetooth Sensors	Sensores Bluetooth
	2 miles	3,5 km
	Time = 8:05:58 AM	Hora = 8:05:58 AM
	Bluetooth Signal	Sinal de bluetooth
	Time = 8:03:26 AM	Hora = 8:05:58 AM
	Travel Time = 2:32 Minutes	Duração do percurso = 2:32 minutos
	Speed = 51.7 MPH	Velocidade = 83 km/h
	Bluetooth signals come from cell phones, PDAs, laptops, GPS, car radios....	Sinais de bluetooth provenientes de telefones celulares, PDAs, computadores portáteis, GPS, rádios em automóveis...
Provisional patent received	Patente provisória recebida	
Page 22	Light Rays	Raios de luz
	Core	Núcleo
	Total Internal Reflection	Reflexão interna total
	Cladding	Revestimento
	Cladding 125µm	Revestimento de 125µm
	Core 8µm	Núcleo de 8µm
	Buffer 250µm	Tampão de 250µm
	Jacket 900µm	Cobertura de 900µm
Page 26	Master	Principal
	Point-to-Point	Ponto a ponto
	Point-to-MultiPoint	Ponto a multiponto
	Point-to-Point w/ Repeater	Ponto a Ponto c/ Repetidor

	Point-to-MultiPoint w/ Repeater	Ponto a multiponto c/ Repetidor
	Slave	Secundário
Page 32	CLICK IT	CLIQUE
	OR TICKET	OU BILHETE
	PLEASE BUCKLE UP	APERTE OS CINTOS
Page 36	29 EXIT 132 4 MIN	29 SAÍDA 132 4 MÍN
Page 36	REDUCE SPEED AHEAD	DIMINUIR VELOCIDADE ADIANTE
Page 41	10 feet Radiation Sensor	3 metros Sensor de Radiação
	5-6.5 feet Temperature Dewpoint Sensor	1,5 a 2 metros Sensor de Temperatura/Ponto de Condensação
	Road Surface, Subsurface, Flooding, Water Level, and Precipitation Accumulation Sensors Located Away from the Tower, Pressure Sensor in RPU	Superfície da estrada, sub-superfície, inundações, nível de água e sensores de acúmulo de precipitação localizados longe da torre, sensor de pressão no RPU
	33 feet Wind Sensor	10 metros Sensores de vento
	Height based on required field of view Camera	Altura com base no campo necessário de visão da câmera
	10 feet Precipitation Sensor	3 metros Sensores de precipitação
	6.5-10 feet Visibility Sensor	2 a 3 metros Sensor de Visibilidade
	3.5 feet Snow Depth Sensor	1 metro Sensor de Profundidade da Neve
Page 47	Detector	Detector
	Processor Box	Caixa processadora
	Lens To Lens 3 1/2 Feet	Lente a lente 1 metro
	Projector	Projektor
	Sample Area	Área de amostra
	Photocell	Fotocélula