

Sistema de Coleta e Disseminação de Dados de Trânsito

Sérgio de Oliveira¹, Fernando A. Teixeira^{1,2}, Daniel F. Macedo²,
André L. L. de Aquino³, David H. S. Lima³, Cristiano M. da Silva^{1,2},
Rone I. da Silva¹, Pedro M. Shiroma¹

¹Campus Alto Paraopeba – Universidade Federal de São João Del Rei
MG 443, Km 7 – 36420-000 – Ouro Branco – MG – Brazil

²Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6627 – Belo Horizonte – MG – Brazil

³Instituto de Computação - Universidade Federal de Alagoas –
Av. Lourival Melo Mota, s/n - Maceió – AL - Brazil

{sergiool, teixeira, rone, cristiano, pshiroma}@ufsj.edu.br,
damacedo@dcc.ufmg.br, alla@ic.ufal.br, dhs.lima@gmail.com

Abstract. *This paper describes a smart traffic system employs wireless communication to collect and disseminate data. The system collects information from several sources and presents them to users. This work includes the use of the data sources, like cameras, RFID, and car tracking equipment. Further, the proposed architecture allows the direct communication between cars, or the dissemination of data by a metropolitan network.*

Resumo. *Este artigo apresenta um sistema de trânsito inteligente que emprega comunicação sem fio para a coleta e disseminação de dados. O sistema obtém informações originadas em fontes diversas e as apresenta ao usuário. O trabalho conta com o uso de fontes de coleta de dados, como câmeras, RFID e equipamentos de rastreamento de veículos. A arquitetura proposta possibilita que os eventos cheguem ao usuário em comunicação direta entre os carros, ou ainda sejam enviados por rede metropolitana.*

URL do sistema (manuais, documentação e aplicação):

<http://www.winet.dcc.ufmg.br/doku.php?id=cia2:home>

1. Descrição e Motivação do Problema Tratado pela Ferramenta

O aumento do número de veículos em circulação e a carência de bons serviços de transporte público têm gerado problemas para a manutenção do trânsito nos grandes centros urbanos. Embora o poder público realize investimentos na ampliação das vias de circulação, os efeitos desta ação podem ser potencializados com a otimização do tráfego nas vias já existentes. Neste sentido, uma alternativa viável é o monitoramento das vias de trânsito conjugada com a disponibilização dos dados obtidos para que os condutores sejam capazes de realizar escolhas sobre o seu trajeto. Assim, motoristas podem optar por vias com melhor fluxo, ou mesmo esperar até que o fluxo das vias melhore antes de seguir para o seu destino.

Este trabalho apresenta um sistema de monitoramento do tráfego que dissemina suas informações, de forma inteligente, aos motoristas. O sistema é composto por

módulos interligados que permitem o fluxo de dados em redes heterogêneas, bem como um aplicativo Android para acesso e consulta aos dados de trânsito. Para atingir este objetivo, diversas tecnologias de comunicação são integradas, dentre elas: i) dispositivos RFID para rastrear os veículos e identificar o fluxo em vias; ii) redes de sensores para identificar eventos diversos como inundações ou danos nas vias; iii) sistemas de navegação para alertar aos motoristas sobre as condições das vias; iv) câmeras para a identificação de eventos e sua disponibilização através da rede metropolitana; v) métodos para a disseminação de informações entre os veículos e dos veículos para a infraestrutura de monitoramento (V2I e V2V).

Esse sistema foi desenvolvido no escopo da meta CDT, Coleta e Disseminação de Dados de Tráfego, parte do projeto (CIA)², Construindo Cidades Inteligentes, da Instrumentação dos Ambientes ao Desenvolvimento de Aplicações, financiado pelo CTIC-RNP, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologias Digitais para Informação e Comunicação da Rede Nacional de Pesquisa.

Este documento encontra-se organizado da seguinte forma: A seção 2 apresenta a arquitetura do sistema. A seção 3 apresenta os módulos de coleta de dados. A seção 4 apresenta o módulo de persistência de dados, enquanto a seção 5 apresenta o módulo de interação com os condutores. A seção 6 apresenta a demonstração a ser realizada no SBRC. A seção 7 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros previstos.

2. Arquitetura do Sistema e Funcionalidades

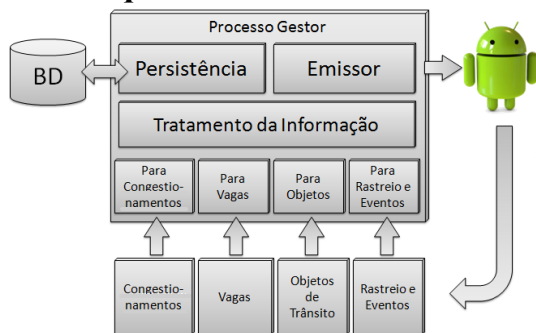


Figura 1 - Arquitetura do sistema

A fim de atender a demanda proposta, foi projetado um sistema com arquitetura em camadas, que permite realizar a comunicação entre uma infraestrutura e veículos ou diretamente entre veículos (Figura 1). A infraestrutura é composta por coletores de informações e um processo gestor que gerencia as informações recebidas e as envia para os motoristas, além de armazená-las para futuras análises. Em caso de contato entre veículos as informações podem ser repassadas

de forma *ad hoc*, evitando eventuais atrasos provocados pela comunicação veículo-gestor-veículo e reduzindo a sobrecarga da rede.

Os módulos de coleta obtêm dados de diversas fontes (câmeras, etiquetas RFID, etc), e enviam dados para a camada superior. Os dados enviados contêm informações sobre o contexto (local, hora e coordenadas geográficas do dispositivo). É possível também receber informações de usuários, que informam pela interface móvel a sua posição, velocidade, que indica o fluxo na sua via, a conclusão de trajetos, e eventos sobre as condições da via como congestionamento, acidentes, animais na pista, etc.

As informações recebidas são pré-processadas por uma camada composta por adaptadores, que garantem o isolamento entre a tecnologia de coleta e a camada de tratamento da informação. A camada de tratamento da informação encapsula os dados pré-processados pelos adaptadores e repassa para a camada de negócio os objetos com informações sobre o trânsito, independentes de tecnologia de redes ou de *hardware*. A camada de negócio analisa o contexto das informações e envia as informações,

acionando o processo emissor. O emissor envia os dados para os motoristas interessados através da infraestrutura de rede metropolitana ou através de rede celular.

A ferramenta inclui, também, a comunicação veículo para veículo. Esse tipo de comunicação é importante, porque a informação demandada pode estar disponível a poucos metros e não disponível, ainda, na rede metropolitana. Ou ainda, é possível que a rede metropolitana não esteja disponível, por falta de recursos de comunicação do equipamento ou ausência de sinal. Por exemplo, um motorista pode informar sobre um acidente ou um animal na pista em uma rodovia e, nesse caso, a melhor forma de fazê-lo é enviar diretamente aos demais veículos.

Inicialmente, realizamos testes com o protocolo 802.11 padronizado para as redes veiculares, com placas adquiridas exatamente para essa finalidade. Os testes indicaram bom alcance e baixo tempo de conexão, facilitando a comunicação *ad hoc* entre os veículos. No entanto, como a ferramenta foi desenvolvida em ambiente Android, focada em *smartphones* e *tablets*, a comunicação *ad-hoc* foi implementada usando o protocolo *WifiDirect*. Esse protocolo tem a vantagem de não exigir conhecimento prévio de endereçamento ou qualquer outra informação sobre o destinatário da mensagem.

3. Módulos de Coleta

Foram desenvolvidos três módulos de coleta de dados, apresentados a seguir. Os módulos são complementares, pois os dados produzidos por eles servem para enriquecer as informações coletadas sobre as vias e sobre o trânsito. Por exemplo, os dados de uma câmera para coleta de congestionamentos podem ser agregados aos dados de contagem de dados fornecidos por uma leitora RFID, de forma a prover uma visão mais precisa da situação do trânsito no momento.

3.1 Módulo de Coleta de Congestionamentos

Em geral os engenheiros de tráfego são responsáveis por definir os intervalos de cada semáforo, o sentido das vias, as restrições de fluxo, dentro outros parâmetros a fim de obter a melhor fluidez do sistema evitando os congestionamentos. Entretanto, tal tarefa só é possível se ele dispuser de dados a respeito do estado das vias para que possa tomar as decisões corretas. Um dos principais dados necessários é o fluxo de veículos. O módulo de coleta de congestionamentos em vias urbanas desenvolvido permite estimar o estado de ocupação de uma via de rolamento.

A estimação do dado utiliza imagens da cena de interesse. Inicialmente, uma imagem é pré-processada utilizando o filtro de *floodfill* de *watershed* (Figura 2a) a fim de obtermos uma classificação de quais pontos pertencem à via e quais não pertencem (Figura 2b). Em seguida, a máscara gerada anteriormente recebe pesos que serão utilizados na contabilidade do estado da via, estes pesos variam inversamente proporcionais à distância da via em relação à câmera (Figura 2c). Este processo é realizado apenas uma vez e a imagem gerada é salva para posterior processamento.

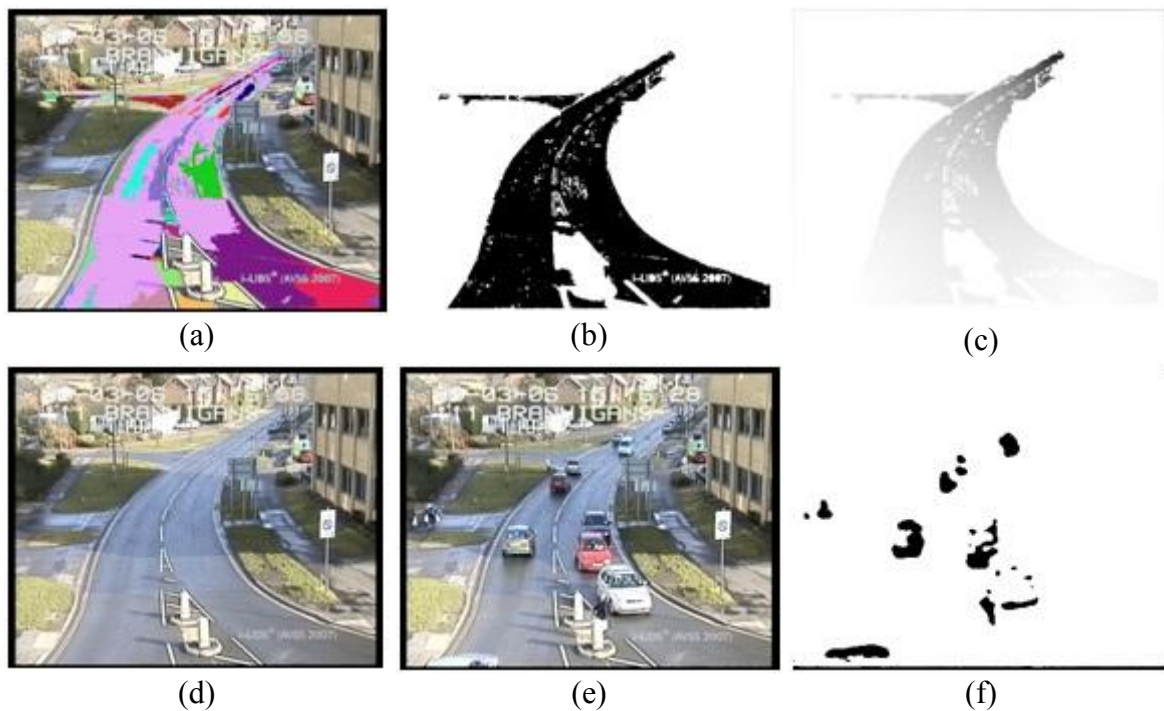


Figura 2 - Imagens de fluxo de carros

Em seguida, utilizamos a subtração de fundo para determinar quais objetos não pertencem à cena (Figura 2f), e retorna uma imagem binarizada onde 0 significa ponto pertencente ao fundo e 1 significa ponto pertencente a um objeto. Cada ponto desta imagem é multiplicado pela máscara com pesos (Figura 2c) e somado, gerando um valor normalizado que reflete o grau de ocupação da via.

3.2. Módulo de Coleta de Vagas de Estacionamento

A localização de vagas utiliza técnicas de visão computacional que são usadas também em diversos tipos de coletas de dados de trânsito. O módulo de coleta de vagas para estacionamento realiza a comunicação com as câmeras e possui como função principal o processamento das imagens obtidas das câmeras para detectar a existência ou não de possíveis vagas de estacionamento.

O fluxo de execução do módulo pode ser visualizado na Figura 3. Quando o usuário desejar localizar uma vaga de estacionamento, ele acessará a interface que enviará uma requisição para o módulo de coleta informando quais os estacionamentos foram selecionados pelo usuário.

Ao receber a requisição, o módulo identifica as câmeras localizadas em cada estacionamento e envia a requisição de uma imagem do momento (*snapshot*), cada câmera capta o *snapshot* do estacionamento e o envia para o módulo que processa as imagens e decide se existem vagas disponíveis nos estacionamentos selecionados.

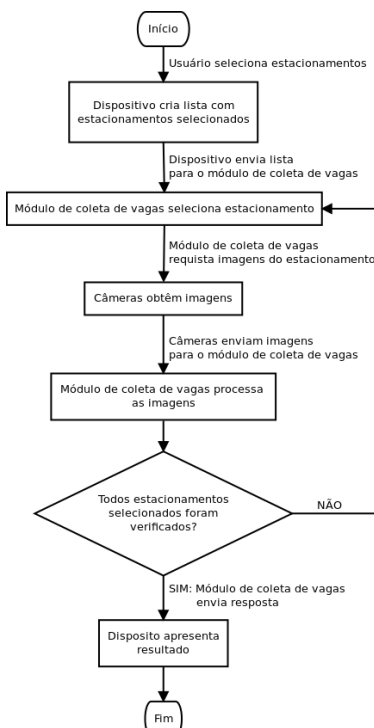


Figura 3 - Fluxo de execução

Foram utilizadas três abordagens na etapa de processamento das imagens. Os resultados obtidos em cada etapa podem ser visualizados na Figura 4. Na Figura, todas as técnicas são aplicadas ao mesmo cenário que possui vaga disponível e em todos os casos nosso sistema infere que possui vaga disponível. A abordagem inicial utiliza apenas duas etapas para o processamento das imagens, a primeira etapa é a subtração da imagem obtida pela requisição do módulo para as câmeras pela imagem do estacionamento vazio (imagem base), a próxima etapa é a binarização da imagem resultante da subtração. A binarização consiste em transformar os valores dos pontos para 0 ou 1 de acordo com um *threshold* escolhido.

A segunda abordagem consiste em realizar uma equalização nas imagens. A equalização tem como objetivo melhorar o contraste da imagem para uma melhor definição das cores primárias, as demais operações são iguais à primeira abordagem.

A terceira abordagem é formada por três etapas e tem a vantagem de não necessitar da imagem base, algo que as abordagens anteriores necessitavam. A primeira etapa é a utilização do operador de *Prewitt* (Prewitt 1970), que tem como objetivo detectar o contorno dos objetos contidos na imagem, o segundo passo é realizar a binarização da imagem obtida do passo anterior. Com a imagem binarizada, podemos observar que existem alguns buracos brancos no interior do objeto, para reduzir este efeito é aplicada uma técnica de dilatação dos pontos na imagem.

Para obtenção do resultado da aplicação das técnicas, foram utilizadas imagens geradas através de um experimento em um estacionamento de pequeno porte. Obtivemos como resultado em ordem crescente de eficácia a primeira, a segunda e a terceira abordagem. A variação da luminosidade no ambiente é um problema encontrado comum a todas as abordagens apresentadas.

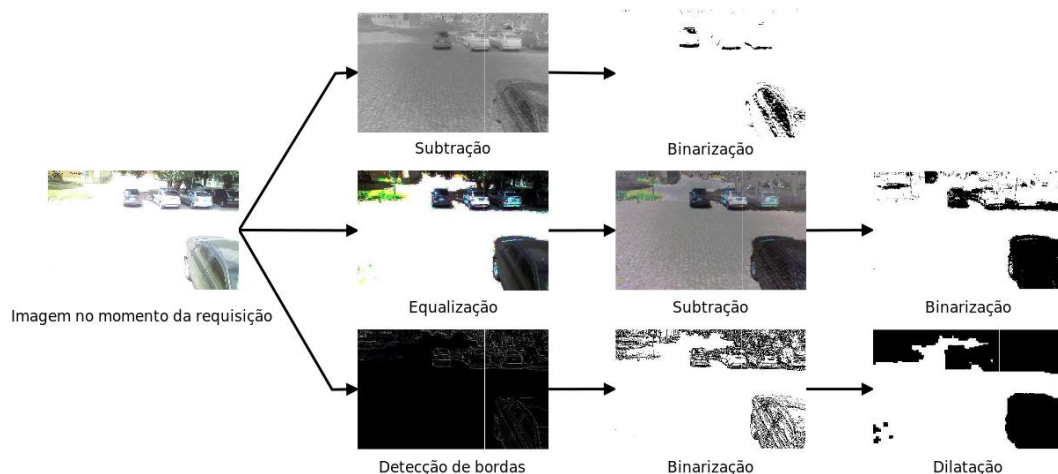


Figura 4: Abordagens de processamento de imagens

3.3. Módulo de Coleta de Objetos de Trânsito

Uma forma barata e escalável de identificar objetos de trânsito é o uso de etiquetas RFID (Sarma et al, 2003). Algumas das etiquetas RFIDs atuais custam poucos centavos de dólares, e podem ser lidas de distâncias que variam de centímetros a metros. Além disso, as etiquetas RFID não necessitam de uma fonte de energia, sendo carregadas por indução. No projeto CIA² empregamos etiquetas para implementar um código de barra eletrônico, de forma a identificar os objetos a serem monitorados. A legislação Brasileira já prevê a incorporação de etiquetas RFID aos carros (SINIAV, 2013), facilitando a implementação em larga escala de tal sistema. Uma vez que os carros possuem etiquetas RFID, realizamos o rastreamento e contagem de veículos.

A contagem de veículos permite aplicações tais como identificação de congestionamentos, controle de vagas em estacionamentos, mensuração de público em eventos, identificação de fluxo de veículos em vias, dentre outras. O rastreamento, por sua vez, permite a identificação de rotas, que serão utilizadas para conhecer os hábitos dos motoristas e assim melhorar o fluxo de veículos. Além disso, o rastreamento permite a identificação de congestionamentos e até mesmo a identificação de infrações por excesso de velocidade (via tempo de passagem entre dois pontos).

Empregamos leitores RFID em sinais e em cancelas, para o controle de vagas em um estacionamento e também para a contagem de veículos nas vias. O leitor RFID identifica a passagem de um veículo pela leitura da etiqueta RFID, e envia esta informação para um banco de dados.

4. Módulo de Persistência

O Módulo de Persistência tem a finalidade de armazenar e disponibilizar para o usuário as principais informações manipuladas pela ferramenta. Cada modulo de coleta por gerar eventos, os quais correspondem a acontecimentos importantes dentro do contexto da aplicação. Este módulo fornece uma visão global sobre o ambiente monitorado e possibilita a integração entre diversas aplicações diferentes.

As informações de cada evento armazenado são compostas por um conjunto de dados específicos do evento, o horário e o local onde ele ocorreu. O local de ocorrência de eventos pode ser um ponto (como a posição de um sensor que coletou uma temperatura), uma linha (como uma via de onde se tem a média de velocidade) ou um polígono (como uma região de onde se tem o número de vagas de estacionamento). Devido às características geográficas das informações a serem armazenadas, optou-se pela utilização de um banco de dados geográfico, o Postgis (Ramsey, 2011). O banco de dados criado segue o modelo apresentado na Figura 5.

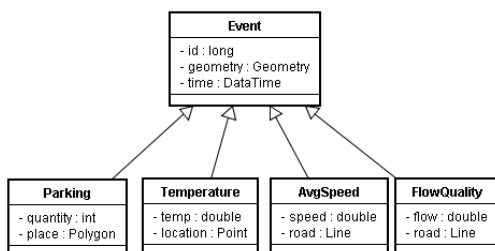


Figura 5: Modelo do banco de dados do Módulo de Integração.

No modelo, *Event* é a superclasse com os atributos comuns a todos os eventos, a qual possui o identificador do evento (*id*), o instante que o evento foi percebido (*time*) e um campo geométrico abstrato (*geometry*). O modelo apresentado contém apenas 4 subclasses (*Parking*, *Temperature*, *AvgSpeed* e *FlowQuality*), as quais representam informações de número de vagas disponíveis

em um estacionamento, temperatura, média de velocidade e qualidade do fluxo em uma via, respectivamente. Cada uma dessas classes possui um campo geométrico que implementa o campo abstrato *geometry* da superclasse *Event*. Como exemplo, temos o campo *place* da classe *Parking*, o qual é um polígono que representa a região geográfica de um estacionamento.

Além do banco de dados, o Módulo de Persistência define uma interface de comunicação com as demais aplicações do projeto. Para isso, utiliza-se objetos JSON (*JavaScript Object Notation*) (JSON, 2013).

5. Módulo de Interação com Condutores

Visando portabilidade e disponibilidade para um maior número de veículos, a interface do sistema foi desenvolvida para o sistema operacional Android 4.0. O módulo de Interação com os Condutores tem diversas telas, para dar acesso às funcionalidades da ferramenta, incluindo: i.

Identificar eventos de trânsito relevantes em sua região ou em uma região de interesse, Figura 6; ii. Incluir um evento de trânsito observado em sua localização; e iii. Localizar vagas de estacionamento, Figura 7.

É possível apresentar os dados de estacionamento, bem como de eventos, integrados ao aplicativo Google Maps, através de API específica. A Figura 6 apresenta essa possibilidade, indicando vagas de estacionamento disponíveis. Poderia apresentar também os eventos de trânsito observados pelo sistema, facilitando, assim, a tomada de decisões sobre qual rota deve ser escolhida.



Figura 6 - Interface de eventos

A tela de inserção de eventos considera a inclusão de um endereço IP de destino, que não é necessário para a comunicação *WiFiDirect*. Essa tela possui botões simples para informar eventos, como animal na pista, acidente ou congestionamento. Esses botões podem ser ajustados conforme o trajeto que está sendo realizado e podem também ser inseridos na tela de navegação. O importante é que essas informações possam ser inseridas sem muito esforço e atenção do motorista.



Figura 7. Telas do cliente

6. Demonstração Planejada para o SBRC

Iremos demonstrar no SBRC o módulo de interação com os condutores, apresentado na seção anterior. Este módulo encontra-se disponível para download no URL do sistema, bem como os manuais de instalação da ferramenta em dispositivos Android.

A primeira demonstração será o controle de um estacionamento. A fim de demonstrar o funcionamento, nove etiquetas RFID serão lidas com o objetivo de

simular a entrada de carros em um estacionamento. Assim que as etiquetas forem sendo lidas pelo sensor, a quantidade de vagas disponíveis no estacionamento deverá diminuir de acordo com a quantidade de etiquetas lidas. Será mostrada na tela do dispositivo Android uma lista contendo o registro dos veículos que atualmente estão estacionados.

Outra demonstração será a comunicação *ad hoc* envolvendo dois dispositivos Android. Iremos demonstrar como dois veículos poderão se comunicar em uma estrada quando não houver cobertura 3G ou Wi-Fi. Demonstrar-se-á essa situação enviando uma mensagem de acidente diretamente para outro Android via *Wi-Fi Direct*.

A visualização das funcionalidades do sistema e a interação das partes do todo serão mostradas via cliente Android, o qual abarcará a demonstração de todo o processamento ocorrido no *middleware* e a comunicação ad hoc.

7. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este artigo apresentou o sistema de coleta e disseminação de dados de tráfego, desenvolvido na meta CDT do projeto (CIA)², financiado pelo CTIC-RNP. A ferramenta tem por objetivo auxiliar os motoristas na solução de problemas de trânsito, identificando elementos de trânsito, como eventos, congestionamentos ou vagas para estacionamento. Sua integração com um sistema de navegação com GPS pode ser interessante para criar um novo modelo para esse tipo de sistema.

Os módulos integrantes dessa ferramenta foram desenvolvidos e integrados para o sistema Android, visando sua utilização em *tablets* e *smartphones*. Outros módulos podem ser desenvolvidos e integrados à aplicação, identificando aspectos importantes do trânsito. A arquitetura usada para a integração permite a disseminação dos eventos pela rede metropolitana, bem como *ad hoc*, em modelo de rede veicular. É possível, ainda, usar pontos de disseminação de dados para as redes veiculares, em pontos estratégicos como semáforos, postos de combustíveis, etc.

Referencias Bibliográficas

- JSON, Introducing** - disponível em <http://www.json.org/>, acesso 18 de fevereiro de 2013
- PREWITT, J. M. S. (1970) “**Object Enhancement and Extraction**” in Picture Processing and Psychopictorics.
- RAMSEY, P. (2011), **Postgis manual 1.5.2**, Reflection Research Corporation, disponível em <http://postgis.net/docs/manual-2.0/>, acesso em 18 de fevereiro de 2013
- SARMAAND, S. E.; Weisand, S. A.; Engels, D. W. - **RFID Systems Security and Privacy Implications** - 4th International Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems, 2003
- SINIAV – **Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos**, disponível em <http://siniav.net>, acesso em 17 de fevereiro de 2013
- TRULLOLS O., Barcelo-Ordinas J. M., Fiore M., Casetti C., Chiasserini C.-F., "A **Max Coverage Formulation for Information Dissemination in Vehicular Networks**", IEEE WiMob, pp.154-160, 2009.