

# Uma Proposta de Arquitetura Orientada a Serviços com Foco em Interoperabilidade entre Sensores para ITS em Cidades Inteligentes

George L. Junior  
Instituto Federal de Sergipe  
(IFS)  
Sergipe, Brazil  
georgeleitejunior@gmail.com

Sérgio A. A. Barbosa  
Faculdade de Administração e Negócios  
de Sergipe (FANESE)  
Sergipe, Brazil  
saabarbosa@gmail.com

Othon S. F. Campos  
Instituto Federal de Paulo Afonso  
(IFBA)  
Sergipe, Brazil  
othonstuart@gmail.com

Michel S. Soares  
Universidade Federal de Sergipe  
(UFS)  
Sergipe, Brazil  
mics.soares@gmail.com

## ABSTRACT

The concept of smart cities has been addressed more consistently in recent decades as an alternative to solve urban social problems, including: mobility. Crowded urban embitter increasing congestion due to the quality of urban roads and public transport inefficiency. Initiatives Intelligent Transport Systems (ITS) act as an efficient solution to improve the functioning and performance of transit systems, reduce congestion, improve the management of parking spaces and increase security for citizens. Thus, this article proposes a service-oriented architecture with a focus on interoperability between sensors for vehicular ITS using mobile networks VANETs in order to feed vehicle information in real time to an open database. Open data and interoperability between systems are increasingly essential for rapid application development with a focus on smart cities.

## CSS Concepts

• Information systems → Data management systems → Middleware for databases → Service buses

## Palavras Chave

Sistemas de Transportes Inteligentes; Arquitetura Orientada a Serviços; Dados Abertos; VANETs

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas dos centros urbanos, nos dias atuais, é a mobilidade. A conectividade inerente às cidades inteligentes abre uma fronteira bastante promissora no que se refere ao controle de acesso às informações [1] [2] e arquiteturas distribuídas para sistema inteligentes de transporte [3].

Um sistema inteligente de transporte (ITS) representa [4] “a aplicação de sensores avançados, computadores, dispositivos eletrônicos e tecnologias de comunicação e gerenciamento

estratégico integrado visando melhorar a segurança e a eficiência do sistema de gerenciamento de tráfego”.

Segundo o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), um dos problemas dos centros urbanos, nos dias atuais, é a mobilidade urbana. Os reflexos sobre o transporte urbano são evidentes, caracterizados principalmente pelo aumento do tráfego nas vias das cidades e consequente aumento das situações de congestionamento [16].

É importante considerar abordagens em arquiteturas de sistemas de software que recebam dados relacionados a informações de georreferenciamento de mobilidade urbana bem como uma alternativa em resolver a falta de padronização dos formatos na retenção dessas fontes de dados.

Dentro desse contexto, este artigo apresenta uma proposta de arquitetura que se utiliza do paradigma *Open Data* e SOA, com a finalidade de proporcionar a criação de uma base de dados abertos e permitir a interoperabilidade entre diversas aplicações para ITS. Estes dados são obtidos por meio de comunicação intra-veículos ou entre veículos e a rodovia através de redes móveis conhecidas como VANETs. As VANETs representam uma grande fonte de dados que pode servir de análise para ajudar a solucionar problemas de mobilidade urbana tais como congestionamento, estacionamento e anti-colisão.

O presente artigo está organizado da seguinte forma: na seção II são descritos os trabalhos relacionados aos temas deste estudo, na seção III é feito um referencial teórico onde estão descritos os conceitos e definições relevantes, na seção IV são mostradas as informações sobre a arquitetura proposta ITS, e por fim na seção V é apresentada a conclusão desse estudo, bem como os possíveis trabalhos futuros que poderão ser realizados.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Herrera-Quintero, Luis Felipe et al, [12] utilizam as tecnologias WSN (*Wireless Sensor Networks*) e SOA para criação de uma aplicação de ITS. A aplicação consiste na localização de vagas desocupadas de um estacionamento na universidade de Alicante (Espanha). Os autores mencionam que SOA tem sido utilizada para

integração de informações em centrais de tráfego, bem como na integração de serviços em transportes públicos e ressaltam que ambas as tecnologias foram apresentadas como soluções adequadas para ITS. A combinação destas tecnologias obteve melhores resultados com relação à segurança sendo possível a utilização em outras aplicações de ITS como gestão de tráfego, transportes públicos e gerenciamento de frotas.

Diniz, Silva e Gama [5] propõem uma arquitetura de referência, utilizando componentes de prateleira (*off-the-shelves*), que implementa uma plataforma de *middleware* para soluções de *Crowdsensing* em cidades inteligentes. A solução proposta tem como características: ser configurável para vários domínios, utilizar processamento de eventos complexos para análise de dados em tempo real, integrar sensores através de serviços (implementando SOA, através de *webservices RESTful* utilizando o JSON) e de mensagens assíncronas (utilizando arquitetura orientada a eventos - EDA), bem como também da utilização de sensores humanos através do uso de *crowdsensing*. Eles construíram uma aplicação *Android* de registro de acidentes de trânsito de bicicleta para a realização de experimentos no intuito de verificar a resistência e estabilidade da abordagem proposta, e após os testes realizados concluíram que os resultados foram satisfatórios. No entanto, este trabalho depende exclusivamente do compartilhamento de dados através de um aplicativo participativo, que envolve a população na coleta de informações.

Li [1] projeta um sistema de TIS (*Travel Information Service*) distribuído baseado em SOA que permite a provedores de serviços (empresas de ônibus, metrô, trem, postos de gasolina) compartilhar e reter seus próprios recursos na plataforma. Este sistema consiste em quatro partes: viajante, plataforma integrada, registro TIS e o provedor de serviço. O viajante não mais solicitará as informações aos provedores de serviço diretamente, e sim para a plataforma integrada. A plataforma é responsável pela identificação de necessidade do usuário para transformá-la em um determinado tipo de serviço para atender a demanda do viajante. Em seguida, a plataforma irá invocar os serviços apropriados e sintetizar os resultados de resposta para o viajante. Foi realizada uma simulação solicitando um serviço na cidade de

Pequim. Esta abordagem possui como foco apenas os serviços públicos de transporte.

Bravo et al. [15], apresentou uma abordagem para superar os desafios das limitações derivadas da mobilidade dos veículos e permitir sua colaboração emulando uma infraestrutura de nós virtuais. Foi proposta e demonstrada uma arquitetura com os principais procedimentos juntamente com os resultados de simulações do modelo de serviço *vehicular cloud computing* (VCC) conhecida como Rede como Serviço (NAAS). Este trabalho permitiu a visualização de uma rede confiável de nós virtuais estacionários, resultante da colaboração de veículos em movimento.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 ITS – Sistemas de Transportes Inteligentes

ITS visam dar suporte a várias situações cotidianas relacionadas à mobilidade urbana, através da utilização de tecnologias e da interoperabilidade entre os sistemas de comunicação, transmissão de dados e conectividade.

A sua eficiência no monitoramento e agilidade na distribuição das informações, são essenciais para que os resultados, no que se refere à otimização dos sistemas de transporte, sejam sentidos pela população em geral que está inserida nesse cenário que como resultado permite uma melhor gestão do sistema de transporte urbano [2] [4].

O ITS [4] pode ser subdividido em seis áreas avançadas de gestão: Sistema Avançado de Gestão de Tráfego, Sistemas Avançados de Informação para Viajantes, Sistemas Avançados de Transportes Públicos, Sistemas de Operação de Veículos Comerciais, Sistemas Avançados de Controle de Veículos, Sistema de Coleta Eletrônica de Pedágio. Todos esses subsistemas têm como objetivo atuar de forma direcionada e específica sobre subáreas do gerenciamento de transporte, buscando garantir a eficiência e qualidade da mobilidade urbana.

#### 3.2 Arquitetura Orientada a Serviços

Na literatura existem várias definições sobre arquitetura orientada a serviços (SOA). No contexto desse trabalho, SOA é definido como um

paradigma de arquitetura de software e também de infraestrutura de TI que auxilia e facilita a interoperabilidade de dados e aplicações distribuídas, nas mais diversas tecnologias [6]. Serviços são atividades para executar processos de negócios, definidos como reutilizáveis e independentes que encapsulam funcionalidades que geram valor para quem os utilizam [6]. Os serviços são disponibilizados no componente *Enterprise Service Bus* (ESB), onde através dele é possível conectar serviços e aplicações que irão consumi-los.

Existem vários benefícios na utilização deste paradigma. Dentre eles temos [6]:

- Baixo acoplamento;
- Contratos de serviço bem definido;
- Abstração do serviço;
- Autonomia, reutilização e composição;
- Facilidade de ser encontrado.

Os tipos de serviço a serem disponibilizados irão depender dos requisitos das aplicações e de suas tecnologias. Os mais comuns são [6]: *Webservices* e *Representational State Transfer* (REST).

#### 3.3 Dados Abertos

Segundo a *Open Definition* [7], dados abertos são dados que podem ser livremente utilizados, reutilizados e redistribuídos por qualquer pessoa - sujeitos, no máximo, à exigência de atribuição à fonte original e compartilhamento pelas mesmas licenças em que as informações foram apresentadas. Ou seja, a abertura de dados está interessada em evitar um mecanismo de controle e restrições sobre os dados que forem publicados, permitindo que tanto pessoas físicas quanto jurídicas possam explorar estes dados de forma livre. Sob esta perspectiva, a definição do termo dados abertos apresenta três normas fundamentais [8]:

##### 3.3.1 Disponibilidade e acesso

Os dados devem estar disponíveis como um todo, preferencialmente possíveis de serem baixados pela Internet. Os dados devem também estar disponíveis de uma forma conveniente para os diversos propósitos.

### 3.3.2 Reuso e redistribuição

Os dados devem ser fornecidos sob termos que permitam a reutilização e a redistribuição, inclusive a combinação com outros conjuntos de dados.

### 3.3.3 Participação universal

Todos devem ser capazes de usar, reutilizar e redistribuir - não deve haver discriminação contra áreas de atuação ou contra pessoas ou grupos.

A partir do momento que há um movimento de abrir dados, onde as três normas fundamentais supracitadas são respeitadas, é possível que diferentes organizações e sistemas possam trabalhar de forma colaborativa. Isto ocorre devido à capacidade destas organizações e sistemas em interoperar os dados que foram abertos, ampliando assim a comunicação e potencializando o desenvolvimento eficiente de sistemas complexos [9].

Ojo et al. [10] relaciona cidades inteligentes com dados abertos. Esta relação é realizada através de dados especializados (transporte, educação, saúde, etc) e ecossistemas dinâmicos, enquanto dados abertos impactam em cidades inteligentes quando há impacto de domínio e dados abertos governamentais.

## 3.4 VANETs - Vehicular Ad Hoc Networks

As VANETs que usam veículos como nós móveis são uma subclasse de rede móveis *ad hoc* chamadas de MANETs, elas fornecem comunicação entre os veículos próximos e entre veículos e equipamentos à beira da rodovia. Os nós numa rede VANET são muito mais dinâmicos, pois os veículos possuem velocidade e direção variável. A alta mobilidade dos nós conduz a uma topologia de rede dinâmica caracterizada pela constante perda de comunicação [11] [13].

As comunicações em VANETs são categorizadas em 4 tipos [11]:

- Em veículos: pode ser utilizado para detectar a fadiga e/ou sonolência de um motorista que representa risco na segurança;
- Entre veículos: a comunicação V2V (veículo para veículo) pode fornecer uma plataforma de intercâmbio de dados para compartilhamento de informações de advertência de modo a alertar o motorista;

- Entre veículos e rodovia (V2I): permite atualização em tempo real do tráfego e fornece detecção e monitoramento do ambiente;
- Entre veículo e nuvem: os veículos podem comunicar-se através da banda larga sem fio tais como 3G, 4G ou WIMAX podendo enviar dados para uma central, o que permitiria um controle mais abrangente do tráfego e assistência ao motorista.

As VANETs apresentam algumas vantagens como segurança, eficiência e conforto. A sua utilização pode ser aplicada na mobilidade urbana para detecção de congestionamento, detecção de condições da estrada, detecção de acidentes, detecção de semáforos, detecção de desaceleração do tráfego, auxílio aos veículos de emergência, fiscalização, pedágios, assistência, entretenimento [13].

## 4. PROPOSTA DA ARQUITETURA

### 4.1 Visão Geral

As VANETs coletam informações de vários sensores que podem ser agrupadas e tratadas para fornecer importantes fontes de informação sobre mobilidade urbana.

A arquitetura proposta tem como objetivo permitir a interoperabilidade entre sistemas de forma automatizada e gerenciável cujo objetivo é tornar possível a entrada de dados georreferenciados através de VANETs em uma base aberta. A arquitetura prevê o recebimento e retenção dessas informações, através de utilização da abordagem SOA, utilizando métodos de entrada, disponibilizados por *Webservices RESTful* (Figura 1 (a)) que se encontra disponíveis no catálogo de serviços através do *middleware Enterprise Service Bus* (ESB).

Diante desse cenário, a proposta de arquitetura recebe dados enviados por veículos e unidade de sensores instalados nas rodovias antes do processo de armazenamento da base de dados. Para esse efeito, alguns requisitos devem ser observados na construção dessa proposta de arquitetura: consolidar apenas os dados que são relevantes à mobilidade urbana, criar a estrutura para armazenar dados de georreferenciamento e o processo de ofuscar a identidade do elemento georreferenciado.

O primeiro requisito tem como objetivo a definição do mecanismo de captura dos dados relevantes à mobilidade urbana, desconsiderando dados que não estão relacionados a esse contexto.

O segundo requisito consiste em criar uma base de dados capaz de armazenar informações relacionadas à mobilidade urbana, a fim de permitir a consolidação dessas informações para futura disponibilização de acesso em uma base de dados aberta.

O último requisito compreende a atividade correspondente ao processo de ofuscagem da identidade do elemento georreferenciado a ser inserido. O objetivo é garantir a privacidade dos dados evitando a identificação do objeto correspondente àquela coordenada. Para isso, será utilizado um algoritmo de conversão baseado em mecanismos de criptografia *Message-Digest algorithm 5 (MD5 Hash Generator)* que será aplicado sobre os identificadores informados na recepção dos dados. Este passo se faz necessário por questão de privacidade em função de que nem todas as informações que circulam nas redes móveis veiculares são oriundas apenas de órgãos públicos.

## 4.2 A Arquitetura

O projeto arquitetural da plataforma é descrito em 2 módulos: módulo *Back-End* (Figura 1) e o módulo *Front-End* (Figura 5).

No módulo *Back-End*, a API de serviços *RESTful* (Figura 1 (a)), encontra-se disponível através de um barramento que coordena o acesso aos serviços síncronos de *Request/Response* sobre a base *Smart Cities Open Data* (Figura 1 (b)). Este barramento possui dois serviços web (*web services*) denominados: *sendInfra2Cloud* e *sendVehicle2Cloud*. O primeiro serviço, *sendInfra2Cloud*, é responsável por receber os dados de tráfego que serão enviados pelos equipamentos instalados nas rodovias, tais como: identificação do equipamento, fluxo e densidade. O segundo serviço, *sendVehicle2Cloud*, será utilizado para receber os dados de georreferenciamento diretamente dos veículos: identificação do veículo,

latitude, longitude, altitude, velocidade e tipo do veículo.

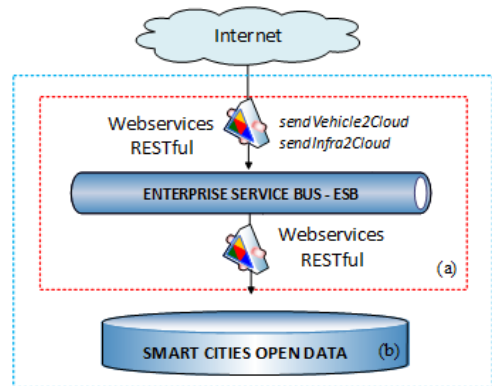


Figura 1: Arquitetura Proposta (Back-End)

A Figura 2 define o funcionamento do fluxo de recebimento e armazenamento dos dados dentro do barramento ESB. O processo é iniciado com a requisição em *ITSService Infra2Cloud* (Figura 2(1)), na qual os parâmetros são representados pelo componente *Request* (Figura 2 (2)) e transmitidos para o *Data Verification Class* (Figura 2(3)), que realiza uma validação. Se todas as informações validadas estiverem corretas, serão inseridas na base de dados (Figura 2(4)) e o resultado do processo é indicado através do *Result* (Figura 2(5)).

O fluxo do segundo serviço (Figura 3), *ITSService Vehicle2Cloud*, segue a mesma estrutura do primeiro com leve mudança na implementação para realizar a operação de ofuscamento da identificação do veículo através do componente *Overshadowing*

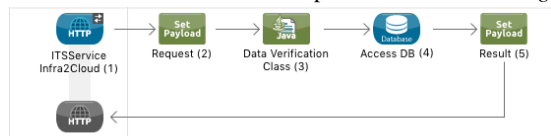
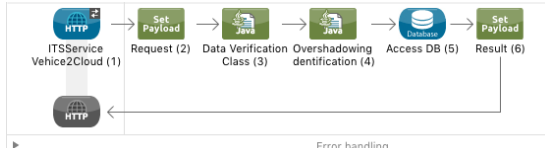


Figura 2: Fluxo de recebimento e armazenamento dos dados enviados pelos equipamentos nas rodovias.

*Identification* (Figura 3 (4)).

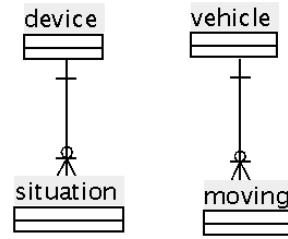
No fluxo *ITSInfra2Cloud*, a classe *TrafficDataVerification* Figura 3(3), realiza uma pequena validação dos parâmetros de entrada recebidos pelos equipamentos da rodovia e constrói o objeto *TrafficData* Figura 3(4) que será repassado para o componente de conexão o qual fará a



**Figura 3: Fluxo de recebimento e armazenamento dos dados enviados pelos veículos nas rodovias.**

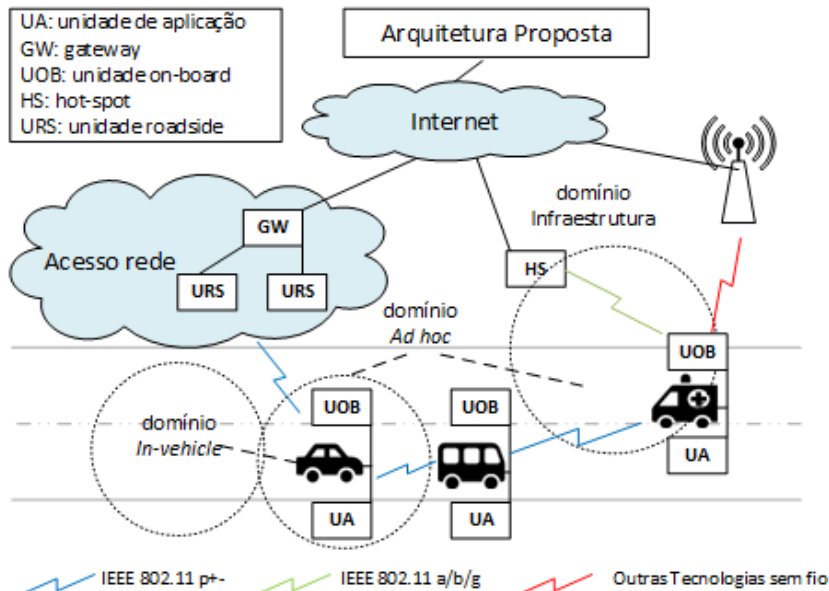
inserção na base de dados. O mesmo ocorre com o fluxo *ITSVehicle2Cloud*, através da utilização da classe *DriveVehicle*.

A estrutura em banco de dados para armazenamento das informações (Figura 4), é composta por 4 tabelas, sendo a tabela *device* responsável por armazenar a identificação do equipamento URS, a sua geolocalização e o tipo de equipamento; a tabela *situation* possui o papel de conter as informações temporais relacionados ao tráfego sendo composta por densidade, fluxo e horário. A tabela *vehicle* armazena dados estáticos dos veículos e a tabela *moving* as posições de geolocalização.



**Figura 4: D.E.R. Lógico para armazenamento.**

O módulo *Front-End* (Figura 5) mostra um resumo de como a comunicação entre veículos, rodovias e middleware será realizada. Inicialmente, os veículos realizam uma troca de mensagens com outros veículos através dos equipamentos UOB utilizando *wireless 802.11p* com objetivo de trocar informações entre eles. Veículos também podem comunicar-se diretamente com a internet com o uso dos HS, através de rede WIMAX, 3G, 4G ou outras tecnologias wireless, e consequentemente, enviar seus dados de georreferenciamento para a arquitetura com a chamada do serviço *ITSService Vehicle2Cloud*. Outra comunicação poderá ser realizada entre os veículos e infra-estrutura (URS), através de sensores espalhados pelas rodovias. Estes sensores podem estar localizados em ponto de ônibus, semáforos, radares, entre outros. O objetivo é colher informações sobre o trânsito



**Figura 5: Forma de comunicação entre veículos, rodovia e internet [14] (Front-End)**

através da análise dos dados fornecidos pelos veículos. A tecnologia utilizada para esta comunicação é a mesma utilizada entre veículos. A partir da coleta dos dados do tráfego, fluxo, densidade e identificação do equipamento, realizada pelas URSs, as informações serão enviadas para a arquitetura proposta.

## 5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Cidades Inteligentes é uma área, bastante abrangente, que vem sendo estudada pelo meio acadêmico o que evidencia o seu estado da arte. Por conta disso, este trabalho propõe uma arquitetura para coleta de informações referente à mobilidade urbana, através do uso da tecnologia VANETs na modalidade V2V e V2I. Os dados coletados devem ser armazenados, de forma automatizada, em uma base aberta, de forma que permita criar novas aplicações no futuro. Pensando nisso, a proposta de arquitetura tem objetivo de fornecer subsídios para que cidades, que tenham foco em ITS, possam seguir na construção de serviços web com função de receber dados sobre georreferenciamento e de tráfego de forma simples e rápida.

Existem algumas possibilidades de trabalhos futuros a partir desse estudo. Entre eles: sistemas inteligentes de estacionamento através da análise das posições geográficas identificando vagas disponíveis; sistema de gerenciamento de tráfego para prever possíveis áreas de congestionamentos; análise de eficiência do sistema de transporte coletivo de forma que permita uma melhor distribuição da frota sobre as rotas; passagem livre para veículos oficiais do governo visando notificar previamente aos veículos e semáforos que estejam na mesma rota; utilização de taxonomias com o intuito de catalogar e distribuir os serviços relacionados ao domínio da mobilidade urbana e ITS.

## 6. REFERENCIAS

[1] Li, Chunyan. "Travel Information Service system for public travel based on SOA." Service Operations and Logistics and Informatics (SOLI), 2010 IEEE International Conference on. IEEE, 2010.

[2] Zhu, Ting, and Zhiyuan Liu. "Intelligent Transport Systems in China: Past, Present and

Future." Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA), 2015 Seventh International Conference on. IEEE, 2015.

[3] Ice, R. C., et al. REGIONAL ITS ARCHITECTURE GUIDANCE: DEVELOPING, USING, AND MAINTAINING AN ITS ARCHITECTURE FOR YOUR REGION. No. FHWA-OP-02-024,. 2001.

[4] Nasim, Robayet, and Andreas Kassler. "Distributed architectures for intelligent transport systems: A survey." Network Cloud Computing and Applications (NCCA), 2012 Second Symposium on. IEEE, 2012.

[5] H. B. M. Diniz and E. C. G. F. Silva and K. S. da Gama, "Uma Arquitetura de Referência para Plataforma de Crowdsensing em SmartCities", in *XI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, Goiânia, 2015, pp. 87–94. Available: <http://www.inf.ufg.br/sbsi2015/sites/portal.inf.ufg.br/sbsi2015/files/SBSI2015-Anais-Tracks-pag-001-259.pdf>.

[6] Li, Chunyan. "Travel Information Service system for public travel based on SOA." Service Operations and Logistics and Informatics (SOLI), 2010 IEEE International Conference on. IEEE, 2010.

[7] E. Froelian and G. Sandhaus, "Conception of implementing a Service Oriented Architecture (SOA) in a legacy environment", *ildSchriftenreiheLogistikforschung*, no. 27, Oct. 2012. Available: <http://hdl.handle.net/10419/74777>.

[8] Mobility and Transport, "Intelligent Transport Systems" The URL for ITS application areas is [http://ec.europa.eu/transport/its/road/application\\_areas/application\\_areas\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/its/road/application_areas/application_areas_en.htm).

[9] Ezell, Stephen. "Intelligent transportation systems." The Information Technology & Innovation Foundation 34 (2010)..

[10] OPEN DEFINITION. The Open Definition. [Online] 2015. Disponível em: <http://opendefinition.org/>. Acesso: 05 Maio, 2015.

[11] Draft International Standard ISO/DIS 14813-1.2: Intelligent transport systems — Reference model architecture(s) for the ITS sector.

[12] Herrera-Quintero, Luis Felipe, et al. "Wireless Sensor Networks and Service-

Oriented Architecture, as suitable approaches to be applied into ITS." Telematics and Information Systems (EATIS), 2012 6th Euro American Conference on. IEEE, 2012.

- [13] Jakub Jakubiak and Yevgeni Koucheryavy, "State of the art and research challenges for VANETs", Proceedings of the 5th annual IEEE CCNC, 2008, pp.912-916.
- [14] Wenshuang Liang, Zhuorong Li, Hongyang Zhang, Shenling Wang, and Rongfang Bie, "Vehicular Ad Hoc Networks: Architectures, Research Issues, Methodologies, Challenges, and Trends," International Journal of Distributed Sensor Networks, vol. 2015, Article ID 745303, 11 pages, 2015. doi:10.1155/2015/745303.
- [15] Bravo, Torres J.F., Ordonez, Morales E.F. ; Lopez, Nores M. ; Blanco, Fernandez Y. ; Pazos, Arias J.J. Virtualization in VANETs to Support The Cloud – Experiments with the Network as a Service Model. Future Generation Communication Technology (FGCT), 2014 Third International Conference on. 2014. Pages: 1 - 6, doi: 10.1109/FGCT.2014.6933225.
- [16] Carvalho, C. H. R. F., Furtado, B. A., Cruz, B. O., Pereira, R., Morais, M. P.. Mobilidade urbana e posse de veículos: análise da PNAD 2009. Comunicados do IPEA, 2010.