

Ambiente de Simulação para a Plataforma I9VANET

Renisson Machado¹, Marta Valéria do Rosário¹, George Leite Junior¹

¹Instituto Federal de Sergipe (IFS)
Caixa Postal – 49.400-000 – Lagarto – SE – Brazil

{renisson1, marttavaleria}@gmail.com, george.junior@ifs.edu.br

Abstract. *The urban mobility of large cities has faced several problems, such as: inefficiency of public transport, major congestion, pollution, among others. In this way, vehicular networks, also known as VANETs, have emerged as a possible solution to improve urban mobility. Therefore, the present work discusses the construction of a simulation platform for cloud vehicular networks, called I9SIMVANET, based on the I9VANET platform. Through comparative analyzes using metrics taken from scientific works and experimental procedures, such as simulations of transits with different quantities of vehicles, it was possible to list some limitations of the analyzed simulators, as well as to construct a framework for the implementation of new resources, and to verify the Effectiveness of the platform in simulating vehicular networks.*

Resumo. *A mobilidade urbana das grandes cidades tem enfrentado diversos problemas, tais como: ineficiência dos transportes públicos, grandes congestionamentos, poluição, dentre outros. Dessa forma, as redes veiculares, também conhecidas como VANETs, surgiram com a proposta de solucionar os principais problemas da mobilidade urbana. Sendo assim, o presente trabalho discute a construção de uma plataforma de simulação para redes veiculares em nuvem, denominada I9SIMVANET, utilizando como base a plataforma I9VANET. Por meio de análises comparativas utilizando métricas retiradas de trabalhos científicos e procedimentos experimentais, tais como simulações de trânsitos com diferentes quantidades de veículos, foi possível listar algumas limitações dos simuladores analisados, bem como construir um arcabouço para a implementação de novos recursos, além de comprovar a efetividade da plataforma em simular redes veiculares.*

1. Introdução

Nos últimos anos a quantidade de veículos vendidos tem aumentado exponencialmente no Brasil, isso trouxe algumas consequências, como, por exemplo, o aumento no número de acidentes e da poluição nas grandes cidades. Para tentar solucionar esses problemas, pesquisadores vem trabalhando a fim de melhorar as condições de trânsito nas cidades. Para auxiliar no trânsito, ecossistema, no bem-estar social, etc., foi criado o termo chamado *Smart City*, ou seja, Cidade Inteligente.

Cidades inteligentes é o termo que refere-se à modalidade do planejamento e gestão inteligente de cidades. O conceito é visto por Glaeser e Berry (2006) como algo associado à atração de capital humano. Entretanto, o termo "cidades inteligentes" tem estado, cada vez mais, relacionado ao emprego eficiente de Tecnologias de Informação e

Comunicação (TICs) como uma ferramenta para melhorar a infraestrutura e serviços da cidade, conseqüentemente trazendo melhor qualidade de vida.

A aplicação de tecnologia nas cidades também exige um aumento da necessidade de coletar, transportar, armazenar e processar informações que auxiliem a monitorar as condições de trânsito, os acidentes, entre outros.

As redes de computadores são o principal meio de propagação de informação na atualidade, tornando-se quase que indispensável para a evolução das cidades inteligentes. Logo, a implantação de sistemas inteligentes, como o ITS (Sistemas Inteligentes de Transportes), realiza uma grande quantidade de troca de informações.

Segundo Pereira (2007, p. 4), os Sistemas Inteligentes de Transportes propõem o aprimoramento do uso da infraestrutura de transportes, devido o aumento comprovado da mobilidade urbana, através de aplicações em diferentes áreas de atuação, utilizando as redes de computadores, a evolução dos equipamentos portáteis e conceitos como as redes veiculares Ad-Hoc, mais conhecidas como VANET (Vehicular Ad-Hoc Networks), podem vir a emergir.

As redes veiculares permitem a comunicação entre os veículos e entre veículos e infraestruturas. Essas infraestruturas geralmente ficam localizadas às margens das vias, e tem como principal função propagar comunicação. Na rede Ad-Hoc, a comunicação é realizada diretamente entre veículos (V2V - *Vehicle-to-Vehicle*), e entre veículos e infraestruturas (V2X - *Vehicle-to-Infrastructure*). Porém, as características específicas do ambiente veicular trazem uma série de desafios para a implantação desta tecnologia [Soares et al. 2016]. Por esse motivo, a utilização de simuladores que proporcionam uma análise preliminar dos aspectos de VANETs é instigador, já que esses simuladores são em geral simples, fáceis e baratos e devem simular as redes veiculares por meio de geração de movimentações dos veículos e troca de mensagens entre os componentes da rede.

De acordo com Zeadally et al. (2010, p. 17), implantar e testar VANETs pode ser uma tarefa complexa e onerosa, pois testes de campo tem custos elevados devido a ampla quantidade de veículos necessários e adaptação em circunstâncias de trânsito real, além de exigir uma extensa fase de testes. Isso torna o uso de simuladores veiculares cada vez mais atraente.

Os simuladores para VANETs são softwares que devem simular as redes veiculares por meio de geração de movimentações dos veículos e troca de mensagens entre os componentes da rede. Nos últimos anos, uma série de simuladores para VANETs têm eclodido. Dessa forma, é possível encontrar três tipos de simuladores desenvolvidos: a) Simuladores de mobilidade: ambientes de software que geram o movimento do veículo em arquivos de rastreamento; b) Simuladores de rede: usada para testar o desempenho de protocolos de rede; c) Simuladores Integrados: integra o simulador de tráfego e o simulador de rede.

Dentre os três tipos de simuladores, o simulador de mobilidade ganha destaque, por ser capaz de reproduzir o tráfego de veículos em centros urbanos se utilizando juntamente com a arquitetura de rede. A arquitetura de rede utilizada em conjunto na simulação deste trabalho é a plataforma I9VANET, na qual possui a responsabilidade de criar redes veiculares virtuais em nuvem para armazenar informações e prover comunicação entre os envolvidos na rede veicular com o uso da nuvem de computadores

[George Leite Junior 2016]. Ou seja, as informações não são trocadas diretamente entre os veículos ou estruturas espalhadas pelas vias, mas centralizadas em nuvem e enviadas para cada veículo ou estrutura envolvida na rede veicular.

Um simulador de VANET é comumente formado pela junção de um simulador de rede com um simulador de mobilidade, sendo que estes funcionam de forma independente. Todavia, para uma simulação completa de uma rede veicular é importante utilizá-los em conjunto. Destarte, conforme explica Hassan (2009, p. 2), a grande maioria dos simuladores apresentam falhas de comunicação entre esses componentes, já que originalmente não foram desenvolvidos singularmente para VANETs.

Contudo, com a inexistência de um simulador para a plataforma I9VANET, o presente artigo expõe o desenvolvimento de uma plataforma para simulação de redes veiculares, denominada I9SIMVANET, capaz de realizar simulações, utilizando a plataforma I9VANET, com o propósito de dirimir as limitações dos simuladores atuais.

O artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2, são apresentados alguns trabalhos relacionados, expondo alguns dos principais simuladores existentes; na Seção 3, é apresentado a arquitetura do simulador I9SIMVANET, bem como suas características; na Seção 4, é realizada uma avaliação da plataforma proposta, e o resultado das mesmas; e a conclusão e trabalhos futuros na Seção 5.

2. Trabalhos Relacionados

Ao pesquisar sobre trabalhos relacionados, foram identificados artigos que exteriorizam resultados de análises sobre simuladores de redes veiculares e expõe suas características positivas e negativas, possíveis falhas e adversidades encontradas durante a análise, além de contextualizar sobre VANETs e seus princípios de rede.

Matos (2013), traz a aplicação de algoritmos criptográficos assimétricos nas redes veiculares, onde foi contextualizado os simuladores e a sua importância levando em consideração a dificuldade em testar redes veiculares. Também foi realizada uma análise de alguns simuladores VANETs a fim de descobrir o melhor simulador disponível para realizar os testes dos algoritmos criptográficos.

Mittal e Choudhary (2014) chegaram a um maior nível de aprofundamento analítico, ao realizar análises técnicas dos principais simuladores VANETs, onde é levado em consideração seu desempenho, disponibilidade de exemplos, usabilidade, tipos de arquivos suportados, entre outros.

O artigo elaborado por Munera *et al.* (2011) que detalha a análise sobre os simuladores de redes veiculares, levando em consideração o desempenho e tempo de execução, suporte a simulações de rede, número de nós suportados, tipos dos cenários, dentre outros.

2.1. Análise dos simuladores

Este subtópico propõe uma análise qualitativa de alguns simuladores existentes atualmente no mercado que são aplicados para redes veiculares Ad-Hoc, a fim de discriminar seus pontos positivos e negativos. A Tabela 1 realiza uma comparação qualitativa de vários geradores de mobilidade veicular como VanetMobiSim, SUMO, MOVE, FreeSim e Citymob em relação a várias métricas, e não há um simulador se quer que satisfaça totalmente todas as métricas.

Tabela 1. Comparação das métricas de geradores de mobilidade

Métricas	Vanet MobiSim	SUMO	MOVE	Free SIM	City mob	I9SIM VA- NET
Portabilidade	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Gratuito	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Código Livre	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Console	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Interface Gráfica	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Exemplos Dis- poníveis	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Fácil Uso	Moderado	Difícil	Moderado	Fácil	Fácil	Fácil
Mapa Definido Pelo Usuário	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Sup. Rastrea- mento NS-2	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sup. QualNet	Sim	Não	Sim	Não	Não	SIM
Sup. Rastre- amento baseado XML	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Imp. Vários Formatos	SIM	Sim	Sim	Não	Não	SIM
Suporte SDN	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Visualização Distribuída	Não	Não	Não	Não	Não	Sim

Tanto o FreeSim quanto o Citymob apresentam boas características de *software*, mas esses simuladores têm uma funcionalidade limitada. Os simuladores SUMO, MOVE, VanetMobiSim e I9SIMVANET têm alguns bons recursos como portabilidade, código fonte aberto, console baseado em interface gráfica, grande número de exemplos disponíveis, facilidade de configuração e facilidade de uso.

Apesar do VanetMobiSim suportar nativamente arquivos de rastreamento, o I9SIMVANET permite estender suas funcionalidades ampliando o suporte a novos arquivos de rastreamento sem a necessidade de alterar o código fonte, basta estender os objetos dando novas funcionalidades.

Com relação á SDN (Software Defined Network ou Rede Definida por Software), apenas os simuladores I9SIMVANET, SUMO e MOVE fornecem suporte. Todavia, o SUMO e o MOVE tem suporte apenas utilizando o simulador de rede OMNET++, já o I9SIMVANET utiliza a plataforma I9VANET.

3. Plataforma I9SIMVANET

O I9SIMVANET é uma plataforma extensível de simulação de tráfego para redes veiculares, cujo objetivo é criar redes veiculares virtuais em nuvem e receber parâmetros de

geolocalização para realizar simulações de veículos. Por definição, ela é extensível por ter um arcabouço preparado para receber novas implementações que podem dar suporte a novos modelos de mobilidade e a novos simuladores de rede, além de contar com arquivos de configurações que são facilmente customizáveis, para facilitar a simulação das redes veiculares.

A arquitetura do I9SIMVANET tem o intuito de proporcionar a simulação de tráfego nas redes veiculares virtuais em nuvem, auxiliando alguns dos desafios encontrados para avaliar e implantar redes veiculares, tais como: custo elevado, interferências tecnológicas, complexidade de implantação, entre outros.

3.1. Plataforma I9VANET

O I9VANET é uma plataforma que tem a finalidade de criar redes veiculares virtuais em nuvem, com o propósito de auxiliar a solução dos desafios que rodeiam as VANETs. Esses desafios são oriundos de problemas ocasionados pela alta e baixa densidade, alta mobilidade, segurança e privacidade.

Segundo Leite Junior (2017, p.58), a arquitetura do I9VANET consiste em um modelo aberto, flexível e extensível, dividido em módulos com funções bem definidas. Cada módulo possui funcionalidades específicas e comportamentos bem definidos, sendo possível estender suas operações ou até mesmo substituí-las de maneira que atenda às novas necessidades.

Os módulos são divididos em: *Applications, Server Management Cloud, Routing between Nodes, Security OBU/RSU, Infra Cloud Communication* e *Vehicle-Cloud Communication* e possuem características distintas e únicas. Os módulos podem ser visualizados na Figura 1.

Em suma, a plataforma I9VANET permite montar uma rede veicular em nuvem e realizar todo o gerenciamento e comunicação de maneira virtual, possibilitando a criação de ambientes flexíveis, capazes de oferecer o gerenciamento de uma rede veicular como serviço (VaaS).

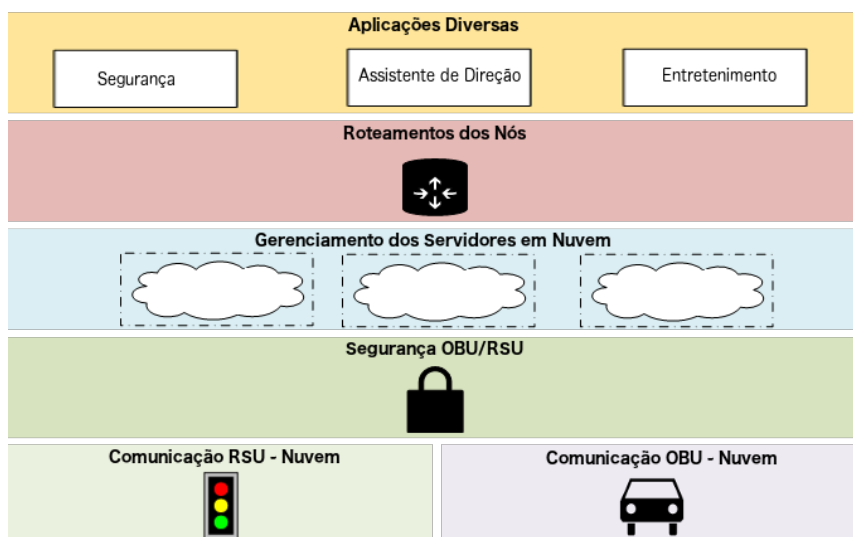


Figura 1. Módulos necessários para arquitetura I9VANETs.

3.2. Arquitetura do I9SIMVANET

Conforme citado anteriormente, a arquitetura consiste em um modelo aberto e flexível com suporte a implementação de novos modelos de mobilidade e a utilização de outros simuladores de redes, como: NS-2, NS-3, QualNet, entre outros. Essa capacidade de implementação de novos conceitos torna a arquitetura flexível, adaptável e permite aumentar a empregabilidade do simulador nas redes veiculares.

O I9SIMVANET faz uso do módulo de aplicação da plataforma I9VANET, estendendo e implementando classes do módulo para estabelecer comunicação entre as duas plataformas. A comunicação com a plataforma I9VANET é estabelecida utilizando a tecnologia de *WebScket*, que permite uma comunicação bidirecional por canais *full-duplex* sobre um único canal de comunicação. A utilização dessa tecnologia permite diminuir o tempo na troca de mensagens em uma comunicação ponto a ponto. Na Figura 2 é apresentado um diagrama de funcionamento da plataforma.

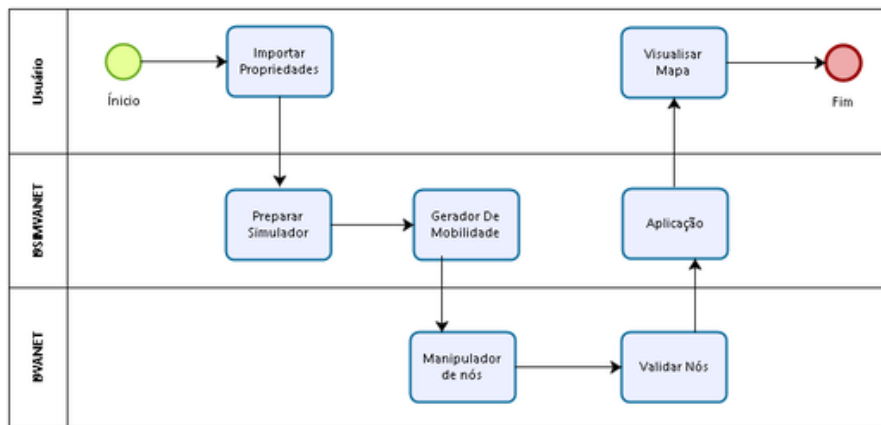


Figura 2. Fluxo de comunicação entre Usuário, I9SIMVANET e I9VANET.

3.2.1. Gerador de Mobilidade

O gerador de mobilidade é utilizado para criar traços de movimentação de veículos e assim aumentar o realismo na simulação VANET. O gerador de mobilidade da plataforma I9SIMVANET é responsável por criar os veículos e gerenciar suas movimentações.

A criação dos veículos e suas movimentações são obtidas utilizando arquivos estáticos que contêm uma grande quantidade de veículos e suas respectivas movimentações. No momento que é solicitado um novo veículo, o gerador contido no módulo de mobilidade fica encarregado de sortear e carregar as informações do mesmo. Em seguida, é aberto um canal *full-duplex* de comunicação com a plataforma I9VANET para criação e validação do veículo na rede. As informações trocadas são interpretadas pelo simulador, e os veículos podem finalmente ser plotados no mapa para visualização do usuário.

Os arquivos de movimentações utilizados na criação dos veículos foram elaborados baseando-se em movimentações reais retiradas de uma empresa de táxi com 102 carros, durante um período de 12 meses, o que totaliza cerca de 12 milhões de

movimentações. Essas informações foram coletadas e agrupadas por veículos, criando, assim, vários arquivos identificados por numerações e separados por movimentações individuais de cada veículo. Essa coleta de informações permite chegar a um nível elevado de realismo na simulação dos veículos.

O I9SIMVANET foi construído usufruindo de tecnologias utilizadas atualmente por desenvolvedores de *software*, por exemplo, tecnologias como: Google Maps V3.0, JavaScript CS5, JavaServer Faces (JSF), PrimeFaces, JAVA 8.1, JQuery, Ajax e PostgreSQL 9.4.

4. Avaliação

Esta seção visa avaliar a plataforma desenvolvida, denominada I9SIMVANET, por meio de métricas colhidas de trabalhos científicos e de simulações realizadas, com a finalidade de constatar a capacidade de simulação de redes veiculares da plataforma aqui apresentada.

O processo de avaliação se iniciou a partir da análise de alguns simuladores encontrados atualmente no mercado. A contar dessa análise e de métricas extraídas de outros trabalhos científicos, foi possível realizar uma comparação entre os simuladores existentes e a plataforma I9SIMVANET. Algumas das métricas utilizadas foram: portabilidade, código livre, interface gráfica, fácil instalação, fácil uso, etc.

A etapa seguinte teve início com a realização de simulações de redes veiculares utilizando a plataformas desenvolvida, onde nessas simulações foram utilizadas diferentes quantidades de veículos, tamanhos de cenários e rotas.

O ambiente proposto para avaliação consiste em simulações de veículos na cidade de Aracaju-Sergipe-Brasil, representando uma área de 174 Km^2 , onde os veículos realizarão as movimentações.

Todo o ambiente de simulação foi montado utilizando duas máquinas físicas e uma virtual. O servidor responsável por executar as plataformas I9SIMVANET e I9VANET foi formado por uma máquina física, com processador core I7, 8 *Gigabytes* de memória *RAM* e sistema operacional Windows 10 Pro. O servidor de banco de dados utilizado estava situado em uma máquina virtual com 1 núcleo de processamento, 1 *Gigabyte* de memória *RAM* e sistema operacional *Linux Ubuntu Server* 16.04. Já o cliente responsável por executar a simulação no navegador possui a seguinte configuração: processador AMD Phenom x6, 6 *Gigabytes* de memória *RAM* e sistema operacional Windows 10 Pro.

4.1. Experimento

Conforme mencionado na Seção 4, o experimento foi dividido em duas etapas. A primeira etapa teve a finalidade de qualificar e comparar a plataforma I9SIMVANET, mediante métricas coletadas de trabalhos científicos que aferem simuladores presentes no mercado.

Na segunda etapa, foram realizadas 07 (sete) simulações com diferentes quantidades de veículos, coordenadas geográficas, direções de movimentação e com 15 (quinze) minutos de duração. Foram realizados o monitoramento e o registro em log da quantidade de movimentações realizadas pelos veículos.

As máquinas foram ligadas em rede local, via cabo de rede, com velocidades de até 100 MB. O navegador utilizado na “máquina cliente” foi o Google Chrome, versão 58,

por ser bastante utilizado. A quantidade de veículos simulados iniciou em 50 (cinquenta) e teve sua quantidade dobrada a cada simulação realizada, chegando a um número máximo de 3200 veículos simulados.

Conforme já mencionado, o cenário utilizado nas simulações foi a cidade de Aracaju-Sergipe-Brasil, com área de 174 Km^2 , onde o tipo de terreno varia entre perímetros urbanos, rodovias e até estradas não pavimentadas. A velocidade de cada veículo era variante, devido ao descrito nos arquivos de movimentações da plataforma, e o tempo de intervalo de cada movimentação dos veículos foi definido em 10 (dez) segundos.

4.2. Análise dos Resultados

De acordo com a Tabela 1, apresentada na Seção 2.1, a plataforma I9SIMVANET cumpre com praticamente todas as métricas utilizadas, sendo prejudicada apenas na indisponibilidade de um console, porém possui fácil instalação, já que se trata de uma aplicação WEB, e por esse motivo não há necessidade de instalação, sendo de fácil uso, pois conta com interface gráfica simples e de fácil manuseio, além de ter suporte a NS-2 e outros simuladores de rede, uma vez que sua arquitetura tem estrutura para implementação de novos recursos. Também há métricas em que a plataforma I9SIMVANET se destacou frente aos outros simuladores, como o suporte a SDN (Software Defined Networking-Based) e o suporte a visualização distribuída, podendo separar o módulo de exibição em diferentes máquinas, fazendo com que cada visualizador mostre uma parte do mapa.

Durante as sete simulações realizadas, a plataforma obteve bons resultados e conseguiu atingir um limite de até 3200 veículos simulados. Esse foi o número máximo suportado pelo ambiente de testes, sendo necessário potencializar computacionalmente as máquinas envolvidas.

Nas simulações, foram registradas as movimentações realizadas pelos veículos para aferir a qualidade da simulação e mensurar quantas movimentações foram realizadas com o tempo e a quantidade de veículos determinados, com transmissão a cada 10 (dez) segundos de intervalo entre cada movimentação.

Analisando a Tabela 2, é possível notar que além do aumento do número de veículos simulados e do número total de movimentações geradas pelos mesmos, existe um aumento que varia entre 1 a 1,5 por cento no número de movimentações a cada simulação. Esse aumento se dá por conta que o tempo gasto para criar um novo veículo é maior do que simplesmente movimentá-lo, visto que o processo de criação de redes, distribuição de nós e suas validações são executadas pela plataforma I9VANET. Então, quando existe uma grande quantidade de veículos criados de uma única vez, sobra mais tempo para realizar simulações.

Na sétima simulação, onde foram simulados 3200 veículos, a máquina responsável por executar ambas as plataformas obteve picos de processamento e memória, que definiu o limite máximo da simulação para a infraestrutura montada, sendo possível obter travamentos e lentidão por parte do servidor se o número da simulação fosse elevado à 6400 veículos.

Tabela 2. Resultado das simulações realizadas.

Simulação	Duração	Quantidade de Veículos	Tamanho cenário	Intervalo	Total Movimentações
1°	15 min	50	174Km ²	10 Seg	4.153
2°	15 min	100	174Km ²	10 Seg	8.432
3°	15 min	200	174Km ²	10 Seg	17.059
4°	15 min	400	174Km ²	10 Seg	34.256
5°	15 min	800	174Km ²	10 Seg	68.878
6°	15 min	1600	174Km ²	10 Seg	138.169
7°	15 min	3200	174Km ²	10 Seg	277.317

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

No presente artigo, abordou-se de forma geral sobre um tema que nos últimos anos tem ganhado destaque no meio acadêmico, que são as redes veiculares. Sendo assim, o presente estudo definiu um modelo de plataforma de simulação para redes veiculares denominada I9SIMVANET, como também a avaliação de outros simuladores existentes no mercado e da própria plataforma em ênfase no estudo.

Como principais contribuições do trabalho, é possível afirmar que o modelo proposto permite simular redes veiculares, com visualização distribuída, suporte a SDN, interface gráfica, rede veicular em nuvem, arquivo de configuração, exemplos reais de movimentações, além de ser uma aplicação WEB, fazendo com que não seja necessária a instalação por parte do usuário, e contar com uma interface simples e de fácil uso. A plataforma dispõe de um arcabouço preparado para implementação de novos recursos, tais como, outros simuladores de rede e modelos de mobilidade. Isso permite a utilização de simuladores, bem conhecidos pela comunidade como NS-2, NS-3 e QualNet.

Entretanto, apesar da plataforma I9SIMVANET realizar simulações de rede veicular, vale ressaltar que quaisquer novos recursos adicionais devem ser implementados pelos desenvolvedores utilizando as interfaces e classes abstratas definidas pela arquitetura.

Um fato significativo que deve ser apresentado, é a dependência da plataforma I9SIMVANET em relação a um simulador de rede para gerir mobilidade e efetivar a simulação, sendo obrigatória a utilização de um simulador de rede em conjunto à plataforma para realizar simulações.

Na avaliação da plataforma I9SIMVANET, foram coletados dados de trabalhos científicos, as análises de alguns simuladores existentes atualmente no mercado e métricas de validação dos mesmos. Com essas informações, foi possível realizar uma comparação entre os simuladores existentes e a plataforma I9SIMVANET. Em seguida, foram realizadas 07 (sete) simulações com diferentes quantidades de veículos e tamanhos de cenários, mensurando assim a funcionalidade da plataforma.

Nos testes de simulação, o número máximo de veículos simulados simultaneamente foi de 3.200 veículos, visto que após esse valor a infraestrutura utilizada para realização do experimento mostrou inícios de lentidão, sendo assim necessário alterar os computadores utilizados nos testes por outros com maior poder computacional, a fim de elevar a quantidade de veículos simulados.

Os resultados e contribuições apresentados presente artigo criam oportunidades para trabalhos futuros tais como: por implementação de novos simuladores de rede, implementação de novos modelos de mobilidade, ampliação dos recursos de inteligência para o gerador de mobilidade, inclusão de simulação de semáforos inteligentes e outros tipos de dispositivos, implementação de novos tipos de veículos para simulação, ampliação das funcionalidades da interface gráfica para permitir criação de veículos de forma dinâmica, além de criar um gerador de ocorrências mostrando um maior realismo tais como: buracos, acidentes, pane em semáforos, entre outros.

Referências

- George Leite Junior, Nascimento, R. P. d. M. D. D. J. d. (2016). Modelo de uma arquitetura de software para virtualizacao de uma rede veicular.
- Glaeser, E. L. and Berry, C. R. (2006). Why are smart places getting smarter. *Rappaport Institute/Taubman Center Policy Brief*, 2.
- Hassan, A. (2009). Vanet simulation.
- Matos, L. B. C. d. et al. (2013). Análise de desempenho de algoritmos criptográficos assimétricos em uma rede veicular (vanet).
- Mittal, N. M. and Choudhary, S. (2014). Comparative study of simulators for vehicular ad-hoc networks (vanets). *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Website: www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, ISO 9001: 2008 Certified Journal, Volume 4, Issue 4)*.
- Munera, J., Fuentes, J. M. d., and González-Tablas, A. I. (2011). Towards a comparable evaluation for vanet protocols: Ns-2 experiments builder assistant and extensible test bed.
- PEREIRA, W. (2007). *O Uso de Sistemas Inteligentes para o Aumento da Eficácia do Transporte Público por Ônibus: O Sistema de Bilhetagem Eletrônica*. PhD thesis, Dissertação de mestrado-Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Rio de Janeiro.
- Soares, R., Galeno, S., and Soares, A. (2016). Simulação de redes veiculares. pages 19 – 43.
- Zeadally, S., Hunt, R., Chen, Y.-S., Irwin, A., and Hassan, A. (2012). Vehicular ad hoc networks (vanets): status, results, and challenges. *Telecommunication Systems*, 50(4):217–241.