

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA
CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
INE5660 – PROJETOS II**

**Um Estudo Sobre os Desafios dos Ambientes de Simulação de
Redes Veiculares WAVE.**

DIOGO SILVA BACH

FLORIANÓPOLIS, 2018

2018/2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA
CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

**Um Estudo Sobre os Desafios dos Ambientes de Simulação de
Redes Veiculares WAVE**

Diogo Silva Bach
09238010

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Sistemas de Informação do
Centro Tecnológico da Universidade Federal
de Santa Catarina como requisito parcial para
a obtenção do Título de Bacharel em
Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. PhD. Mario Antônio
Ribeiro Dantas.

Florianópolis, novembro de 2018

DIOGO SILVA BACH

Um Estudo Sobre os Desafios dos Ambientes de Simulação de Redes Veiculares WAVE

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Sistemas de Informação e aprovado em sua forma final pela Coordenação do Curso de Sistemas de Informação.

Florianópolis, 22 de novembro de 2018.

Prof. Dr. Cristian Koliver
Coordenador do Curso

Prof. Mário Antônio Ribeiro Dantas, Ph.D.
Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Banca Examinadora:

Prof. Elder Rizzon dos Santos, Dr
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Fabiane Barreto Vavassori Benitti, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais, que mesmo em meio a grandes dificuldades me suportaram nas horas mais difíceis.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus. Gostaria de agradecer também o meu professor e orientador Mário Dantas, que sempre se apresentou disponível e atencioso quando solicitado, e sempre me guiando de forma séria e com palavras de animo ao longo deste trabalho.

Não posso deixar de agradecer a minha mãe Nadia Silva e meu pai Dionísio Bach, pois sempre estiveram me apoiando, mesmo em meio a grandes aversões familiares.

Agradeço também ao meu amigo Franco Umilio que participou de muitos momentos, me dando muita força para seguir em frente e trocando conhecimentos para elaboração dos experimentos.

Para finalizar, não poderia deixar de agradecer aos meus amigos do Punto Clube, que de certa forma, apoiaram e ajudaram neste trabalho.

A fé é a expectativa certa de coisas esperadas, a demonstração evidente de realidades embora não observadas.

Apostolo Paulo.

Lista de Figuras

Figura 1 - Arquiteturas das redes veiculares.....	18
Figura 2 - Cobertura das redes sem fio.	22
Figura 3 - Topologia em estrela.	22
Figura 4 - Topologia em árvore.....	23
Figura 5 - Topologia em malha.	24
Figura 6 - Frequências em GHz para aplicações.....	27
Figura 7 - Pilha de protocolos WAVE. [Alves et al, 2009]	27
Figura 8 - Organização plana.	29
Figura 9 - Organização hierárquica.	30
Figura 10 - Notificações em situações de emergência.	32
Figura 11 - Veículos autônomos das empresas UBER(E) e Google(D).	39
Figura 12 - Classificação níveis de autonomia veicular.	40
Figura 13 - Simuladores isolados ou separados.	42
Figura 14 - Simuladores integrados ou embutidos.	43
Figura 15 - Simuladores federados.....	43
Figura 16 - Interface do serviço OpenStreetMap.....	45
Figura 17 - Processo de exportação manual.	46
Figura 19 - Arquitetura do TraCI.....	48
Figura 20 - Arquitetura do Veins.....	50
Figura 21 - Figura alto nível ambiente.....	52
Figura 22 - Área selecionada.	54
Figura 24 - Mapa após a conversão dos polígonos.....	56
Figura 25 - Gráfico com legenda de dados do nodo [26].	60
Figura 26 - Alteração da rota dos nodos.....	60
Figura 27 - Alteração da rota do nodo [20] instante de tempo 110s.....	61
Figura 28 - Variação da aceleração do nodo[3].	62
Figura 29 - Momento do envio de mensagem do nodo[3], comunicando sobre um acidente.	63
Figura 30 - Gráfico de emissões de Co2 do nodo [26] e [3].....	64
Figura 31 - Pacotes BSM Cenário Baixo (50 veículos).	65
Figura 32 - Pacotes BSM Cenário Leve (150 veículos).	66
Figura 33 - Pacotes BSM Cenário Normal (400 veículos).	66
Figura 34 - Pacotes BSM Cenário Elevado (1000 veículos).	67
Figura 35 - Gráfico de velocidade do nodo [26] e [3].	68
Figura 36 – Gráfico de Médias Velocidades por cenário (m/s).	69
Figura 37 - Limites mínimos e máximos (m/s).	70
Figura 38 - Emissão de Co2 médias e totais (m3).	70
Figura 39 - Distancias percorridas médias e totais (m).....	71
Figura 38 - Resultado após sequência de passos 1 a 6.....	85

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Lista de Autores de aplicações VANETs. (adaptado).....	25
Tabela 2 - Relação entre padrões e numero de utilização nos trabalhos.	26
Tabela 3 - Lista de simuladores recomendados para VANETs. (adaptado).....	44
Tabela 4 - Quadro de simulações do cenário.	53
Tabela 5 - Taxas de recebimentos, envios e perdas de pacotes por cenários.....	64
Tabela 6 - Médias e Totais de Pacotes BSM por Cenários.....	65
Tabela 7 - Médias e Totais de Pacotes WSM.	67
Tabela 8 - Médias Velocidade por cenário (m/s).	68
Tabela 9 - Limites mínimos e máximos (m/s).	69

Sumário

Agradecimentos.....	5
Lista de Figuras	7
Lista de Tabelas.....	8
Resumo.....	11
Abstract.....	12
1. Introdução	13
1.1. Objetivo Geral.....	15
1.2. Objetivos Específicos.....	15
1.3. Escopo do Trabalho	16
1.4. Metodologia	16
2. Redes Veiculares.....	17
2.1. Redes Veiculares	17
2.2. Comunicação Sem Fio em Redes Veiculares	20
2.2.1. Redes Sem fio	21
2.2.2. Topologia em Estrela	22
2.2.3. Topologia Árvore	23
2.2.4. Topologia em Malha	23
2.2.5. Móveis Ad-Hoc	24
2.2.6. IEEE 802.11 e WAVE	24
2.2.7. Propagação de Mensagens e Comunicação	29
2.3. Aplicações de Vanets.....	30
2.3.1. Segurança no Trânsito.....	31
2.3.2. Assistência ao condutor.....	33
2.3.3. Informação de entretenimento.....	33
2.4. Desafios em VANETs.....	34
2.4.1. Endereçamento.....	34
2.4.2. Simulação	35
2.4.3. Transporte	36
2.4.4. Segurança.....	37
2.4.5. Massa critica	38
2.4.6. Autônomos.....	39
3. Ambientes de Simulação.....	41
3.1. Aspectos e importância dos simuladores.....	41

3.2.	Estrutura de simuladores VANET.....	42
3.3.	Ferramentas para simulação VANET.....	44
3.4.	OpenStreetMap.....	45
3.5.	SUMO.....	46
3.6.	OMNeT++.....	48
3.7.	Veins.....	49
3.8.	Considerações.....	51
4.	Proposta WAVE-QoS.....	52
4.1.	Identificação do cenário.....	53
4.2.	Infraestrutura do cenário.....	54
4.3.	Correlação dos cenários e desafios.....	57
4.4.	Considerações.....	58
5.	Ambiente e Resultados Experimentais.....	59
5.1.	Gráficos no OMNeT++.....	59
5.2.	Coleta pacotes de rede.....	64
5.3.	Coleta de dados de mobilidade.....	67
5.4.	Considerações.....	71
6.	Conclusões e Trabalhos Futuros.....	73
	Referências.....	75
	APÊNDICE A.....	80

Resumo

As VANETs (Vehicular Ad Hoc Networks), são ambientes de rede que permitem a troca de informações entre veículos (comunicação V2V – Vehicle-to-Vehicle) e entre veículos e infra-estruturas localizadas às margens das vias (comunicação V2I - Vehicle-to-Infrastructure). Existem desafios na comunicação entre veículos em virtude da alta mobilidade dos nodos, mudanças constantes na topologia da rede, redes densas que ocasionam altas taxas de perdas de pacotes por congestionamento na rede que dificultam a disseminação de informações. Para as aplicações de VANETs, podemos citar entre eles o de segurança em divulgar rapidamente as informações para o condutor e sistemas de compartilhamento de conteúdo de mídia.

Uso de simuladores busca reproduzir situações de tráfego e de infraestrutura de comunicação em ambiente computacional produzindo modelos para que forneça informações e resultados em arquivos de log para melhor estudo comparado ao ambiente real.

A proposta desse trabalho foi realizar a preparação de um ambiente de simulação e cenário real para uso da arquitetura WAVE e avaliar os critérios do ponto de vista de qualidade do serviço (QoS). Dessa forma, a proposta foi capaz de identificar principais pontos da área de simulação e da arquitetura, segundo o alinhamento dos desafios de endereçamento, transporte e simulação obtendo resultados experimentais satisfatórios, do ponto de vista de QoS, sobre os dados das coletas realizadas nos cenários de simulação bem como as configurações desses ambientes.

Palavras-chave: VANETs, 80211.p, WAVE, desafios, aplicações, troca de mensagens, ad-hoc network, Comunicação entre veículos, simuladores, ITS, redes veiculares.

Abstract

VANETs (Vehicular Ad Hoc Networks) are network environments that allow the exchange of information between vehicles (V2V - Vehicle-to-Vehicle communication) and between vehicles and infrastructures located along the roadsides (V2I - Vehicle-to - Infrastructure). There are challenges in the communication between vehicles due to the high mobility of the nodes, constant changes in the topology of the network, dense networks that cause high rates of packet losses due to congestion in the network that hinder the dissemination of information. For VANETs applications, we can cite among them the security in quickly disseminating information to the driver and media content sharing systems.

Simulator use seeks to reproduce traffic and communication infrastructure situations in a computational environment producing models to provide information and results in log files for better study compared to the real environment.

The purpose of this work was to prepare a simulation environment and real scenario to use the WAVE architecture and to evaluate the quality of service (QoS) criteria. In this way, the proposal was able to identify the main points of the simulation area and the architecture, according to the alignment of the addressing, transport and simulation challenges, obtaining satisfactory experimental results from the QoS point of view on the data collected in the scenarios as well as the settings of these environments.

Key words: VANETs, 80211.p, WAVE, challenges, applications, message exchange, ad-hoc network, Communication between vehicles, simulators, ITS, vehicular networks.

1. Introdução

Anualmente, cada vez mais são incrementados os valores estatísticos de ocorrências fatais ou resultantes em sequelas de acidentes no trânsito, cerca de 1,25 milhões de pessoas morrem e outras 50 milhões ficam feridas com sequelas em acidentes de trânsito por ano em todo o mundo (SAÚDE, 2015). Apesar de ter ocorrido uma leve redução da quantidade de ocorrências de acidentes e mortes no trânsito no Brasil em comparação dos anos 2016 e 2017, os valores preocupam a sociedade (Rodrigues, 2018). Anteriormente aos dados apresentados foi realizada uma pesquisa pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) sobre os acidentes de trânsito, que revelou que os acidentes nas rodovias nacionais geraram um custo para os cofres públicos no Brasil de mais de 30 bilhões de reais entre o período de janeiro de 2011 a julho de 2012, levando em consideração os danos materiais, os gastos com atendimento e também os prejuízos por interrupção do trabalho (TRINDADE, 2012).

De encontro com os dados apresentados, todos sabem que o trânsito intenso e complicado é cada vez mais frequente, onde o uso de mecanismos de fiscalização, controle e notificações é comum, principalmente pelos órgãos de trânsito. Assim considerando que existe uma forma de utilizar dispositivos e/ou mecanismos de controle de trânsito, de maneira otimizada e auxiliando tarefa de dirigir são apresentados os conceitos de VANETs, que trazem o conceito de uso inteligente de equipamentos e carros, assim como suas vantagens para controle e gestão de trânsito entre outras aplicações.

A condução de um veículo exige que o condutor esteja qualificado técnica e mentalmente para operá-lo de forma segura. Para que responda de maneira adequada a determinado estímulo, é necessário que este esteja alerta, caso contrário, o condutor poderá se colocar em uma situação de perigo. É fato que este estado de alerta é afetado por muitos fatores, ocasionando respostas com maior ou menor rapidez em situações de emergências (EVANS, 1991).

Os números das estatísticas apresentadas até então, poderiam ser reduzidos caso os motoristas envolvidos nesses eventos pudessem antecipadamente se prevenir em determinadas situações de risco iminente. Para tal prevenção, os veículos automotores vêm incorporando inúmeros avanços tecnológicos que tendem a auxiliar a condução segura do veículo. Grande

parte dos sistemas são baseados em uso de dados obtidos de sensores, que fazem com que o veículo possa detectar e interpretar sinais no ambiente e transmitindo informação de diversas maneiras (ALVES et al.,2009).

O advento das Redes Veiculares, segundo as obras de Biswas, Tatchikou e Dion (2006) e Panayappan et al. (2007), têm a capacidade de resolver os problemas de segurança no trânsito que aparecem de forma habitual em ambientes de rodovias e vias públicas. O Desenvolvimento de VANETs permite ampla variedade de aplicações que possibilitam aumento da segurança, conforto no trânsito, além de aperfeiçoar relações de trânsito. Evidentemente que as características específicas do ambiente veicular apresentam uma série de novos desafios para a adoção de uma tecnologia inovadora. Neste cenário, é importante implementar e avaliar novos protocolos e aplicações específicos para este tipo de rede.

A proposta das Redes Veiculares Ad hoc – VANETs ou *Vehicular Ad-hoc NETWORK*, é fazer uso, nos veículos, de tecnologias equivalentes as adotadas nas redes sem fio. Podem ser formadas redes entre veículos (Vehicle-to-Vehicle - V2V) equipados internamente com dispositivos de comunicação sem fio denominados (On Board Units - OBUs) e/ou redes entre os veículos e uma infraestrutura fixa previamente instalada nas margens das vias (Vehicle-to-Infrastructure - V2I) (SOUSA; SOARES, 2015b).

As redes veiculares diferem das redes sem fio pela alta movimentação dos nós da rede, considerando que seus nós são os veículos como, por exemplo, caminhões, ônibus e automóveis trafegando em uma rodovia. Dessa forma, os veículos são capazes de coletar, gerar e analisar dados. Neste caso, comunicação V2V é um exemplo de tecnologia móvel específica com intuito de permitir que automóveis troquem informações entre si diretamente (SILVA, 2010).

São usadas tecnologias sem fio como o Bluetooth (IEEE 802.15.1), que permite transmissão de dados na frequência de micro-ondas, que tipicamente é duplex, permitindo tanto enviar quanto receber dados ao mesmo tempo, porém com alcance limitado de poucos metros a algumas centenas de metros. Assim como a tecnologia sem fio, mas de médio alcance chamada popularmente de Wi-Fi (IEEE 802.11) que, embora tenha sido inicialmente concebida como uma tecnologia para WLANs em ambientes fechados e com claras restrições da potência de saída (CROW et al., 1997), também tem sido utilizada atualmente em rádio

enlaces ponto-a-ponto e ponto-multiponto em redes sem fio nas áreas metropolitanas e rurais, com a utilização de antenas de alto ganho (FELICE, 2005).

Desafios como comunicação, organização, técnicas, problemas, aplicações, uso de abordagens emergentes e as necessidades de estudo e uso de simuladores que tende a apresentar resultados de viabilidade de casos estudados, de acordo com abordagens conhecidas e tecnologias vigentes e emergentes são partes do trabalho em andamento.

1.1.Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo do funcionamento, aplicações de VANETs identificando as características de infraestrutura para envio de mensagens entre nodos em cenários das especificações de VANETs. Esclarecer pontos sobre a tecnologia, suas aplicações e tendências.

A partir deste estudo, pretende-se elaborar um cenário para realização de testes e avaliação de aspectos de confiabilidade e qualidade dos ambientes. Para a montagem deste cenário, pretende-se utilizar ferramentas livres de simulação de ambientes de tráfego para VANETs.

1.2.Objetivos Específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- Revisão bibliográfica sobre VANETs, focando em trabalhos existentes;
- Identificação do estado da arte em VANETs;
- Estudo de ferramentas que possibilitem a, escolha e montagem de um cenário para simulação e testes, focando na seleção de uma ferramenta livre e código aberto para uso neste trabalho;
- Elaborar um cenário, baseado em área real, para realização de testes e avaliação de aspectos de confiabilidade e qualidade dos ambientes.
- Avaliação dos resultados de testes realizados por meio da ferramenta selecionada no objetivo anterior;

- Propor um modelo de solução tendo em vista os ambientes de testes realizados.

1.3. Escopo do Trabalho

Este trabalho está dividido em outros cinco capítulos. Os capítulos 2 e 3 se referem ao ambiente de redes e de simulação com foco veicular, proporcionando uma revisão bibliográfica dos conceitos, princípios e sobre as tecnologias envolvidas no projeto de VANETs. Para isso serão identificadas e apresentadas características relacionadas aos problemas enfrentados ao iniciar projetos de VANETS, e direcionado pelos objetivos do projeto deste capítulo. Os capítulos 4 e 5 tratam respectivamente da proposta do trabalho e procedimentos realizados para viabilizar sua realização e logo em seguida avaliações e resultados dos ambientes planejados. No capítulo 6 são avaliados possíveis trabalhos futuros em ambiente de simulação, e considerações finais.

1.4. Metodologia

O trabalho será desenvolvido com uso de recursos próprios, sendo de caráter exploratório e referencial a trabalhos correlatos já existentes na grande área além de ser estudado quais os tipos de simuladores, assim como quais frameworks podem ser utilizados, para posteriormente desenvolver um ambiente de simulação e pesquisa com objetivos de avaliar os melhores resultados.

O conjunto de ferramentas escolhido será submetido a testes utilizando dados dos cenários definidos, que confirmarão os objetivos do projeto.

2. Redes Veiculares

Neste capítulo, são apresentados os principais conceitos das redes veiculares, as arquiteturas existentes, suas características, bem como os protocolos utilizados para disseminação de dados em redes veiculares. Inicialmente são apresentados princípios de comunicação sem fio. Ainda neste capítulo, são apresentadas algumas aplicações descritas na literatura para redes veiculares voltadas a segurança no trânsito, aspectos importantes sobre ambiente para criação de simulação de redes móveis e modelos de mobilidade.

2.1.Redes Veiculares

As redes veiculares também conhecidas como VANETs (Vehicle Ad hoc NETWORKS), são redes formadas por veículos automotores e unidades fixas às margens das vias, havendo comunicação tanto entre os veículos como entre os veículos e a infraestrutura, de forma sem fio. Têm seus nós compostos por veículos e por equipamentos fixos que estão presentes ao longo das vias. Todos estes nós possuem interface de comunicação sem fio e apresentam alta mobilidade e trajetórias que acompanham as extensões das vias de trânsito (KOSCH, 2004).

As VANETs são conceitualmente divididas em três arquiteturas (Alves et al. 2008), de acordo com a forma de organização e comunicação dos nós. Essas arquiteturas são: (i) ad hoc (V2V - Vehicle-to-Vehicle), que os veículos efetuam a comunicação apenas entre si, os automóveis funcionam como roteadores, encaminhando o tráfego através de múltiplos saltos, e a comunicação é realizada sem a presença de um nó centralizador ou elementos externos auxiliares; (ii) infra-estruturada (V2I- Vehicle-to-Infrastructure), que o veículo comunica com unidades estáticas distribuídas ao pela estrada, que funcionam como pontos de acesso sem fio e centralizando o tráfego da rede servindo como nós intermediários das comunicações. Estes dispositivos podem atuar tanto na geração de novas informações quanto no roteamento de dados gerados por terceiros; e (iii) híbrida, onde existe comunicação entre os veículos, assim como uma quantidade mínima de nós fixos para aumentar a conectividade da rede e prover alguns serviços de rede, como interconexão por exemplo. Neste modo, há também a possibilidade dos veículos se comunicarem por múltiplos saltos. As três arquiteturas estão ilustradas na Figura 1.

Figura 1 - Arquiteturas das redes veiculares.



Fonte: ALVES et al. (2009, p. 03).

As redes veiculares têm características que as diferem de outras redes móveis ad hoc. A alta velocidade com que os nós se locomovem e a topologia altamente mutável de uma rede veicular fazem com que os enlaces criados entre os veículos aconteçam durante curto espaço de tempo resumido a poucos segundos em muitas situações, e se quebrem quase imediatamente. Com densidade de veículos baixa ou uma rota previamente estabelecida entre os nós se quebra antes de uma nova ser formada, a probabilidade de a rede ficar desconectada é maior.

Outra característica das redes veiculares é a possibilidade de prever a mobilidade dos seus nós, visto que o movimento dos mesmos é restrito pelos limites das ruas, vias e estradas além de ser regido por regras de trânsito.

Segundo Sichertiu e Kihl diferente de tecnologias embarcadas, nas VANETs não existe preocupação com o gasto de energético, visto que os veículos possuem mecanismos de obtenção de energia e baterias constantemente sendo recarregadas (SICHITIU; KIHIL, 2008).

Entretanto, atrasos na entrega dos pacotes é inviável dependendo da aplicação [Liu et al. 2009]. Se for um pacote de uma aplicação de segurança, por exemplo, o atraso na entrega de um único pacote pode fazer toda a diferença. Assim os protocolos de roteamento usados em outras redes sem fios, acabam não sendo adequados para as VANETs [Alves et al. 2009].

De acordo com Raya e Hubaux (2005) as principais características das VANETs são:

- (i) Banda disponível: as tecnologias sem fio disponíveis atualmente possuem capacidades de transmissão significativamente menores do que aquelas disponíveis em redes cabeadas;
- (ii) Conectividade variável no tempo: a conectividade da rede é dependente de fatores como sua densidade em determinado ponto, a velocidade de deslocamento dos nós, o sentido desse deslocamento e o raio de alcance dos dispositivos instalados nestes veículos;
- (iii) Cooperação: a funcionalidade da rede recai totalmente sobre a cooperação dos veículos que a compõe. Sem a participação destes, as informações geradas não se tornam de conhecimento geral;
- (iv) Escala: com milhares de veículos distribuídos por todos os lugares, as VANETs poderão se tornar o tipo de rede ad hoc com o maior número de nós existente;
- (v) Mobilidade organizada: diferentemente das redes móveis (MANETs) tradicionais, os nós de uma VANET não se movimentam de maneira aleatória, mas sim dentro de vias de tráfego existentes e sob a regência de leis de circulação;
- (vi) Topologia dinâmica: a alta mobilidade dos nós faz com que a topologia das VANETs mude rápida e frequentemente;
- (vii) Recursos energéticos e computacionais: ao contrário das MANETs tradicionais, as VANETs possuem recursos suficientes para as aplicações desenvolvidas; e
- (viii) Segurança: com o acesso compartilhado ao meio, essas redes são muito mais suscetíveis a ataques do que as redes cabeadas convencionais.

Segundo Zhao e Cao (2008), as redes veiculares tendem a estar cada vez mais presentes nas rodovias assim como as aplicações que utilizam a infraestrutura estão se tornando um meio importante para prover mais segurança nas estradas. Estas aplicações caracterizam um Sistema Inteligente de Transporte (Intelligent Transportation System - ITS). Entre os desafios, destacam-se: a alta mobilidade dos nós, o dinamismo dos cenários, a

escalabilidade com relação ao número de nós e o tempo reduzido em que dois nós permanecem conectados (ZHAO; CAO, 2008).

As redes veiculares podem ser subdivididas em redes interveiculares e intraveiculares. As intraveiculares são redes que estão localizadas dentro dos veículos. Estas redes devem permitir que as informações sejam compartilhadas entre diferentes ECUs (Electronic Control Unit - Unidade Eletrônica de Controle). Permitindo, assim a tecnologia interagir com a rede pré-existente deve atender a requisitos específicos, decidindo-se, por exemplo, por adotar comunicação sem fio em sensores do sistema de freios ABS (Anti-lock Braking System) (LIN et al., 2007).

Já as redes interveiculares são redes formadas por veículos que se comunicam com outros veículos ou com a infraestrutura que está presente ao longo das vias. Segundo Papadimitratos et al. (2008), nestas redes todos os nós são provedores, encaminhadores e consumidores de dados difundidos que são oriundos de sensores e câmeras em cada nó, a rede é aberta e de topologia muito dinâmica e há uma alteração constante na vizinhança dos nós.

As redes veiculares trazem inúmeras aplicações e estas aplicações são divididas em duas categorias de acordo com Jakubiak e Koucheryavy (2008); conforto e segurança. Aplicações voltadas ao conforto procuram melhorar o conforto dos passageiros e a eficiência do tráfego. A característica importante de aplicações de conforto/comercial é a de que essas não devem interferir nas aplicações de segurança. Neste contexto a priorização de tráfego e uso de diferentes canais físicos é uma solução viável.

Segundo Jakubiak e Koucheryavy (2008) as aplicações relacionadas à segurança podem ser agrupadas em três classes principais: assistência (navegação, prevenção cooperativa de colisões e mudança de faixa de rodagem), informação (limite de velocidade) e de alerta (pós acidente, obstáculos, ou avisos referentes as condições da via). Essas aplicações geralmente exigem comunicação direta devido ao seu caráter crítico. Nestas aplicações, os principais desafios são reduzir o tempo de divulgação de notificações de forma que o condutor possa reagir de acordo com o potencial obstáculo e garantir a integridade destas notificações.

2.2.Comunicação Sem Fio em Redes Veiculares

Uma rede de computadores é formada por um ou mais computadores conectados um ao outro por um meio de transmissão, sendo capaz de trocar informações e compartilhar recursos. Estas são constituídas por um grupo de módulos processadores, onde qualquer dispositivo é capaz de notificar através do sistema de comunicação por troca de dados (Tanenbaum, 2003).

Para este estudo é pertinente discorrer sobre alguns conceitos de redes, detalhados a seguir.

2.2.1. Redes Sem fio

Uma rede sem fio é formada por um conjunto de sistemas conectados através de tecnologias que utilizam a atmosfera como principal meio de transmissão. Dentre as principais formas de propagação desses sinais, são amplamente utilizados os sistemas Infrared (Infravermelho), Narrowband (faixa estreita) e Spread Spectrum (espalhamento espectral), que utilizam comunicações óticas e eletromagnéticas para transmissão dos dados (ANDRIGHETTO, 2008).

De acordo com a especificação e os protocolos que cada tecnologia emprega as redes sem fio podem ser qualificadas quanto a sua extensão de abrangência:

A *Wireless Body Area Network* (WBAN) consiste de um conjunto de sensores compactos e móveis que se intercomunicam. Possuem restrições de recursos e por isso transmitem dados para uma estação base, a qual pode realizar operações sobre os dados;

A *Wireless Personal Area Network* (WPAN) que trabalha com tecnologias wireless de pequeno alcance, entre 10 e 100 metros, esta área compreende as redes sem fios que utilizam dispositivos como os Personal Digital Assistant (PDA's), PC's ou periféricos, sendo o campo de ação de tecnologias como o Bluetooth (IEEE 802.15.1), Zigbee™ (IEEE 802.15.4) e Infrared Data Association (IrDA) entre outras;

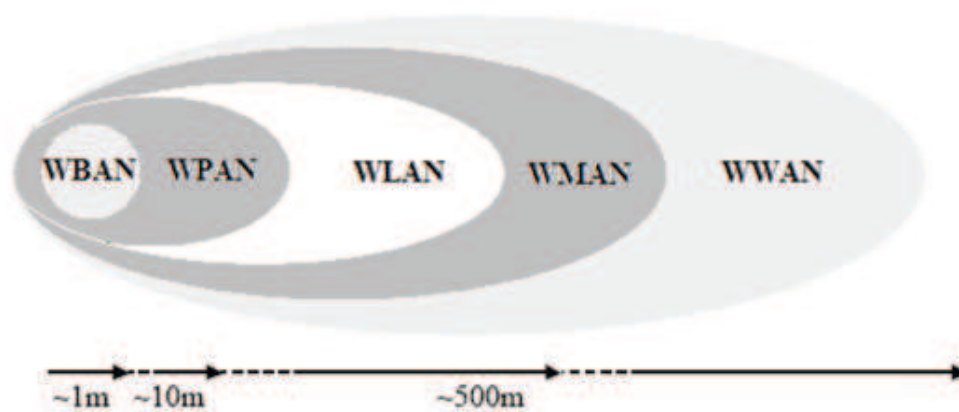
A *Wireless Local Area Network* (WLAN) trabalha com tecnologias que se destinam a redes sem fio com alcance situado entre os 100 e 300 metros, frequentemente como extensão ou alternativa a redes de cabeamento convencional, (par de cobre, cabo coaxial ou fibra óptica), um exemplo desta categoria é o Wi-Fi™ (IEEE 802.11b/g/p);

A *Wireless Metropolitan Area Networks* (WMAN) trabalha com acessos de banda larga em redes de âmbito metropolitano, cujo alcance será em torno de 6 km;

A *Wireless Wide Area Networks* (WWAN) é o grupo mais amplo em termos de alcance e é orientado para serviços de telecomunicações (voz e dados), em longa distância de transmissão.

A Figura 2 ilustra as distâncias de cobertura de cada rede sem fio e suas respectivas nomenclaturas.

Figura 2 - Cobertura das redes sem fio.



Fonte: ILYAS (2003)

2.2.2. Topologia em Estrela

Redes em topologia estrela são conectadas a um hub (sink ou sorvedouro) centralizado e os nodos não podem se comunicar diretamente uns com os outros. Toda a comunicação precisa passar pelo hub centralizado. Cada nodo é um cliente e o hub central é o servidor ou sorvedouro (SHARMA, 2013). A figura 3 ilustra uma rede nesta topologia.

Figura 3 - Topologia em estrela.

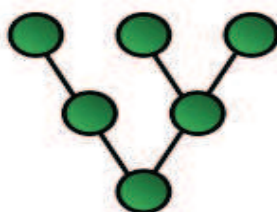


Fonte: PANDYA (2013)

2.2.3. Topologia Árvore

Comumente esta é a topologia onde apenas uma rota existe entre quaisquer dois nodos em uma rede. O padrão desta conexão se assemelha a uma árvore onde todos os galhos partem do nodo raiz. É considerada uma topologia híbrida, similar à topologia estrela, porém com os nodos conectados a um eixo secundário, que é conectado ao eixo central (PANDYA, 2013). A Figura 4 ilustra uma rede nesta topologia.

Figura 4 - Topologia em árvore.



Fonte: PANDYA (2013)

2.2.4. Topologia em Malha

A topologia em malha ou *Mesh* é composta de roteadores sem fio e clientes que fazem uso desta rede. Os roteadores são conectados entre si por meio de comunicação sem fio e fornecem uma infraestrutura para clientes sem a necessidade de cabos. Alguns destes roteadores são conectados a internet por meio de conexões cabeadas, atuando com gateways para outros roteadores e clientes (CANALI et al., 2010).

Neste tipo de topologia, dispositivos com muitas interconexões redundantes são conectados entre os nodos da rede sendo que uma topologia é considerada bem conectada se cada nodo possui conexão com outro nodo na rede (PANDYA, 2013). A Figura 5 ilustra uma rede nesta topologia.

Figura 5 - Topologia em malha.



Fonte: PANDYA (2013)

2.2.5. Móveis Ad-Hoc

As redes móveis ad-hoc não fazem uso de uma infraestrutura fixa, os nodos se comunicam entre si diretamente ou fazendo o uso de transmissores e receptores sem fio (Campbell, 2003). De acordo com Santini (2005), o fato desse tipo de rede não utilizar uma infraestrutura fixa, é o que a difere dos demais tipos de redes móveis.

Assim como qualquer outro tipo de rede sem fio, problemas relacionados ao controle de energia, otimização de largura de banda e qualidade de transmissão são existentes no modelo ad-hoc. Esta arquitetura é extremamente flexível e pode ser utilizada em locais onde uma infraestrutura fixa é complexa de se implementar.

2.2.6. IEEE 802.11 e WAVE

Como existem diversos padrões de comunicação sem fio especificados e disponíveis, existem estudos que visam estabelecer um critério de pré-seleção para auxiliar na escolha dos padrões a serem utilizados em cada projeto. Os estudos realizados por Oliveira (2013) apresentam um levantamento sobre a aplicação de padrões em trabalhos de redes veiculares onde foi observado o número de citações e referências encontrado a partir de uma revisão da literatura que considerou vinte e oito trabalhos científicos relacionados a aplicações de redes veiculares, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Lista de Autores de aplicações VANETs. (adaptado)

Id	Autores
1	(LUNDGREN; NORDSTRÖM; TSCHUDIN, 2002);
2	(REICHARDT et al., 2002);
3	(NADEEM et al., 2004);
4	(OTT; KUTSCHER, 2004);
5	(CONSORTIUM, 2005);
6	(KOSCH, 2005);
7	(BISWAS; TATCHIKOU; DION, 2006);
8	(CALISKAN; GRAUPNER; MAUVE, 2006);
9	(GASS; SCOTT; DIOT, 2006);
10	(OSAFUNE; LIN; LENARDI, 2006);
11	(PANAYAPPAN et al., 2007);
12	(RIZVI et al., 2007);
13	(OSTERMAIER; DOTZER; STRASSBERGER, 2007);
14	(ZHANG; ZHANG; JIA, 2007);
15	(TOULMINET; BOUSSUGE; LAURGEAU, 2008);
16	(SARAVANAN; THANGAVELU; RAMESHBABU, 2009);
17	(PAULA; OLIVEIRA; NOGUEIRA, 2010);
18	(AUGUSTO C. H. P.; REZENDE, 2010);
19	(CAMBRUZZI et al., 2010);
20	(CARVALHO; REZENDE, 2010);
21	(GOMES et al., 2010);
22	(PASSOS; ALBUQUERQUE, 2010);
23	(MITROPOULOS et al., 2010);
24	(ARNOULD et al., 2011);
25	(ECKHOFF et al., 2011);
26	(GEISSLER; SCHINDHELM; LUEDEKE, 2011);
27	(KARGL; PAPADIMITRATOS, 2011);
28	(PANDAZIS, 2012).

Fonte: OLIVEIRA (2013, p. 38)

Como resultado do levantamento de Oliveira (2013) os padrões de comunicação mais citados e utilizados nos trabalhos listados na tabela 1, foram o padrão 802.11p com maior número de utilizações no total de 8, seguidos do padrão 802.11g com sete utilizações, e depois 802.11b e 802.11a ambos com seis utilizações e a solução VehiCular-MAC (VCMAC) utilizada

um único trabalho que proposta por Zhang, Zhang e Jia (2007), desenvolvida para redes com arquitetura híbrida.

Tabela 2 - Relação entre padrões e numero de utilização nos trabalhos.

Padrão	Numero de utilizações em trabalhos
802.11a	6
802.11b	6
802.11g	7
802.11p	8
VC-MAC	1

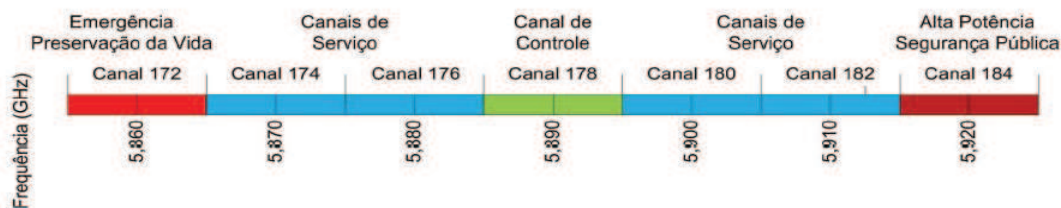
Fonte: OLIVEIRA (2013, p. 38)

De acordo com os números contidos na Tabela 2, é importante uma breve descrição dos padrões de comunicações sem fios 802.11g e 802.11p. Já o protocolo VC-MAC é uma solução, é baseado na comunicação cooperativa e como é uma solução proposta e não um padrão, por isso não foi analisado neste trabalho.

O padrão IEEE 802.11g por operar na mesma frequência do padrão 802.11b, torna-se possível a adição de adaptadores de rede e pontos de acesso 802.11g a uma rede 802.11b já existente. A velocidade de transmissão é de 54 Mbps. Com a utilização deste padrão, é possível transmitir informações simultaneamente em dois canais diferentes, dobrando a taxa de transmissão e o nível de interferência com outras redes próximas (DOEFEXI et al., 2003).

O padrão IEEE 802.11p é uma extensão da tradicional família de protocolos IEEE 802.11, baseando-se principalmente na extensão "a" do IEEE 802.11 e operando na frequência de 5,9 GHz. Na arquitetura WAVE, o MAC é responsável pela definição das diferenças específicas do controle de acesso ao meio em relação ao padrão 802.11 tradicional. A arquitetura WAVE é dividida em seis documentos: IEEE P1609.1, IEEE P1609.2, IEEE P1609.3, IEEE P1609.4, IEEE 802.11 e IEEE 802.11p. Na Figura 6, pode ser observada a pilha de protocolos WAVE.

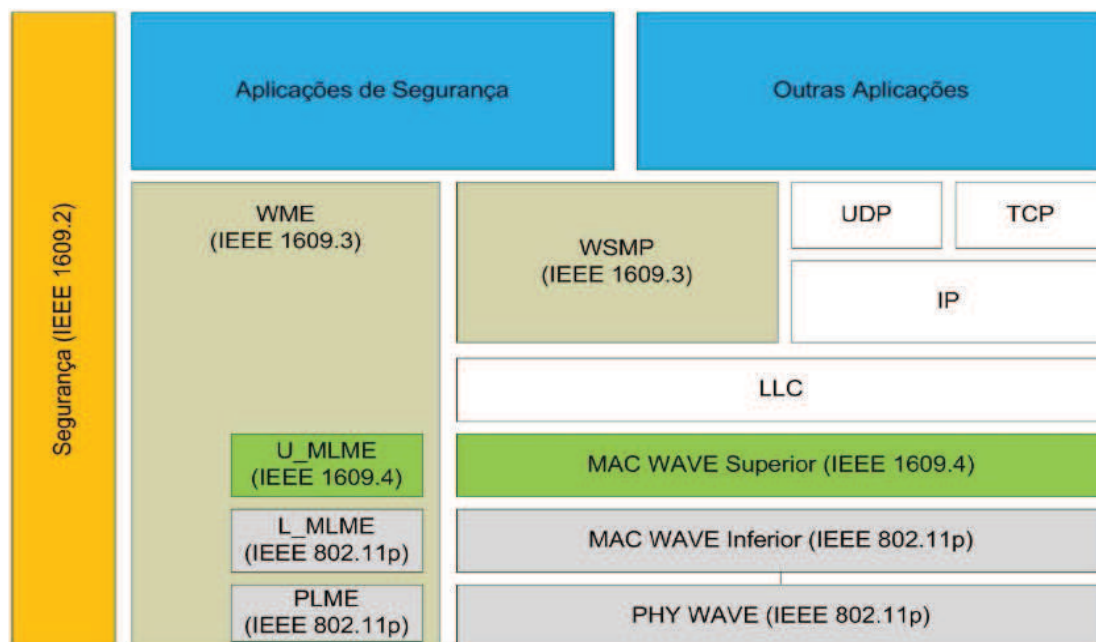
Figura 6 - Frequências em GHz para aplicações.



Fonte: ALVES et al. (2009, p. 04).

A arquitetura WAVE possui duas pilhas de protocolos, uma padrão da Internet, baseada no IPv6, e outra baseada no protocolo WSMP, projetado para a comunicação em ambientes veiculares. As mensagens do WSMP podem ser enviadas em qualquer dos canais DSRC, enquanto datagramas IP's podem ser enviados nos canais de serviço (Service Channels – SCHs). Além desses tipos de tráfego, quadros de gerenciamento são enviados no canal de controle (Control Channel – CCH), sendo seus formatos definidos no padrão IEEE 1609.4. O protocolo WSM faz com que as aplicações tenham controle das características da camada física, como o canal e a potência de transmissão utilizada para enviar mensagens. A aplicação emissora também fornece o endereço MAC do dispositivo de destino, apesar da possibilidade do uso do endereço de difusão.

Figura 7 - Pilha de protocolos WAVE. [Alves et al, 2009]



Fonte: ALVES et al. (2009, p. 04).

- IEEE P1609.1: especifica serviços e interfaces da aplicação de gerenciamento de recursos. Seu objetivo principal é favorecer a interoperabilidade de aplicações WAVE, de forma a simplificar as Unidades de Bordo, reduzindo seu custo e aumentando o desempenho (WEIL, 2009). Essa comunicação permite o acesso a recursos como memória, interfaces de usuários e interfaces com outros dispositivos no veículo;

- IEEE P1609.2: define formatos e processamento seguros de envio de mensagens, bem como as circunstâncias e momentos em que devem ser utilizadas estas mensagens. Determina a utilização de ferramentas de segurança tradicionais, como Infraestrutura de Chaves Públicas (PKI - Public Key Infrastructure). Define também a existência de autoridades de certificação, responsáveis por autorizar outras entidades por meio da emissão de certificados. O padrão descreve uma aplicação denominada gerente de segurança, responsável por gerenciar o certificado raiz e armazenar as listas de certificados revogados;

- IEEE P1609.3: especifica os serviços das camadas de controle de enlace lógico (LLC – Logical Link Control), rede e de transporte. A comunicação WAVE pode utilizar o IPv6 (Internet Protocol Version 6) ou mensagens curtas WAVE (WSM – possui maior eficiência no ambiente). O plano de dados consiste em quatro serviços: o controle de enlace lógico, o protocolo de rede IPv6, os protocolos de transporte UDP (User Datagram Protocol) e TCP (Transmission Control Protocol), e o protocolo WSMP (WAVE Short Message Protocol), oferece as camadas de transporte e de rede como o canal e a potência necessária para transmissão de mensagens. A aplicação emissora também fornece o endereço MAC do dispositivo de destino, apesar da possibilidade do uso do endereço de difusão. O protocolo WSMP provê um serviço de envio de datagramas a aplicação, substituindo os protocolos de transporte e de rede do modelo OSI;

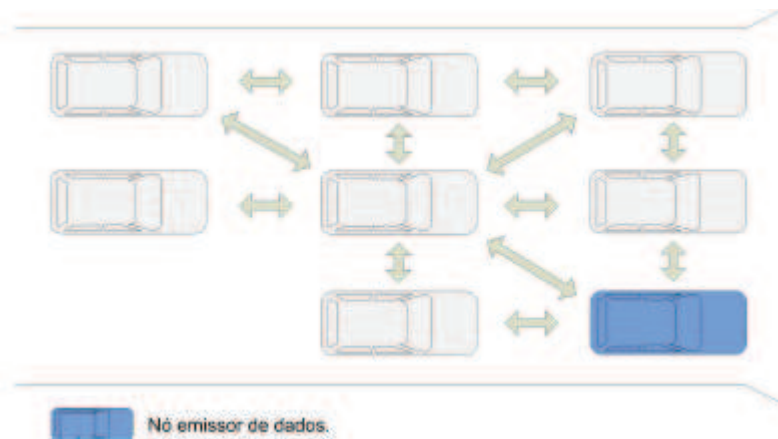
- IEEE P1609.4: modificada define o padrão IEEE 802.11, habilitando para operar múltiplos canais, também usada na arquitetura WAVE que define utilização de um canal de controle (CCH) e múltiplos canais de serviço (SCH). Um dispositivo WAVE deve monitorar o CCH esperando anúncios de serviço WAVE (WSA) que contém o número do SCH a ser utilizado para um determinado serviço. Senão, no caso em que o dispositivo WAVE é o provedor do serviço, ele deve escolher o SCH de acordo com o conteúdo dos quadros de anúncio de serviço que ele próprio transmite.

2.2.7. Propagação de Mensagens e Comunicação

A organização dos protocolos de camada de rede usados em redes veiculares deve ser organizada eficientemente. Onde devem ser escolhidos para proporcionar uma leve organização e eficiente uso dos limitados recursos de canal sem fio, não onerando a rede negativamente.

Tal organização segundo o trabalho de OLIVEIRA (2013) pode ser organizada de duas formas: organização plana ou hierárquica. A organização plana consiste em dizer que os nós que estão em um mesmo nível e tem a mesma função dentro da rede. Sobre o envio de mensagens ocorre por meio de difusão e mecanismos de inundação que são altamente distribuídos, e cada nó tem a responsabilidade determinar se vai participar na retransmissão. Esta tomada de decisão normalmente é baseada no número de mensagens já recebidas pelo nó e também leva em consideração a localização atual da fonte de informações. Na Figura 8, os nós são organizados em uma comunicação plana. Sua desvantagem é a escalabilidade limitada, devido ao grande número de transmissões e retransmissões geradas durante a comunicação.

Figura 8 - Organização plana.

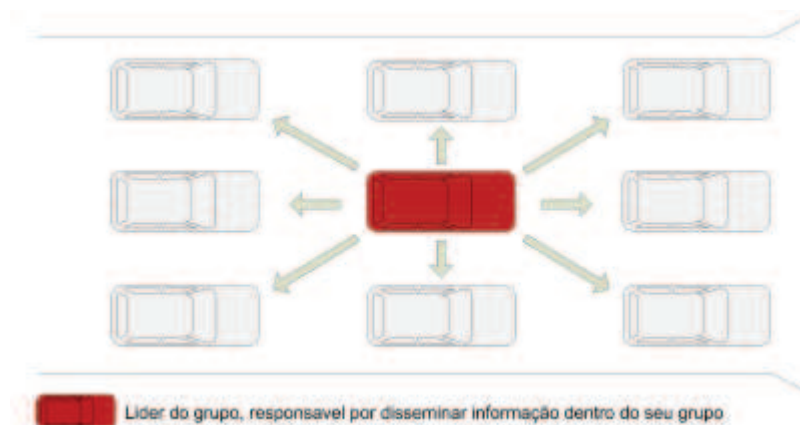


Fonte: OLIVEIRA (2013, p. 46)

Em contrapartida na organização hierárquica, os nós da rede são divididos por grupos ou clusters que podem assumir diferentes funções e cada grupo um nó assume a função de líder, que será responsável pela disseminação das mensagens dentro do seu grupo, como pode ser observado na Figura 9. Os clusters podem se movimentar juntamente com os veículos ou serem

fixados em certos locais, tais como intersecções. A comunicação hierárquica melhora a escalabilidade. Se houver problemas de comunicação, são tratados dentro do grupo.

Figura 9 - Organização hierárquica.



Fonte: OLIVEIRA (2013, p. 47)

A difusão de mensagens (broadcast) é muito usada no âmbito das redes veiculares, disseminam dados pela rede sem conhecer a identificação dos nós que efetivamente receberam estes dados. Alertas de segurança para rodovias utilizam difusão para notificar os condutores de perigos à frente (KOSCH, 2004).

Duas classes de protocolos de difusão são mais conhecidas: difusão não confiável e de difusão confiável. Os protocolos de difusão não confiáveis oferecem melhor esforço, desta forma priorizam a disseminação da informação sem garantir a entrega dos dados a todos os nós existentes na rede. Já um protocolo de difusão confiável deve garantir a entrega de uma mensagem a todos os nós pertencentes a uma rede, dentro de um intervalo de tempo, mesmo operando em um meio compartilhado não confiável e sem fio em que a largura de banda é limitada. O protocolo confiável também deve garantir taxas de entrega elevadas para mensagens prioritárias para todas as densidades de veículos existentes na via (NAKORN E ROJVIBOONCHAI, 2010).

2.3. Aplicações de Vanets

As aplicações de redes veiculares, Segundo Sousa e Soares (2015b), podem ser divididas em três classes: segurança no trânsito, entretenimento e assistência ao motorista.

Para KUMAR et al.(2013), as redes veiculares podem ser orientadas segundo aspecto de segurança, comercial e conveniência que tendem a oferecer assistência ao motorista e produtiva que proporciona recuperação e registro de informações do trânsito e veicular.

As aplicações que predominam são de segurança, pois possuem caráter preventivo e emergencial, onde o principal desafio é disseminar rapidamente as informações que ajudem o condutor a reagir em tempo hábil. Destacam-se nessa classe de aplicações a disseminação de informações sobre acidentes, sobre ocorrências no trânsito e sobre condições adversas de ruas e estradas. Em geral, em aplicações de segurança, a divulgação é limitada aos nós com localização próxima ao evento ou perigo.

As aplicações de assistência ao motorista envolvem o recebimento de informações que auxiliem o condutor em buscas ou automatizem serviços. São exemplos de aplicações dessa classe de divulgação de informações turísticas, localização de postos de abastecimento, controle de frotas e cobrança automatizada de pedágio (ALVES, 2009).

Já as aplicações de entretenimento compreendem adaptações de aplicações da Internet. Destacam-se nessa classe os sistemas de compartilhamento de conteúdo como arquivos de músicas e filmes. Em aplicações de entretenimento e assistência, o requisito latência de transmissão apesar de ser necessário, não é crítico e impõe abrangentes esquemas de divulgação e recebimento das informações (ALVES, 2009). Tais aplicações possuem diferentes requisitos e uma questão de projeto é determinar se as aplicações de entretenimento devem usar o mesmo ou um canal individual para as aplicações relacionadas diretamente com a segurança do motorista. A seguir, são apresentadas as principais aplicações e projetos relacionados a redes veiculares.

2.3.1. Segurança no Trânsito

As aplicações de segurança incluem o monitoramento da estrada ao redor, a aproximação de veículos, a superfície da estrada, curvas de estrada, etc. As aplicações de segurança viária, segundo KUMAR et al.(2013), podem ser classificadas como:

i) Tráfego em tempo real: Os dados de tráfego em tempo real podem ser armazenados no RSU e podem estar disponíveis para os veículos quando e onde for necessário. Isso pode

desempenhar um papel importante papel na resolução de problemas como engarrafamentos, evitar congestionamentos e em alertas de emergência, tais como acidentes, etc.

ii) Transferência de Mensagem Cooperativa: Veículos trocam mensagens informando sobre condição e cooperam para ajudar outros veículos. Embora a confiabilidade e a latência sejam de grande preocupação, ela pode automatizar sinais do veículo como a frenagem de emergência para evitar possíveis acidentes. Da mesma forma, a luz de freio eletrônica de emergência pode ser outra aplicação.

iii) Notificação pós-colisão: Veículo envolvido em um acidente enviaria mensagens de advertência sobre sua posição para sistema ou veículos de socorro, de modo que seja possível tomar decisões com o tempo e também direcionar a patrulha rodoviária para socorro e suporte.

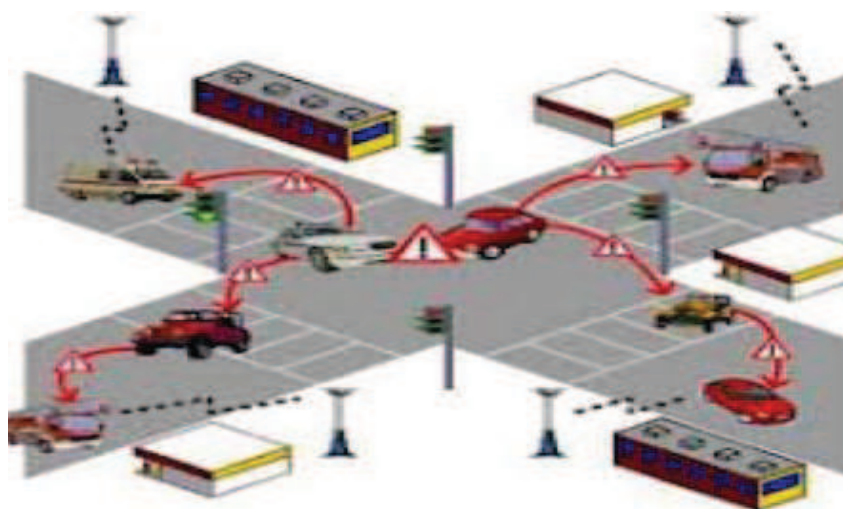
iv) Notificação de Controle de Perigo na Estrada: Veículos notificando outros Veículos sobre a estrada com deslizamento de terra ou informações relativas à notificação do recurso de estrada devido à curva da estrada, descida repentina etc.

vi) Aviso de Colisão Cooperativa: Alerta dois pilotos potencialmente sob rota de colisão para que possam consertar seus caminhos.

vii) Vigilância de Tráfego: As câmeras podem ser instaladas no RSU que podem funcionar como entrada e atuar como a mais recente ferramenta em campanha de tolerância baixa ou zero contra a condução de defesas.

A Figura 10 demonstra situações listadas nos itens ii, iii, iv e vi auxiliando na tomada de decisão e proporcionando melhor direcionamento.

Figura 10 - Notificações em situações de emergência.



Fonte: KUMAR et al. (2013, p. 02).

2.3.2. Assistência ao condutor

A aplicação de assistência ao condutor ou conveniência oferece principalmente gestão de tráfego com o objetivo de melhorar a eficiência do tráfego, aumentando o grau de conveniência para os motoristas. Proporcionando ao motorista, aumento da segurança na estrada e possibilitando diminuição do número de acidentes, e conveniência segundo KUMAR et al.(2013), podem ser classificadas como:

i) Desvios de rota: O planejamento de rotas e viagens pode ser feito em caso de congestionamentos de estradas.

ii) Cobrança Eletrônica de Pedágio: A possibilidade de pagamento de pedágio feito eletronicamente através de um Ponto de Cobrança de Pedágio. Um ponto deve ser capaz de ler a OBU do veículo. Os OBUs funcionam via GPS ou RFID e o odômetro ou tacógrafo a bordo como um back-up para determinar o quanto os Caminhões viajaram por referência a um mapa digital e GSM para autorizar o pagamento do pedágio através de um link sem fio.

iii) Disponibilidade de estacionamento: Orientações sobre a disponibilidade de estacionamento nas cidades metropolitanas ajudam a encontrar a disponibilidade de vagas em estacionamentos em uma determinada área geográfica.

iv) Previsão Ativa: Prevê pontos de parada mais próximo na estrada, orientando o motorista e para ajustar o uso de combustível ajustando a velocidade de cruzeiro antes de iniciar uma descida ou uma subida.

2.3.3. Informação de entretenimento

As Aplicações de entretenimento ou comerciais fornecerão entretenimento e serviços de informação e comunicações, oferecendo aplicações de conforto, negócios para motoristas e passageiros, além de acesso à web, streaming de áudio e vídeo. Para KUMAR et al.(2013), as aplicações comerciais podem ser classificadas como:

i) Diagnóstico remoto do veículo: ajuda no download de configurações personalizadas do veículo ou no envio de diagnósticos do veículo para a infraestrutura.

ii) Acesso à Internet: os veículos podem acessar a Internet através do RSU se o RSU estiver funcionando como um roteador.

iii) Download do mapa digital: O mapa das regiões pode ser baixado pelos motoristas de acordo com a exigência antes de viajar para uma nova área para orientação de viagem. Além disso, o Download do Banco de Dados de Mapas de Conteúdo funciona como um portal para obter informações valiosas de pontos de acesso móveis ou estações domésticas.

iv) Retransmissão de vídeo em tempo real: A experiência do filme sob demanda não se limita às restrições da casa e o motorista pode solicitar a retransmissão de vídeo em tempo real de seus filmes favoritos.

v) Publicidade de valor agregado: Isso é especialmente para os provedores de serviços, que querem atrair clientes para suas lojas. Anúncios como bombas de gasolina, restaurantes de estradas para anunciar seus serviços aos motoristas dentro da faixa de comunicação. Esta aplicação pode estar disponível mesmo na ausência da Internet.

2.4.Desafios em VANETs

As redes veiculares apresentam desafios de pesquisa em aberto, principalmente relacionados ao ambiente específico de comunicação dessas redes. Os nodos das redes veiculares podem se mover a alta velocidade, embora em trajetórias limitadas.

Muitos desafios são alvo de estudos, segundo ALVES et al.(2013), alguns desafios são mais interessantes que outros principalmente referente a endereçamento, transporte, segurança e massa de dados para uso de simuladores e aplicações, que serão abordados nas próximas seções.

2.4.1. Endereçamento

A atribuição dos endereços na Internet é feita de forma hierárquica. Assim, ao receber um pacote para encaminhamento, o roteador verifica o endereço de destino e procura uma rota na tabela de roteamento que possua o maior número de bits iniciais em comum. O processo de escolha dos prefixos mais longos é repetido até que o pacote alcance seu destino. O objetivo é aumentar a escalabilidade da rede, já que cada roteador não precisa nem armazenar nem anunciar endereços IP individuais.

O roteamento na Internet, entretanto, requer que as estações sejam estáticas para que a estrutura hierárquica seja mantida. Quando há nós móveis, os endereços não são mantidos, sendo necessária uma forma automática de atribuição de endereços para que as estações possam se comunicar enquanto se movem.

Assim, há a necessidade de mecanismos que reajam às duplicidades, detectando tentativas de comunicação entre nós com o mesmo endereço ou encaminhamento de dados para um nó diferente do desejado. Essa característica reativa tem como problema o atraso gerado na comunicação. Por último, as soluções baseadas em líder são realizadas de forma hierárquica, possuindo como princípio a escolha de alguns nós que mantenham o controle da associação de endereços. Em cenários de alta mobilidade, como no caso das redes veiculares, pode haver quebra de comunicação entre os nós líderes, podendo gerar duplicidade de endereços de rede. As redes ad hoc infra estruturadas podem ainda usufruir de pontos de acesso para gerenciar a associação de endereços.

2.4.2. Simulação

Embora a utilização de simulações seja uma alternativa atrativa por ser um ambiente controlado e por consumir menos recursos, a reprodução de condições similares às encontradas em campo é um desafio. Trata-se de uma tarefa complexa, pois envolve modelar a propagação de sinais, a disputa do acesso aos meios e diversos outros protocolos de redes para as quais devem ser desenvolvidos modelos de mobilidade específicos.

Grande parte das soluções propostas utiliza um modelo de simulador de redes já consagrado em conjunto com um simulador de mobilidade ou com outro tipo de software, apesar do esforço em tornar as simulações mais realistas, alguns pontos ainda são muito simplificados.

Entre os modelos mais simples deles é o modelo de espaço livre que calcula a atenuação do sinal apenas em função da distância entre os nós. O modelo de dois raios possui o funcionamento semelhante, mas considera a reflexão do sinal no solo a partir de uma determinada distância entre o par, origem e destino, onde essa distância é calculada em função das alturas das antenas em relação ao solo. O terceiro é o modelo de sombreamento que, diferente dos modelos anteriores, não calcula a atenuação de forma determinística. O modelo de sombreamento considera também os efeitos do desvanecimento que são modelados segundo uma distribuição log-normal.

Simuladores utilizam um sistema de fila de eventos, em que o envio e a recepção de pacotes e a recepção dos dados são controlados por essa fila. Em intervalos regulares de tempo, um evento de recepção é disparado e passado para cada veículo, exatamente da mesma forma em que acontece nas aplicações reais para redes veiculares. O evento de envio de pacotes é

chamado por um veículo e a recepção desse pacote é agendada levando em consideração a propagação do sinal. O módulo de mobilidade atualiza a posição de cada veículo com base nos parâmetros de seu modelo de mobilidade.

Simuladores de tráfego que enviam informações para o simulador de redes e não recebem retorno são chamados centrados na rede. Para algumas aplicações de redes veiculares, entretanto, é necessário que o motorista obtenha as informações pela rede para tomar decisões de mudança de trajeto. Simuladores de tráfego cujo módulo de tráfego obtém informações do módulo de redes são conhecidos como centrados na aplicação. A maior parte dos simuladores de tráfego é centrada na rede.

Além disso, com essa ferramenta é possível testar a influencia das aplicações para redes veiculares no comportamento do tráfego de veículos. Isso é possível devido ao TraCI (Traffic Control Interface), no caso do SUMO, um módulo de interface que faz a ligação entre o simulador de redes e o simulador de tráfego. O TraCI envia comandos de mobilidade para o simulador de tráfego podendo realimentar o simulador de redes com novos modelos de mobilidade.

2.4.3. Transporte

A camada de transporte em redes veiculares ainda é pouco explorada considerando os desafios das redes veiculares e das redes sem-fio em geral é o emprego dos protocolos da camada de transporte desenvolvidos para as redes cabeadas.

Uma das funções do TCP é prover confiabilidade. Nas redes cabeadas, as taxas de erro binárias (Bit Error Rate) são desprezíveis e as perdas de pacotes ocorrem principalmente devido a ocorrência de congestionamentos e descarte do pacote sem uso na rede. O TCP usa algoritmos para realizar tal controle de fluxo baseados em acknowledgement - ACKs. Esta abordagem não é válida para as redes sem-fio, pois diferente das redes cabeadas, as falhas ocorrem principalmente devido às taxas de erro binárias elevadas, instabilidades do canal e mobilidade dos nós.

Como a maioria dos problemas na camada de transporte está relacionada a características do TCP, como controle de congestionamento, de fluxo e estabelecimento de conexão. Por esses motivos, uma possível solução para problemas da camada de transporte em redes veiculares é o uso no padrão IEEE 1609.3 que contempla de forma semelhante e eficaz os serviços de controle de enlace lógico, o protocolo de rede IPv6, os protocolos de transporte UDP

e TCP, de forma síncrona o protocolo WSM (WAVE Short Message Protocol), ocupa as camadas de transporte e de rede.

2.4.4. Segurança

De forma semelhante a qualquer rede de computadores, as redes veiculares também possuem vulnerabilidades implicando em ataques por usuários ou nodos mal intencionados. Uma das maiores dificuldades para a implantação de redes veiculares é garantir o seu funcionamento mesmo diante de situações adversas e de atacantes mal intencionados.

Os ataques podem variar de uma simples escuta, que pode obter informações sobre outro usuário, a ataques mais poderosos, como no caso em que um conluio de nodos modifica o conteúdo de mensagens sendo enviadas. Como exemplo, aplicações de controle do tráfego, veículos poderiam divulgar informações falsas de modo que eles acabem utilizando um caminho diferente.

Para abordar esses problemas, indica-se a autenticação e a privacidade dos nós da rede. Porém, essa opção em VANETS é mais crítica que na Internet, pois pode envolver a segurança de vidas humanas, por exemplo, em aplicações de sinalização de acidentes, e o anonimato é fundamental é indesejável que um atacante tenha acesso à informação sobre a trajetória de um indivíduo, pois essa informação pode ferir a privacidade e ser utilizada para ataques pessoais.

Torna-se importante identificar os requisitos de segurança visando proteger o ambiente dos conhecidos ataques, com foco na garantia da integridade dos dados e autenticação dos nós da rede, são comuns a outras redes, tais como redes ad hoc sem fio.

Os requisitos mais importantes são autenticação dos nós, integridade e confidencialidade dos dados, anonimato, privacidade e controle de acesso. A autenticação dos nós é importante para evitar erros de identificação e tornar possível a distinção entre nós legítimos e intrusos. Isso é extremamente importante para verificar a identidade do remetente de cada mensagem recebida.

Mecanismos como assinaturas digitais e os códigos de autenticação de mensagem (MACs) podem ser utilizados a fim de garantir a autenticação de nós e a integridade dos dados. O uso de assinaturas digitais requer a criação de uma ou mais infraestruturas de chaves públicas (PKIs), cada uma gerida por uma autoridade certificadora (CA). O objetivo de uma CA é gerenciar as identidades e as credenciais de todos os nós nela registrados. Uma das principais

vantagens da utilização de assinaturas digitais é que elas gozam da propriedade de não repúdio, além de garantir a autenticação dos nós. Elas também não exigem que nós da rede estabeleçam previamente segredos em comum [Papadimitratos et al. 2008].

Infelizmente, tais algoritmos não são tão eficientes como no caso do MAC. No entanto, existem algumas propostas que recomendam o uso de soluções híbridas envolvendo tanto assinaturas digitais como MACs.

Embora a maioria das aplicações vislumbradas para redes veiculares não necessitem que seus dados permaneçam confidenciais, para evitar que a chave secreta de nós honestos caia nas mãos dos adversários, é extremamente importante mantê-las armazenadas em um local seguro. Por esta razão, a maioria das soluções encontradas na literatura recomenda o uso de memórias protegidas e a prova de falsificação e alteração.

2.4.5. Massa crítica

Um dos desafios das aplicações que utilizam a comunicação V2V é a fase inicial de operação da rede, quando o número de usuários é pequeno. Redes veiculares puramente ad hoc sofrem diretamente o “efeito de rede”, no qual o valor agregado da tecnologia para um usuário depende do número de usuários que possuem veículos equipados com a mesma tecnologia. Isso ocorre porque, para o funcionamento de diversas aplicações, é necessária uma conectividade mínima, que só é alcançada por um número mínimo de veículos equipados com a tecnologia [Panichpapiboon e Pattara-atikom 2008, Yousefi et al. 2008].

Atualmente celulares contam com rede LTE dispensando grande investimento financeiro adicional pelo usuário, devido à larga utilização desses dispositivos, o que configura um incentivo a novos usuários. Essa alternativa favorece a implantação de unidades básicas, que apenas encaminham pacotes, em muitos veículos. Outra opção seria oferecer benefícios ao implantar equipamentos específicos da tecnologia.

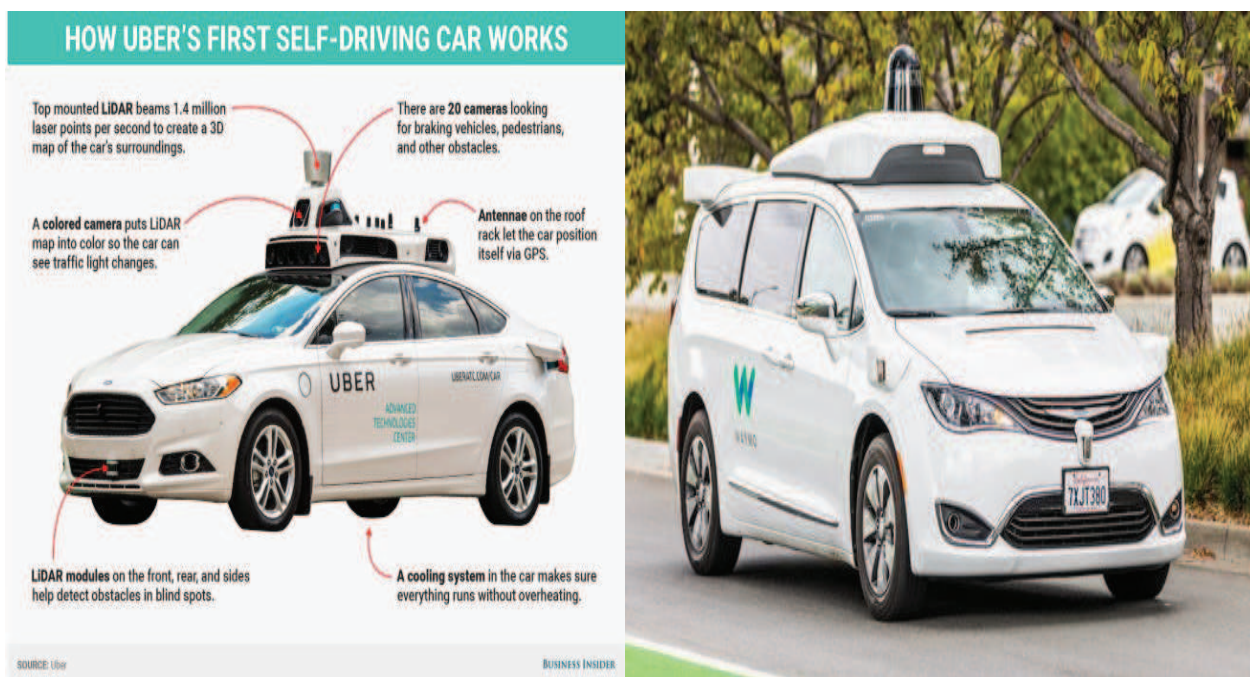
Mesmo com esforços de empresas como Chevrolet, BMW que investem no mercado desenvolvendo produtos para equipar seus carros com tecnologia embarcada, com serviços de assistência e entretenimento, é possível que alguns desafios ainda venham a surgir como o fato da indústria não encontrar benefícios de implementar sozinha a tecnologia de redes veiculares em seus automóveis, considerando a baixa aderência da população e falta de investimentos pelos gestores e governantes.

2.4.6. Autônomos

Assim como os celulares tem uso irrestrito e acessível, a expansão da tecnologia reserva seguramente avanços na aplicação de VANETs tornando-se cada vez mais presente na sociedade e dos projetos de governos.

A empresa Google recentemente lançou um programa chamado de Waymo de carros conduzidos de forma autônoma para transporte de passageiros, de forma semelhante ao UBER (que já tem um programa de carros autônomos em estudo), contando com parcerias com a empresa Chrysler FCA, que contam com sofisticados sensores para obter informações para condução segura. O principal objetivo dos estudos é proporcionar uma frota de veículos comercial sem motorista humano, para uso constante nas ruas.

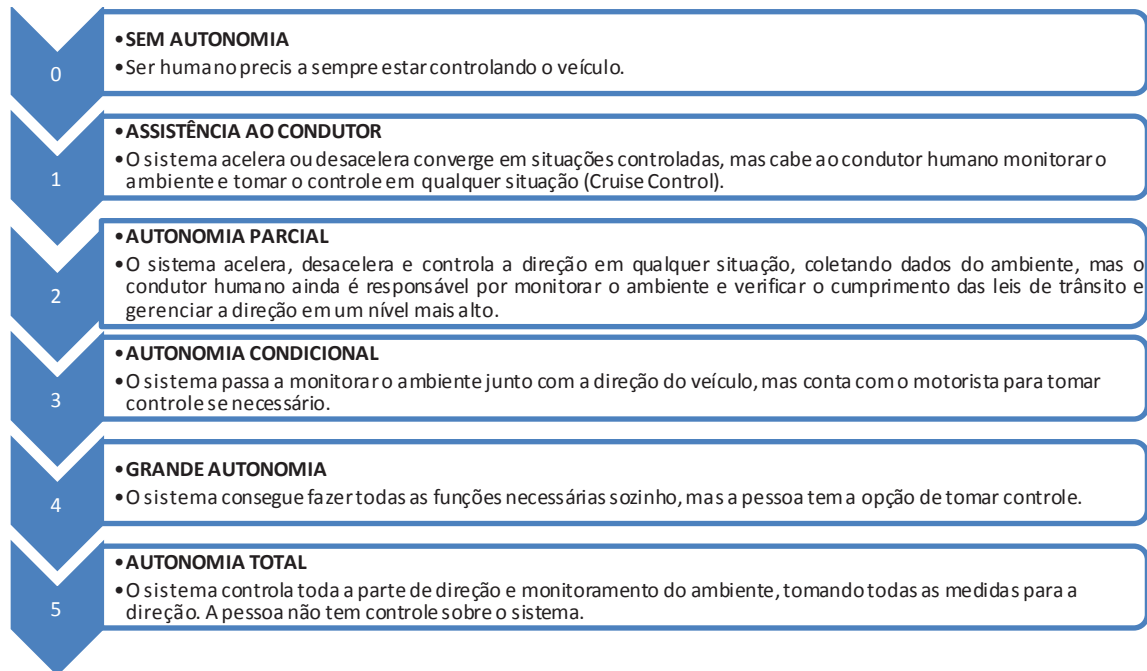
Figura 11 - Veículos autônomos das empresas UBER(E) e Google(D).



Fonte: site uber e google.

Veículos autônomos foram organizados atualmente pela indústria em 6 níveis, que representam o patamar de controle do veículo por um humano, como apresenta a Figura 12, existem capacidades e níveis de ações para o condutor.

Figura 12 - Classificação níveis de autonomia veicular.



Fonte: SAE (2017).

3. Ambientes de Simulação

Nesta seção serão apresentados aspectos e informações para uso de ferramentas e simuladores preferencialmente abertos e gratuitos da comunidade de Sistemas de Transportes Inteligentes no contexto de VANETs. Adicionalmente será apresentado o serviço de mapeamento colaborativo OpenStreetMap, o qual permite exportar informações a respeito do mapeamento de regiões específicas, cidades ou até países inteiros. Tais informações tem relação direta com a base para a criação de cenários virtuais, os quais podem ser utilizados tanto por simuladores de tráfego, tais como o SUMO, quanto por simuladores de redes de comunicação, como OMNeT e o framework Veins.

3.1.Aspectos e importância dos simuladores

A realização de estudos voltados para VANETs envolvem a necessidade de realizar testes a fim e avaliar protocolos voltados às redes veiculares em um ambiente real, para isso é preciso utilizar veículos, condutores e equipamentos, o que resulta em custos com testes elevados conforme descreve Zeadally et al (2010) . Certamente, haverá determinadas repetições de um determinado experimento em um ambiente com muitos parâmetros que podem variar e isto se torna difícil, pois em algum momento uma ou mais variáveis podem não se apresentar satisfatórias para os testes.

O uso de simulações se torna atraente por permitir que se obtenha o controle sobre o ambiente e por consumir menos recursos. Porém, reproduzir condições do ambiente real se torna um desafio, por envolver inúmeras variáveis como, transmissão dos dados, velocidade dos nós, possíveis interferências, a distância entre os nós, entre outras. Além disso, como se trata de um modelo de rede móvel, é devido o desenvolvimento de modelos de mobilidade específicos (PUNZO; CIUFFO, 2011).

Um ambiente de simulador VANET normalmente é composto pela combinação de um simulador de rede e um simulador de tráfego. Porém, conforme explica Hassan (2009), a maioria dos simuladores apresenta problemas de interação entre esses componentes, pois originalmente não foram desenvolvidos especialmente para VANETs, sendo necessário um integrador.

Um aspecto importante no uso de simulações em VANETs é o modelo de mobilidade, ou seja, as regras que definem o padrão de movimentação dos veículos na rede. Utilizando estas

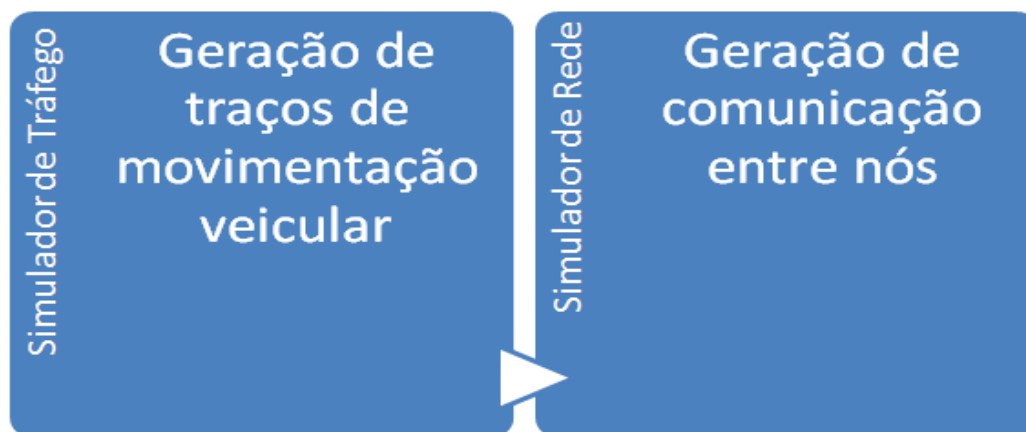
informações, os simuladores de rede podem criar topologias e realizar tarefas de simulação da comunicação entre os veículos, incluindo verificação do impacto de processamento de primitivas de segurança da informação, tais como, autenticação e criptografia.

3.2.Estrutura de simuladores VANET

São possíveis identificar três classe de estruturas de simuladores para redes veiculares, no trabalho de MÜHLBAUER (2014) são citados trabalhos de Hartenstein e Laberteaux (2010) que resumem as combinações dos simuladores de tráfego e rede da seguinte forma:

- i) Simuladores isolados ou separados: que tem como características a geração de traços de mobilidade veicular pelo simulador de tráfego e transferidos para o simulador de rede, de forma unidirecional, conforme ilustrado na Figura 13. Onde cada simulador trabalha separadamente apresentando a vantagem de desenvolvimento independente dos simuladores de tráfego e rede.

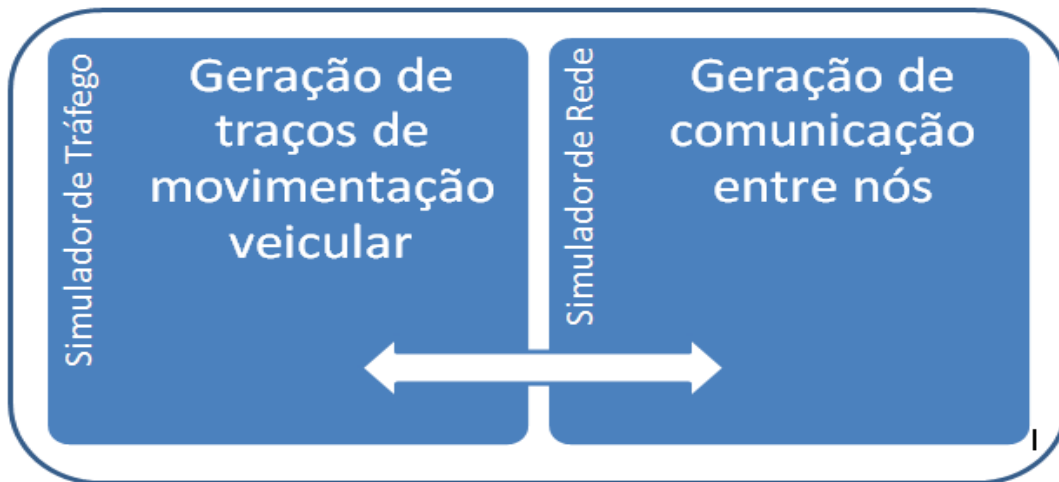
Figura 13 - Simuladores isolados ou separados.



Fonte: adaptado de Hartenstein e Laberteaux, 2010.

- ii) Simuladores integrados ou embutidos: ambos os simuladores estão acoplados permitindo interação bidirecional durante a geração dos traços de mobilidade, ambos os sentidos, conforme ilustrado na Figura 14. Prove interação nativa e eficiência.

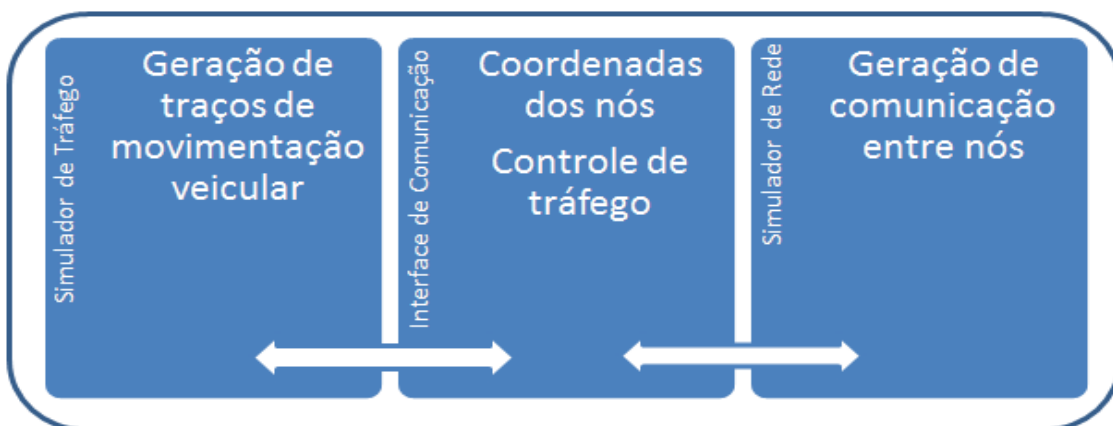
Figura 14 - Simuladores integrados ou embutidos.



Fonte: adaptado de Hartenstein e Laberteaux, 2010.

- iii) Simuladores federados: cada um dos simuladores trabalha separadamente, conforme ilustrado na Figura 15, usando comunicação bidirecional e trocando informação durante o processo de simulação em dois sentidos. Permite aproveitar o estado-da-arte de simuladores de tráfego e rede desenvolvidos de forma independente, porém com o custo maior quanto a limitação da latência de comunicação. Necessitam de maior capacidade computacional, pois é necessário processar os dois simuladores simultaneamente.

Figura 15 - Simuladores federados.



Fonte: adaptado de Hartenstein e Laberteaux, 2010.

3.3. Ferramentas para simulação VANET

Diversos autores têm realizado trabalhos de pesquisa comparativa entre os vários aplicativos disponíveis, e assim auxiliando outros pesquisadores para a melhor escolha de um produto para simulação das redes VANET como exemplos desses trabalhos, a Tese de Mestrado “Vanet Simulation” de Aamir Hassan (2009) e o artigo “A survey and comparative study of simulators for vehicular ad hoc networks” de Martinez et al (2009).

Fatores como decisões de investimento em empresas e universidades, processos de desenvolvimento e utilização de software, podem determinar quais aplicativos ou conjunto de aplicativos constituem os melhores simuladores em um dado momento ou para uma determinada simulação.

Para auxiliar, a Tabela 3 lista as configurações de simuladores VANET consultadas neste trabalho. Os fatores comparativos e decisivos foram os seguintes: possuir aplicativo simulador de tráfego; possuir aplicativo simulador de rede; possuir aplicativo integrador VANET; tipo de integração (isolado, embutido ou federado); forma de licenciamento (open source, livre, uso sob autorização); possuir constante atualização de versão; e características adicionais como utilização atual pelos pesquisadores, documentação disponível e atualizada, suporte aos padrões IEEE 802.11p e WAVE.

Tabela 3 - Lista de simuladores recomendados para VANETs. (adaptado)

	Simulador de Tráfego	Simulador de Rede	Integrador VANET	Tipo	Licença	Atualização	Características atuais
1	SUMO v0.30.0	OMNeT++ v5.2.1	VEINS v4.6	Federado	Open source acadêmico	sim	Suporta IEEE802.11p e WAVE
2	NCTUns/estiNET v7.0	NCTUns/estiNET v7.0	NCTUns/estiNET v7.0	Integrado	Open source acadêmico	sim	Requer autorização de licença
3	NS-3	NS-3	-----	Integrado	Livre para uso acadêmico	sim	Pouco utilizado
4	VanetMobiSim	NS-2	-----	Isolado	Livre	não	Pouco utilizado, sem documentação

Fonte: MÜHLBAUER (2014, p. 21)

3.4. OpenStreetMap

OpenStreetMap é um serviço de mapeamento construído de maneira colaborativa por usuários, profissionais e entusiastas, de fácil manipulação, como pode ser visto na Figura 16. Dessa forma, uma comunidade de usuários é responsável por contribuir e manter informações a respeito de ruas, linhas ferroviárias, prédios, etc. Tais informações são construídas utilizando-se dados de GPS, imagens de satélite, dentre outras tecnologias de mapeamento.

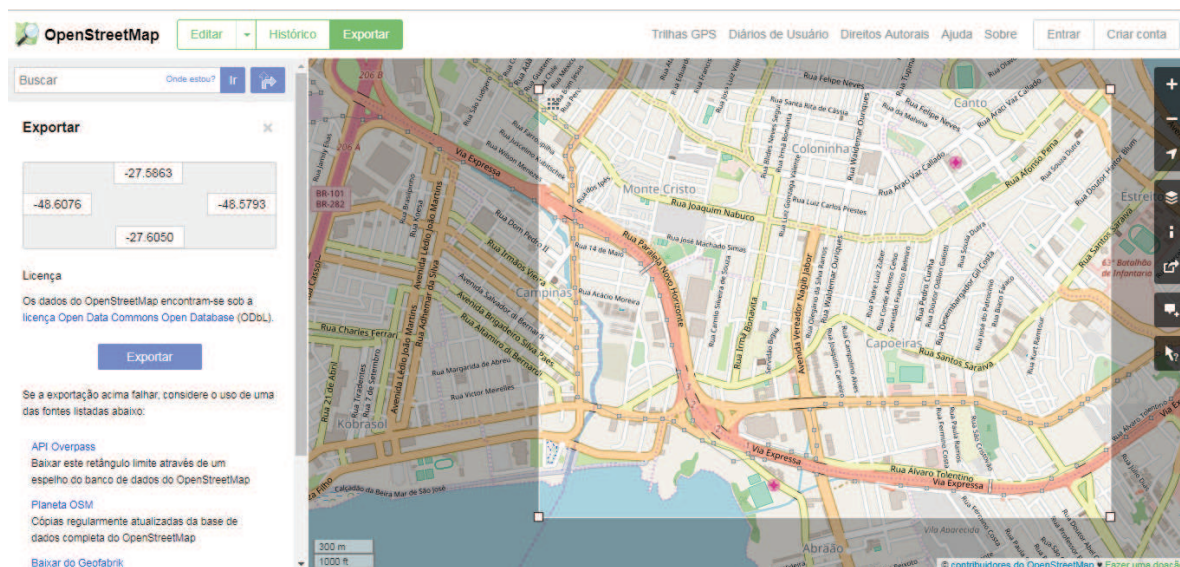
Figura 16 - Interface do serviço OpenStreetMap



Fonte: site OpenStreetMap

Um aspecto interessante a respeito do OpenStreetMap é que todas as informações de mapeamento estão livremente disponíveis para qualquer usuário utilizá-las. Com isso, é possível, por exemplo, extrair informações a respeito do mapeamento de regiões específicas, cidades, países ou até mesmo continentes. O OpenStreetMap permite selecionar uma região específica a partir da qual o usuário deseja exportar informações de mapeamento. A Figura 17 mostra o processo de exportação manual de uma região da cidade de Florianópolis.

Figura 17 - Processo de exportação manual.



Fonte: site OpenStreetMap

Em seguida, é gerado um arquivo XML contendo todas as informações de mapeamento da região formatado obedecendo-se regras previamente estabelecidas pelo OpenStreetMap. Isso permite que tais arquivos de mapeamento possam ser processados por outras ferramentas, tais como o netconvert.

3.5. SUMO¹

Pesquisadores e profissionais da comunidade de Sistemas de Transportes Inteligentes utilizam simuladores de tráfego como forma de estudar o impacto de algoritmos de roteamento de veículos, alterações no controle de semáforos e mudanças na infraestrutura viária antes das mesmas serem implementadas no mundo real. Um exemplo de simulador de tráfego amplamente utilizado pela comunidade é o SUMO. Dentre as principais características do SUMO, pode-se citar:

- Importar e criar cenários: o SUMO contém um conjunto de ferramentas que permitem a criação de diferentes tipos de redes rodoviárias, além de possibilitar

¹ Simulator of Urban MObility – SUMO

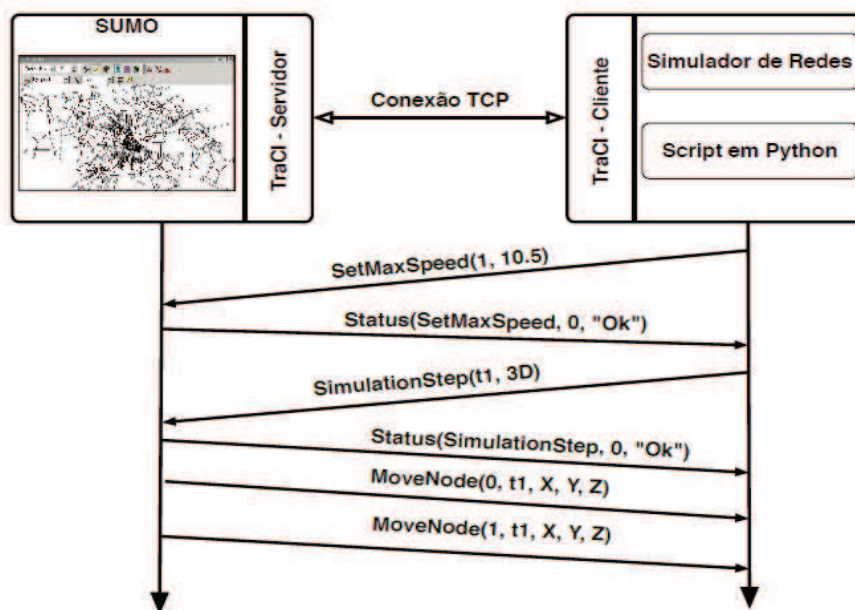
a criação de cenários rodoviários a partir de informações de mapeamento previamente obtidas a partir de outros serviços, tais como o OpenStreetMap;

- Granularidade dos elementos da simulação: no SUMO é possível modelar e controlar de maneira explícita veículos individuais, pedestres e sistemas de transporte público;
- Interação online: o SUMO possibilita a interação com os elementos da simulação de forma online. Ou seja, tal funcionalidade permite, por exemplo, alterar em tempo de simulação as rotas individuais de veículos, a temporização de semáforos, além de permitir a integração do simulador de tráfego com simuladores de redes de comunicação;
- Desempenho: no SUMO é possível realizar a simulação de grandes redes, tais como o tráfego de veículos em uma grande cidade.

O SUMO tem como sua principal funcionalidade permitir a simulação microscópica da mobilidade de veículos e pedestres, o SUMO fornece um conjunto de ferramentas e bibliotecas que tem o objetivo de facilitar o desenvolvimento dos mais variados tipos de cenários, possibilitando o estudo de várias questões relacionadas ao tráfego de veículos e pedestres. É possível, por exemplo, criar diferentes tipos de infraestrutura viária, importar uma infraestrutura viária a partir de serviços de mapeamento, definir a demanda de veículos e suas rotas, estudar o consumo de combustível e emissão de gases dos veículos, entre outros controles. O SUMO possui uma vasta documentação no site oficial, e seguir serão apresentadas algumas das principais ferramentas que o acompanham.

O TraCI utiliza uma arquitetura do tipo cliente/servidor, onde o SUMO funciona como um servidor e um programa externo (por exemplo, um script em Python ou um simulador de redes de comunicação) funciona como cliente, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 18 - Arquitetura do TraCI



Fonte: CUNHA (2014, p. 20).

Cenário este onde dois simuladores trabalham em conjunto, sendo de um lado o SUMO, como servidor e simulador de tráfego com TraCI e de outro lado um cliente habilitado para interface do TraCI, como por exemplo o simulador Veins. O simulador de redes é responsável por modelar todos os aspectos relacionados à comunicação de dados, como por exemplo, a troca de pacotes entre veículos, a perda de pacotes como resultado de colisões, atenuação de sinal, erros de bits, etc. Já o simulador de tráfego recebe, por exemplo, o tempo de simulação atual e fornece para o simulador de redes, utilizando a interface do TraCI, a localização atualizada dos veículos, que são determinadas obedecendo as condições de tráfego e modelos de mobilidade que estão sendo simulados no SUMO.

3.6. OMNeT++²

O OMNeT++ é uma biblioteca e estrutura de simulação C++ extensível, modular e baseada em componentes, principalmente para a criação de simuladores de rede. "Rede" significa, em um sentido mais amplo, que inclui redes de comunicação com e sem fio, redes no

² Objective Modular Network Testbed in C++ - OMNeT

chip, redes de filas e assim por diante. Funcionalidades específicas de domínio, como suporte a redes de sensores, redes ad-hoc sem fio, protocolos de Internet, modelagem de desempenho, redes fotônicas, entre outras. São fornecidas por estruturas de modelo, desenvolvidas como projetos independentes. O OMNeT ++ oferece um IDE baseado em Eclipse, um ambiente de tempo de execução gráfico e uma série de outras ferramentas. Existem extensões para simulação em tempo real, emulação de rede, integração de banco de dados, integração com SystemC e várias outras funções.

Embora o OMNeT ++ não seja um simulador de rede em si, ele ganhou ampla popularidade como uma plataforma de simulação de rede na comunidade científica, bem como em ambientes industriais, e construiu uma grande comunidade de usuários, pois fornece uma arquitetura de componentes para modelos. Os componentes (módulos) são programados em C ++ e depois montados em componentes e modelos maiores usando uma linguagem de alto nível (NED). Reutilização de modelos vem de graça. O OMNeT ++ possui amplo suporte a GUI e, devido à sua arquitetura modular, o kernel de simulação (e modelos) pode ser incorporado facilmente em seus aplicativos.

São componentes dos pacotes de distribuições do OMNET++:

- Biblioteca do kernel de simulação;
- Linguagem de descrição de topologia NED;
- OMNeT ++ IDE baseado na plataforma Eclipse;
- GUI para execução de simulação, links em executável de simulação (Tkenv);
- Interface do usuário da linha de comando para execução de simulação (Cmdenv);
- Utilitários (ferramenta de criação do makefile, etc.);
- Documentação, simulações de amostras, etc.

O OMNeT ++ é executado em diversas plataformas seja no Windows, Linux, Mac OS X e outros sistemas semelhantes ao Unix.

3.7. Veins³

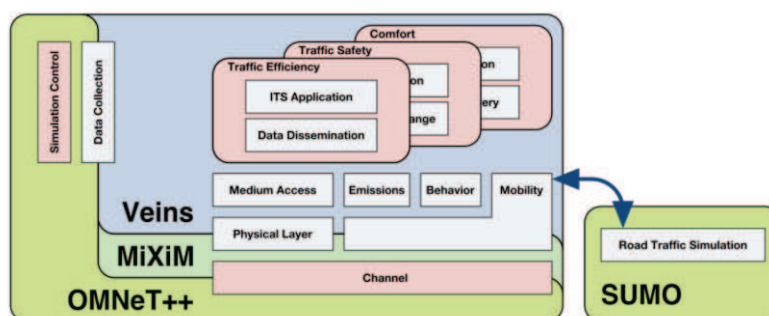
O Veins é um framework de simulação de redes de comunicação composto modelos pensados para serem desenvolvidos e estudados ambientes de VANETs. A execução destes

³ Vehicles in Network Simulation - Veins

modelos é realizada pelo simulador de eventos discretos OMNeT++ em conjunto com o simulador de tráfego SUMO. A Figura 20 mostra a estrutura geral do Veins.

Por se tratar de um framework de simulação, o Veins serve como base para o desenvolvimento de aplicações específicas. No entanto, como o Veins é composto por vários modelos, é possível utilizá-lo apenas agrupando os modelos disponíveis e modificando alguns poucos parâmetros, o que facilita o estudo de aplicações de Sistemas de Transporte Inteligentes. O veins pode ser obtido em veins.car2x.org e o OMNeT++ em omnetpp.org.

Figura 19 - Arquitetura do Veins.



Fonte: site Veins.

Em Cada simulação executa-se dois simuladores de forma paralela, assim o OMNeT++, para a simulação da rede de comunicação, e o SUMO, para a simulação do tráfego de veículos e pedestres. Ambos os simuladores se comunicam através de um socket TCP e o protocolo de comunicação adotado é definido pelo TraCI, conforme apresentado na seção anterior. Isso permite a simulação em conjunto tanto de aspectos de comunicação de dados quanto de aspectos de tráfego e mobilidade. O movimento de veículos no simulador de tráfego SUMO é refletido pelo movimento de nós no simulador de redes OMNeT++. Portanto, a interação com o simulador de tráfego permite, por exemplo, simular a influencia da comunicação entre veículos no trânsito. O interessante é que no Veins, a interação entre os simuladores de redes e tráfego é totalmente transparente para o usuário, facilitando o desenvolvimento de aplicações.

O Veins implementa o modelo de propagação de sinal Two-Ray Interference, o qual possibilita a captura de maneira realista efeitos da reflexão de sinal. Além disso, em geral

transmissões sem fio são enormemente afetadas por efeitos de atenuação ou sombreamento de sinal, efeitos indesejáveis no estudo de aplicações de Sistemas de Transporte Inteligentes, especialmente em ambientes urbanos, onde é comum que os prédios bloqueiem a propagação dos sinais sem fio. Causado por obstáculos o efeito de bloqueio do sinal por prédios, a calibração e a validação do modelo são realizadas comparando os resultados de simulações com medidas do mundo real.

3.8. Considerações

A motivação do que foi apresentado neste capítulo, dedicado aos simuladores e suas ferramentas, diz respeito ao que foi observado em trabalhos apresentados na literatura apontada no decorrer dos capítulos 1 e 2 e proporciona o cumprimento do modelo que será proposto no capítulo 4.

Em resumo aspectos abordados em virtude da mobilidade e importantes considerações que levaram a definir da melhor maneira a escolha do conjunto de simuladores OMNeT++, SUMO e Veins, de acordo com a estrutura mais adequada em trabalhos relacionados.

Sobre a aplicação dos conceitos das tecnologias envolvidas da transmissão de dados sem fio, em especial a arquitetura WAVE detalhada melhor ainda no capítulo anterior que foi dedicado a um resumo dos principais conceitos de redes Vanets e topologias de redes, e além de apresentar os principais desafios em aberto os quais são alvo do estudo nos próximos capítulos, em uma abordagem experimental avaliar como o conjunto responde aos fluxos de nodos como um padrão QoS.

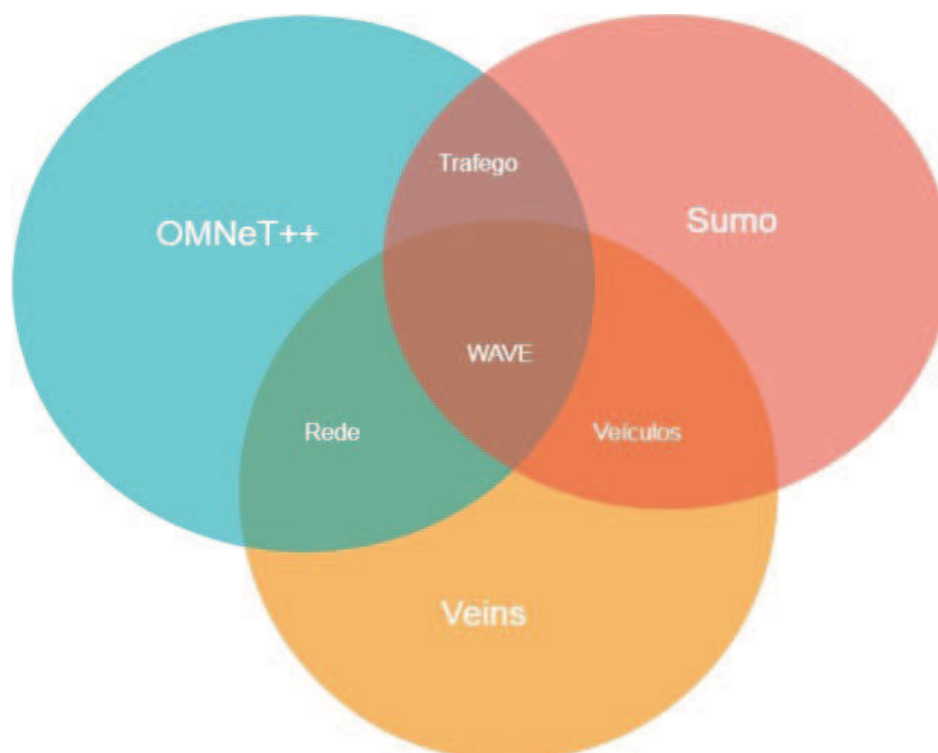
4. Proposta WAVE-QoS

Neste capítulo serão apresentados os cenários que fazem parte da proposta de estudo deste trabalho, assim como apresentação do ambiente de simulação que foi configurado para execução dos testes que serão abordados no capítulo seguinte, que pretende realizar a avaliação sendo extraído resultados sobre o ambiente de simulação VANET.

O presente trabalho propõe um ambiente de simulação, baseado em uma área real, de uma rede de veículos montada sobre a arquitetura WAVE. Para tanto, foram montadas as estruturas necessárias para prover os ambientes de rede, tráfego e integração da simulação, considerando sensores incorporados aos veículos e unidade de recepção de borda com transmissão sem fim. Foram usados na implementação do ambiente o conjunto o SUMO win32 release v0.30.0, Framework Veins v4.6 e IDE OMNeT++ v5.2.1 , de acordo com a Tabela 3, em virtude da grande abrangência da tecnologia WAVE e seu funcionamento no padrão IEEE 802.11p, vasta documentação e suporte continuado das ferramentas.

A figura 21 aponta de forma alto nível o modelo da proposta.

Figura 20 – Modelo do Ambiente



Fonte: Do autor (2018).

4.1. Identificação do cenário

O cenário escolhido está baseado em uma área real, da cidade de São José, uma região da grande Florianópolis que possui um perímetro de aproximadamente 5,4 mil metros e área total de aproximadamente 1,8 km², correspondendo aos bairros conhecidos como Campinas e Kobrasol, de acordo com a Figura 22. Esta região é conhecida pela grande circulação de veículos e populares, além de ser parte do acesso a BR-282 e BR-101 e concentrar uma grande área de comércio, contando com a presença de uma grande unidade de supermercado de uma rede muito conhecida, impactando consideravelmente o trânsito, avenidas conhecidas, que concentram uma quantidade elevada de lojas e residências, em consequência da grande circulação de pedestres e principalmente veículos.

São previstos a criação de 4 (quatro) simulações no cenário, sendo povoado cada cenário com os valores de tráfego de veículos que devem simbolizar as intensidades categorizadas: em baixo, leve, normal e elevado, conforme a Tabela 4. Mediante o fluxo de veículos, será interrompido o tráfego por um acidente na via, e logo após o acidente serão disseminadas mensagens entre os veículos da rede, com método de inundação (flooding), com o objetivo de alertar outros veículos que ocorreu uma obstrução daquela via, no trecho sinalizado e assim então os próximos veículos deve evitaram passar por aquele local. Esta disposição do cenário reúne três aspectos importantes e principais: a detecção do evento, sinalização e recepção de eventos.

Tabela 4 - Quadro de simulações do cenário.

Intensidade	Nº de Veículos
Baixo	50
Leve	150
Normal	400
Elevado	1000

Fonte: Do autor (2018).

Figura 21 - Área selecionada.



Fonte: Do autor (2018).

O padrão da arquitetura escolhida, já considera a existência de sensores no veículo, que são responsáveis por detectar os eventos nesse caso o acidente. Já o segundo aspecto é a transmissão de mensagens colaborativas para os demais veículos, visando assim sinalizar a existência deste evento. Por último o recebimento das mensagens que sinalizam determinado evento, pelos veículos que estiverem trafegando nas proximidades, possibilitando a estes escolher rotas alternativas para continuar seu trajeto, além de ajudar a evitar o congestionamento do local próximo ao acidente.

4.2. Infraestrutura do cenário

Para execução desse cenário, é necessária a instalação e configuração dos softwares SUMO win32 release v0.30.0, Framework Veins v4.6 e IDE OMNeT++ v5.2.1. Onde cada um dos softwares realiza uma função, sendo SUMO responsável pelos traços de tráfego de trânsito e envio de dados da rede do arquivo .net.xml citado posteriormente nesta seção. O OMNeT++ é

responsável pela captura dos dados da rede pois é um simulador de rede amplamente utilizado profissionalmente em TI e projetos e o Veins é um integrador das duas plataformas citadas anteriormente. As versões mais recentes do SUMO binaries requerem a instalação do Microsoft Visual C++ 2010 Redistributable Package, que pode ser obtido o download através do site da Microsoft.

Para a instalação desse ambiente, foi escolhido um computador equipado com processador Intel Core 2 Duo CPU E7500 2.94GHz, contendo memória RAM DDR3 de 4GB e disco rígido de 500GB e sobre esse hardware o sistema operacional Windows 7 64 bits Professional SP1.

A sequência de passos necessários para execução dos arquivos deste cenário se encontram no Apêndice A.

Com o ambiente configurado, foi iniciado o processo de preparação dos arquivos do experimento, iniciando com os principais arquivos de configuração de tráfego que o SUMO utiliza, que são representados por arquivos de extensão xml e uma sub-extensão específica para uso da arquitetura do software, sendo eles: .net.xml, .rou.xml, .poly.xml e adicionalmente o arquivo de configuração e apontamento para o SUMO com extensão .sumo.cfg que realiza a iniciação do SUMO usando a integração com os simuladores de rede e integração de comunicação.

Uma sequência de comandos gera os arquivos citados no parágrafo acima, usando o arquivo .osm que foi obtido através do mapa da região apresentada no início do capítulo, extraído a partir do site www.openstreetmap.org, e posteriormente é preparado e importado para o SUMO com o integrador.

O arquivo poly.xml é responsável pela disposição e coloração dos prédios e ambiente do novo mapa gerado, apesar de colaborar, o arquivo apenas melhora visualização do ambiente do mapa, considerando a arquitetura do mapa, sem influenciar no aspecto das vias. Este arquivo é disponibilizado no site de suporte do SUMO, sendo que ele é responsável em converter as faixas das pistas do mapa, e ter o arquivo atualizado é essencial para não existir polígonos de faixas de tráfego em conflito. Mesmo pesquisando uma versão atual houve casos que o arquivo de rotas foi gerado com conflito ao executar a rede. Sendo necessário excluir alguns pontos de rota.

O *netconvert* permite que redes rodoviárias obtidas a partir de serviços de mapeamento, tais como o OpenStreetMap, possam ser convertidas para o formato de redes rodoviárias compreendido pelo SUMO e suas demais ferramentas. Na Figura 24 é possível observar a diferença do mapa do arquivo com extensão *.poly.xml*. A criação desses arquivos foram realizadas para cada intensidade de tráfego a partir dos comandos para conversão do arquivo *.osm* em *.net* e *.rou*, que se encontram no Apendice A:

Figura 22 - Mapa após a conversão dos polígonos.



Fonte: Do autor (2018).

A definição de um fluxo e de parâmetros é feita no arquivo *.rou.xml*, sendo o quantitativo veículos foi definido em cada uma das simulações, de acordo com a Tabela de intensidades, com rota e dados mobilidade de cada veículo aleatória que saem de um ponto do mapa a outro.

De posse dos arquivos que compõe o tráfego do SUMO, é possível iniciar a preparação do arquivo do simulador de rede do OMNeT++. O arquivo *omnetpp.ini* é responsável pelos

parâmetros de rede da simulação que são programados de acordo com a documentação do OMNeT que se comporta como uma IDE e podendo citar como principais parâmetros deste cenário o tempo de simulação, as configurações de comunicação da RSU (UNIDADE DE BORDA), parâmetros específicos do padrão de rede 802.11p e arquitetura WAVE que são integrados pelo Veins. Neste mesmo arquivo, além disso são configurados os eventos, nesse caso foi definido os dados o acidente do experimento. Assim foi configurado que o primeiro carro da simulação no tempo 75 segundos sinalizasse um acidente e que tivesse uma duração de 50 segundos.

4.3. Correlação dos cenários e desafios

Os cenários apresentados neste capítulo abordam pontos diversos, como ocorrência de um acidente, identificação de veículos próximos e conversões e troca de faixa, identificação de volume, congestionamento e por último a identificação de ameaças, todos esses fatores correlacionados com a rede de arquitetura WAVE, porém todos compartilham de desafios semelhantes, em todos eles são consideradas as trocas de mensagens entre os nodos.

Nos cenários das simulações são principalmente observadas questões de endereçamento, que visa de forma escalável rotear as mensagens transmitidas entre os nodos e garantir que a RSU tenha capacidade de alcance da área da simulação, nesse aspecto o deslocamento no tempo deve ser controlado com taxas de erros, e perda de contato e conexão. A estrutura de rede deve considerar atrasos de comunicação e tentar retransmitir e resincronizar constantemente os nós.

Os aspectos de destaque dos ambientes de simulação contemplados pelo padrão de comunicação IEEE 802.11p e da família IEEE 1609 WAVE foram observados no trabalho, como a recepção e envio de pacotes individual e broadcast, perda de pacotes e perda de sinais que são possíveis pelo controle de requisições do mac especificado no padrão do documento 1609_4 em multicanais. Motivado pela crescente demanda de uso de compartilhamento de arquivos entre os nodos e fornecimento de mídias no formato online.

O desafio de manter as mídias, não observado na pesquisa se refere a controle e manutenção de massa crítica, que propõe utilizar de arquivos entre nós (V2V) sejam fornecidos pelo proprietário desses serviços ou pelos próprios usuários da rede. Este desafio tende a ser

melhor difundido na indústria automobilística pelo caráter comercial que representa, por este motivo não foram encontrados trabalhos relacionados. Os dados de mobilidade são desafios que surgem para uso de dados e assistência ao condutor e o setor público, os simuladores obtenção de dados como velocidade, emissão de gases, desempenho de componentes e as rotas desempenhadas no trajeto.

4.4. Considerações

Diante do que foi apresentado em cada item anterior, seja na identificação do cenário proposto de forma real que consta do pré estabelecimento da área de abrangência e fluxos de veículos ao que será submetido o ambiente e que comprova a necessidade de controle de troca de mensagens da arquitetura, assim como possível perda de sinais pelas estruturas do mapa e considerando os desafios de transporte e capacidade de simulação, é indispensável a realização de controles estatísticos da massa de dados gerada em cada simulação. Assim como o conjunto de correlações apresentados no item 4.2 que impulsionam a crescente demanda de pesquisa dos ambiente.

5. Ambiente e Resultados Experimentais

Neste capítulo serão apresentados os testes e resultados obtidos com os cenários disponíveis no ambiente estudado e também avaliados os dados obtidos no cenário respectivo considerando situações de parada do tráfego em virtude do acidente e sua implicação na qualidade do serviço da rede nos dados registrados.

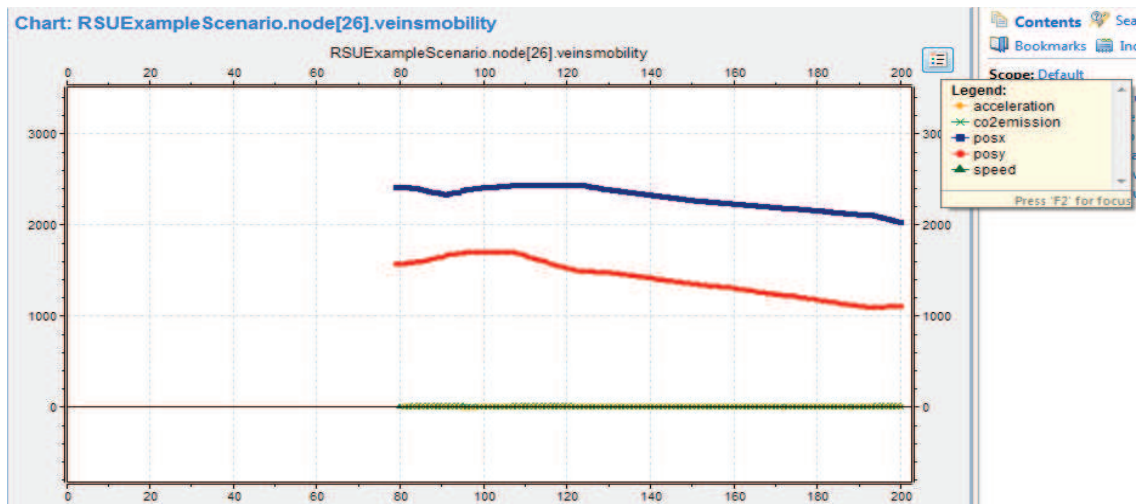
O ambiente apresentado na seção 4.1, que é composto do mapa obtido do OpenStreetMap incorporado após conversão para o Sumo e mapeado através do Veins para o simulador de rede OMNeT++ neste capítulo será alvo de coletas no plano de rede abordando as mensagens entre os nodos da rede e suas estatísticas de resposta do protocolo WAVE com pacotes WSM, BSM e índices de envio e recebimento de pacotes além de taxas de erros em cada cenário apresentado. Adicionalmente coletas de mobilidade foram possíveis e seus índices encontram-se nesta seção.

5.1. Gráficos no OMNeT++

O OMNeT++ proporciona através de recursos de geração de arquivos e gráficos gerados ao final da simulação na pasta “result”. Os arquivos nodebug-0.sca, nodebug-0.vec e nodebug-0.vci a cada simulação que registram dados da simulação, possibilitando criar arquivos de análise e selecionar filtros desejados, além de possibilitar exportação em formatos de arquivos externos como CSV, JASON ou SQLite. Para isso com um clique com o botão direito sobre um ou mais veículos selecionados é possível gerar um gráfico através da opção “plot”.

Como explicado anteriormente o OMNeT++ ao executar os ambiente de simulação captura e forma dados que são disponibilizados como gráficos, exemplo de visualização de um nodo e sua legenda na Figura 25. Os dados de mobilidade de um nodo, podem ser apresentados dados referente a mobilidade como emissão de gases, variação de posição, velocidade e aceleração.

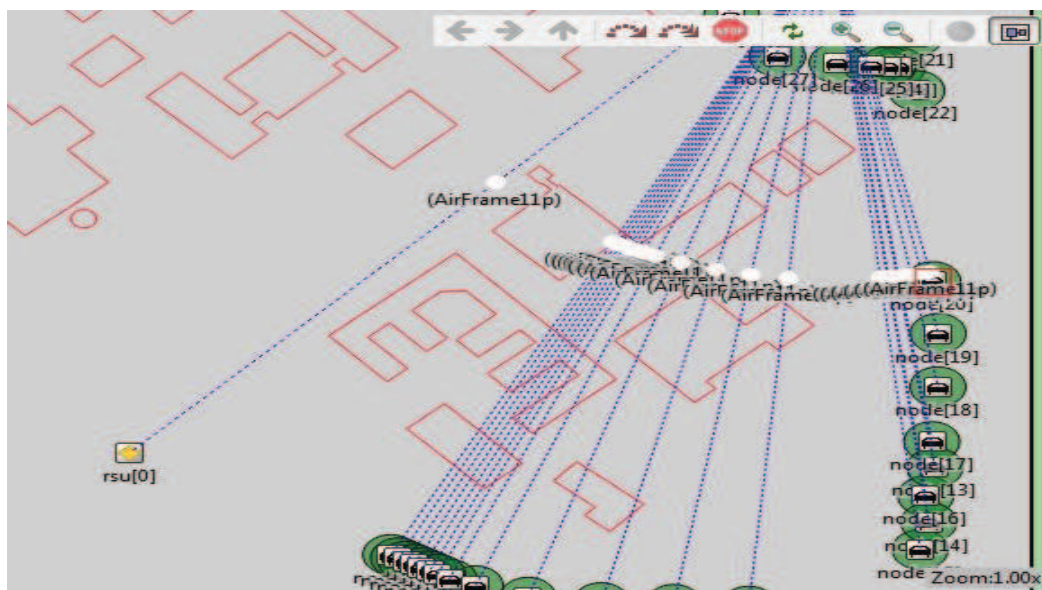
Figura 23 - Gráfico com legenda de dados do nodo [26].



Fonte: Do autor (2018).

Alem dos gráficos a interface gráfica dos simuladores, em especial o SUMO e OMNet++ apresenta o trajeto, sinais e mensagens ocorridas no cenário, onde podemos observar que ao ocorrer as notificações de acidente os veículos tem a possibilidade de alterar sua rota, atitude comum no trânsito atualmente, tal atitude pode ser observada na Figura 26, que exhibe o nodo 20 dividindo o pelotão de veículos, sendo que outros já mudaram sua rota devido as comunicações anteriores realizadas na rede.

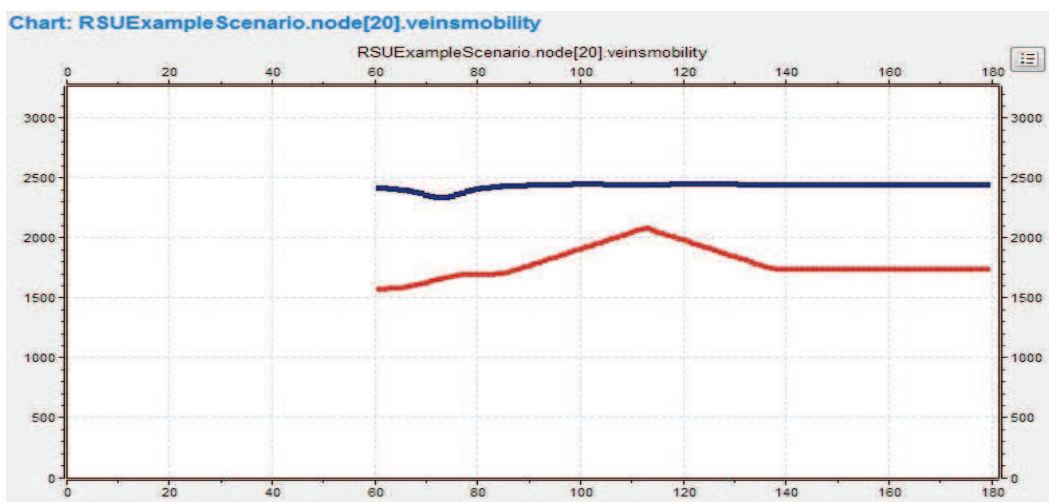
Figura 24 - Alteração da rota dos nodos.



Fonte: Do autor (2018).

As posições registradas pelo simulador relativas aos nodos que mudaram de rota contém mudanças maiores na posição Y nessa amostra, como podemos observar os nodos após o instante do acidente tiveram posições mais estáveis, refletindo opção de manutenção da rota, ao contrário de veículos que entraram antes do momento do acidente, como é indicado na Figura 27.

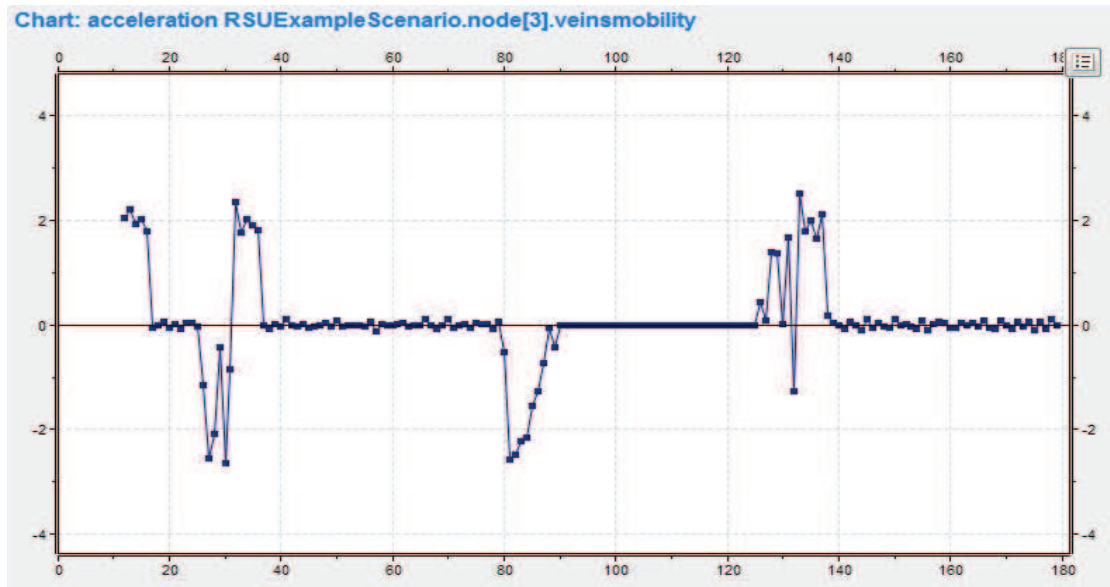
Figura 25 - Alteração da rota do nodo [20] instante de tempo 110s.



Fonte: Do autor (2018).

São possíveis controles de dados para monitoramento como da mobilidade de cada nodo, na Figura 28 são apresentados os dados de aceleração do nodo[3], e sua variação no percurso realizado.

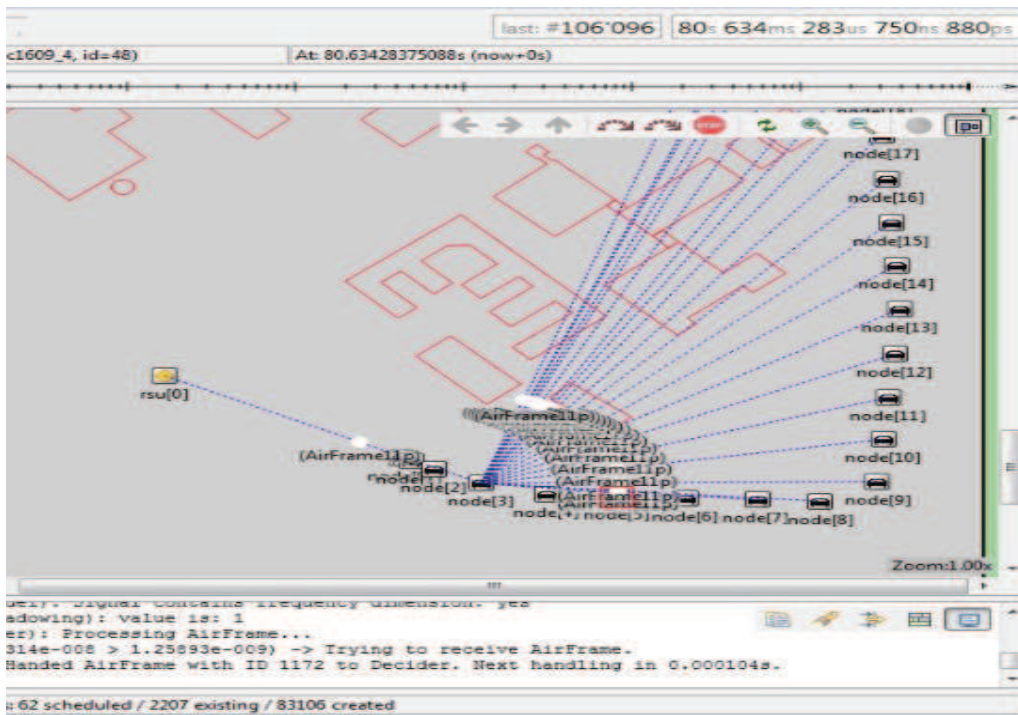
Figura 26 - Variação da aceleração do nodo[3].



Fonte: Do autor (2018).

Podemos adicionalmente coletar o momento que ocorreu um acidente, observando a aceleração reduzida a zero por um tempo alto como observado na Figura 29, que mostra o exato momento de um acidente e propagação da mensagem pelo carro nodo [3] e seu gráfico de aceleração.

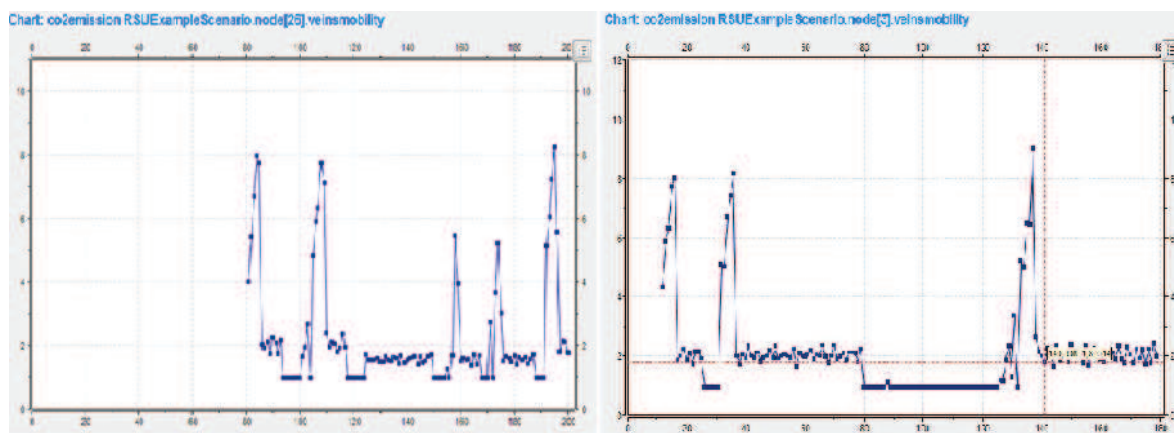
Figura 27 - Momento do envio de mensagem do nodo[3], comunicando sobre um acidente.



Fonte: Do autor (2018).

A ferramenta de simulação permite extração de dados diversos de um nodo além da esfera de mobilidade, no caso a figura 30, são apresentadas as possíveis obtenções de dados de emissões de Co2 do nodo [26] e nodo [3], ambos tratam de veículo e gera tal controle microscópico, proporcionando ao gestor da rede, por exemplo, um futuro uso da informação estatística da via ou ambiente real. Além de da vantagem de impacto ecológico e da vantagem estatística citada anteriormente é possível planejar emissões com possíveis tecnologias.

Figura 28 - Gráfico de emissões de Co2 do nodo [26] e [3].



Fonte: Do autor (2018).

5.2. Coleta pacotes de rede

Uma das análises que foram possíveis usando as ferramentas foram as coletas de dados de pacotes e transmissão de mensagens e pacotes dos cenários.

O conjunto entregue pelo simulador de rede é bem versátil e no caso a proposta visava avaliar a resposta do protocolo WSM, BSM e índices de envio e recebimento de pacotes, bem como a perda e possível perda de sinal.

As taxas de recebimentos Broadcast e envio de pacotes totais e médias, assim como as perdas dos pacotes e baixa de sinal com totais e porcentagem são apresentadas na Tabela 5 e esses índices apresentam seu desempenho excelente em virtude das baixas taxas de erros em meio a altas taxas de entrada e saída de pacotes.

Tabela 5 - Taxas de recebimentos, envios e perdas de pacotes por cenários.

Cenário	Recebimento Broadcast		Enviados		Perdidos	
	Totais	Média	Totais	Média	Totais	Porcentagem
Baixo	36935,20	738,70	5321,20	106,42	13,00	0,04
Leve	412453,00	2749,69	23262,00	155,08	767,00	0,19
Normal	2627296,00	6568,24	87223,00	218,06	4563,00	0,17
Elevado	13548824,00	13548,82	228376,00	228,38	98017,00	0,72

Fonte: Do autor (2018).

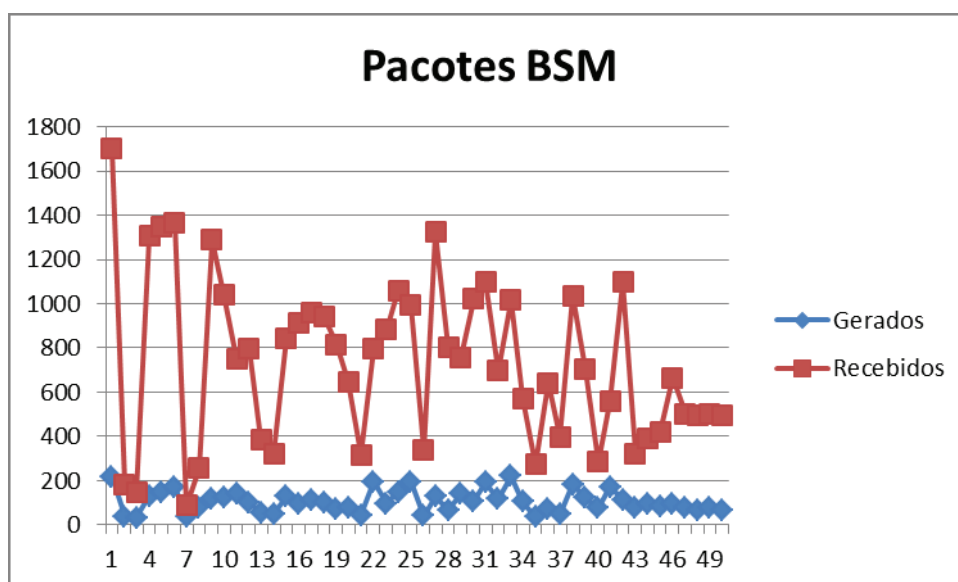
Pacotes BSM apresentam a quantidade de mensagens curtas, enviadas e para outros nós da rede, assim como sua recepção de outros nós. Sendo variável de acordo com a duração da simulação, sendo que ao início ocorrem mais trocas de pacotes e a relação de gerados e recebidos são variáveis. Os gráficos das Figuras 31, 32, 33 e 34 representam respectivamente a variação dos cenários Baixo, Leve, Normal e Elevado e a Tabela 6 apresenta seus valores.

Tabela 6 - Médias e Totais de Pacotes BSM por Cenários.

Cenário	Baixo		Leve		Normal		Elevado	
Pacotes	Gerados	Recebidos	Gerados	Recebidos	Gerados	Recebidos	Gerados	Recebidos
Média	105,52	730,80	154,16	2734,23	217,10	6546,07	227,40	13515,64
Totais	5276	36540,2	23124	410135	86839	2618427	227403	13515638

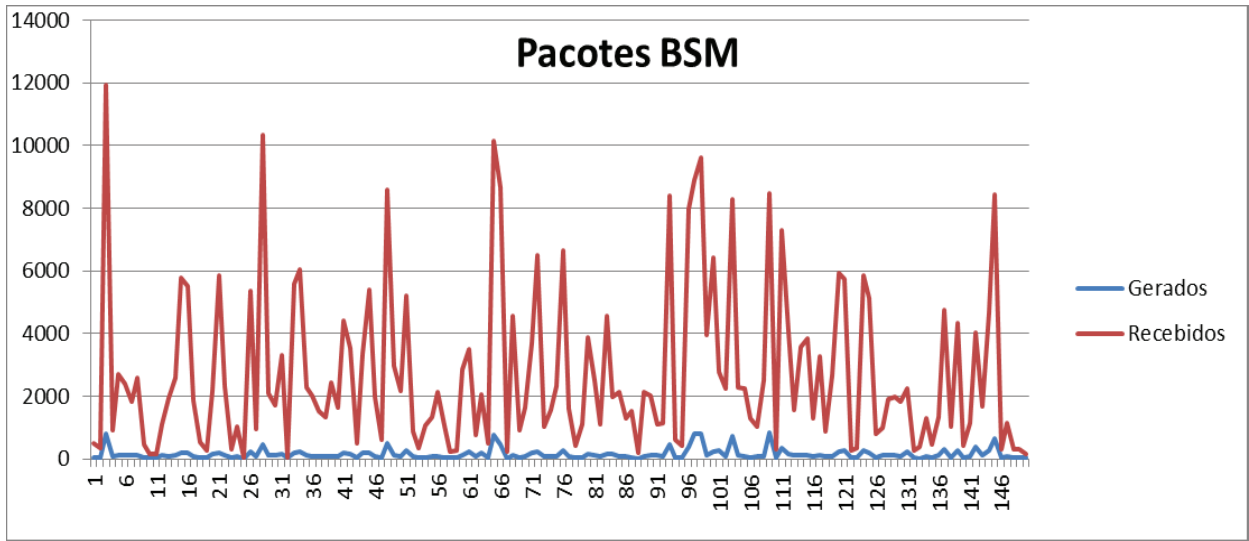
Fonte: Do autor (2018).

Figura 29 - Pacotes BSM Cenário Baixo (50 veículos).



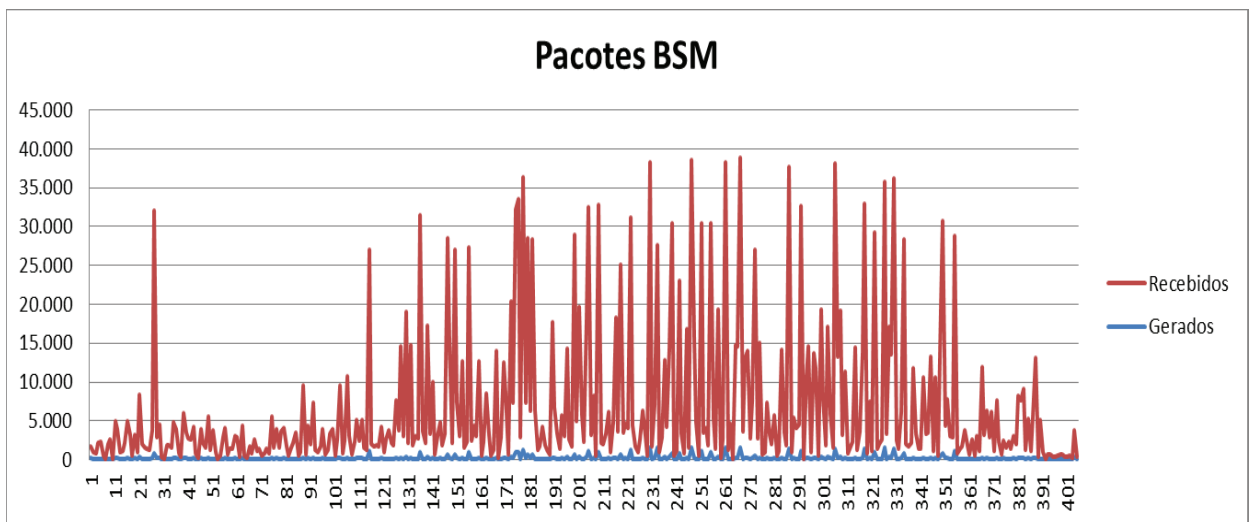
Fonte: Do autor (2018).

Figura 30 - Pacotes BSM Cenário Leve (150 veículos).



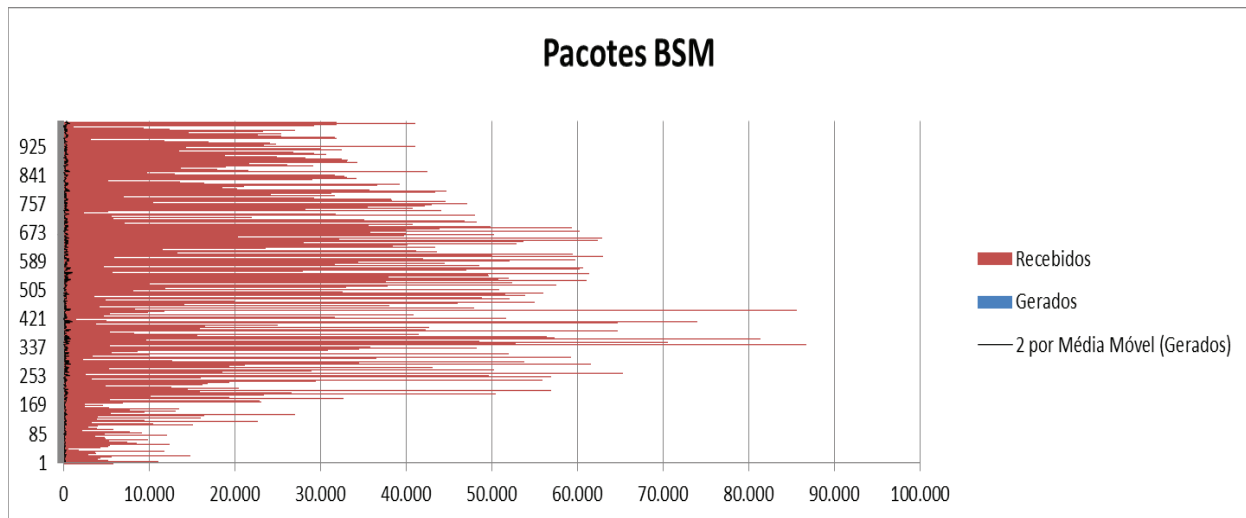
Fonte: Do autor (2018).

Figura 31 - Pacotes BSM Cenário Normal (400 veículos).



Fonte: Do autor (2018).

Figura 32 - Pacotes BSM Cenário Elevado (1000 veículos).



Fonte: Do autor (2018).

Pacotes WSM são controlados e geram dados interessantes, considerando que cada cenário controle a transferência via WSM em detrimento do IPV6, encapsulando controles no padrão conforme a arquitetura WAVE trabalha de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7 - Médias e Totais de Pacotes WSM.

Cenário	Baixo		Leve		Normal		Elevado	
Pacotes	Gerados	Recebidos	Gerados	Recebidos	Gerados	Recebidos	Gerados	Recebidos
Média	0,90	7,90	0,92	15,45	0,96	22,17	0,97	33,19
Totais	45,00	395,00	138,00	2318,00	384,00	8869,00	973,00	33186,00

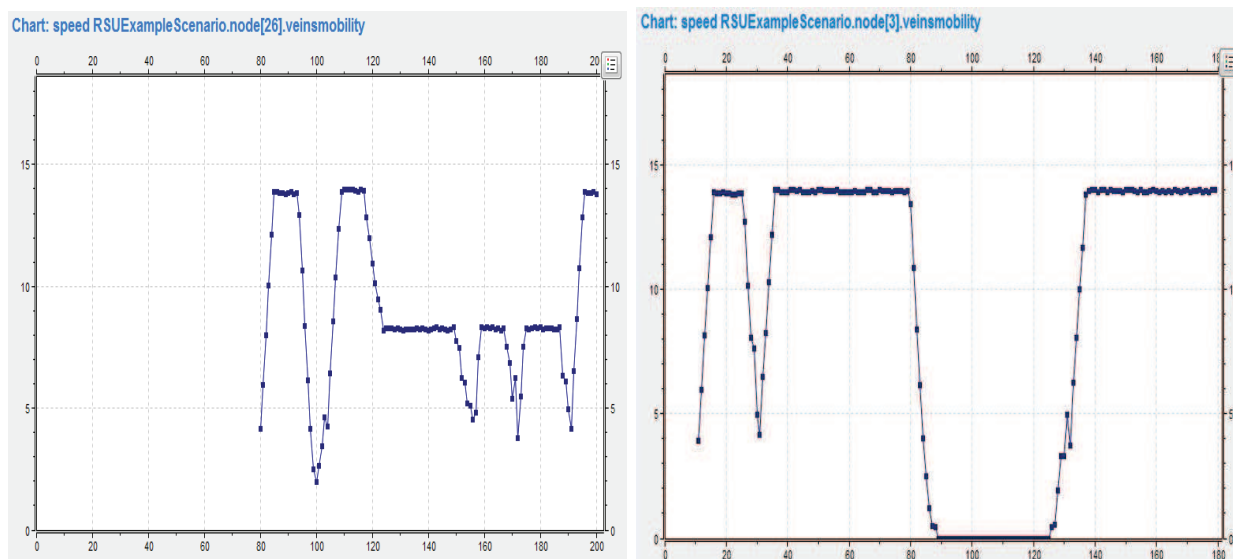
Fonte: Do autor (2018).

5.3. Coleta de dados de mobilidade

A ferramenta de captura do Omnet de forma semelhante extrai dados de mobilidade dos cenários abordados, no caso a figura 35, são apresentadas as velocidades registradas do nodo [26] e nodo [3], assim o veículo é monitorado pelo RSU com controle microscópico, oferecendo ao gestor da rede, por exemplo, um futuro uso desses valores registrados, seja como informação

estatística da via ou uso para sistemas de monitoramento e fiscalização se tornando uma vantagem planejar possíveis modificações ou monitoramentos.

Figura 33 - Gráfico de velocidade do nodo [26] e [3].



Fonte: Do autor (2018).

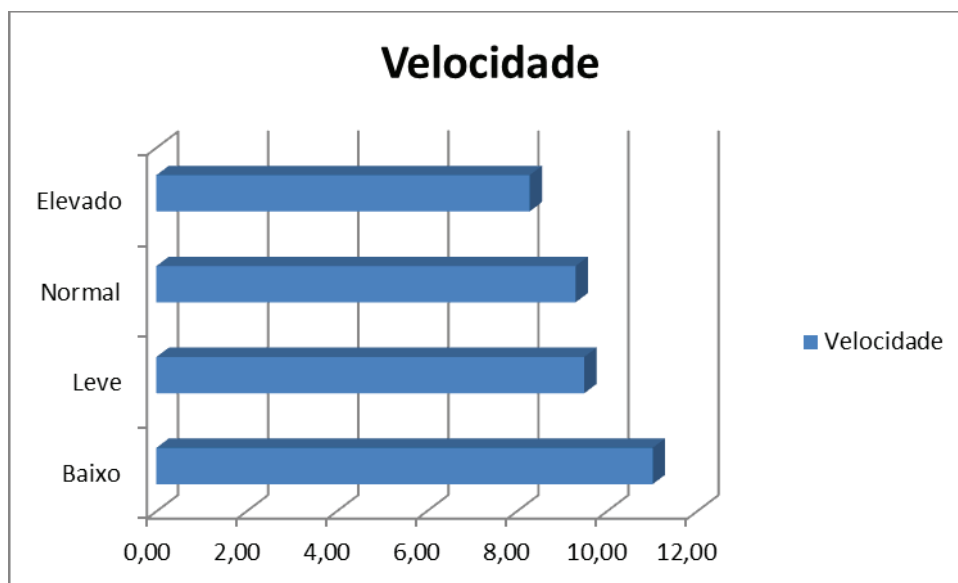
No conjunto dos cenários houve uma conjuração de valores médios de velocidades, melhor tratando os dados observa-se uma boa distribuição dos valores independente do cenário, de acordo com a Tabela 8 se manteve entre e 8,29 a 11,02 m/s que aponta uma satisfatória estatística considerando a diferença de volume de cada um dos cenários, e melhor observada na Figura 36.

Tabela 8 - Médias Velocidade por cenário (m/s).

Médias (m/s)	
Cenário	Velocidade
Baixo	11,02
Leve	9,50
Normal	9,31
Elevado	8,29

Fonte: Do autor (2018).

Figura 34 – Gráfico de Médias Velocidades por cenário (m/s).



Fonte: Do autor (2018).

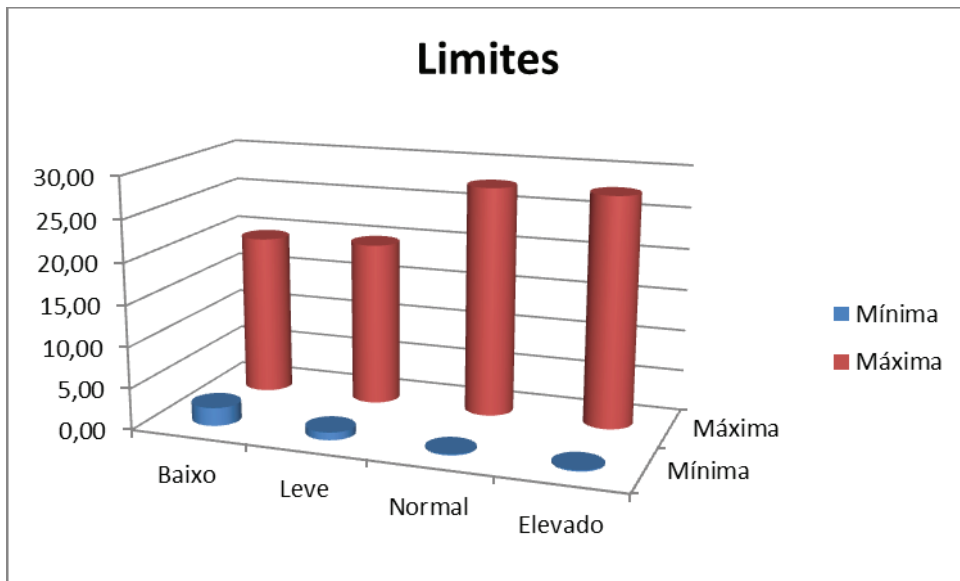
Olhando esse fator pela ótica de valores mínimos e máximos, na Figura 37 observamos uma maior distribuição nos cenários mais povoados, talvez pelo fato de melhor distribuir a movimentação das vias, com velocidades máximas elevadas chegando a 27,7 m/s que correspondem a 97,2 km/h, considerando que existem vias como a BR-282 logo próximo ao mapa.

Tabela 9 - Limites mínimos e máximos (m/s).

Limites				
Cenário	Baixo	Leve	Normal	Elevado
Mínima	2,20	0,93	0,14	0,15
Máxima	19,50	19,80	27,70	27,70

Fonte: Do autor (2018).

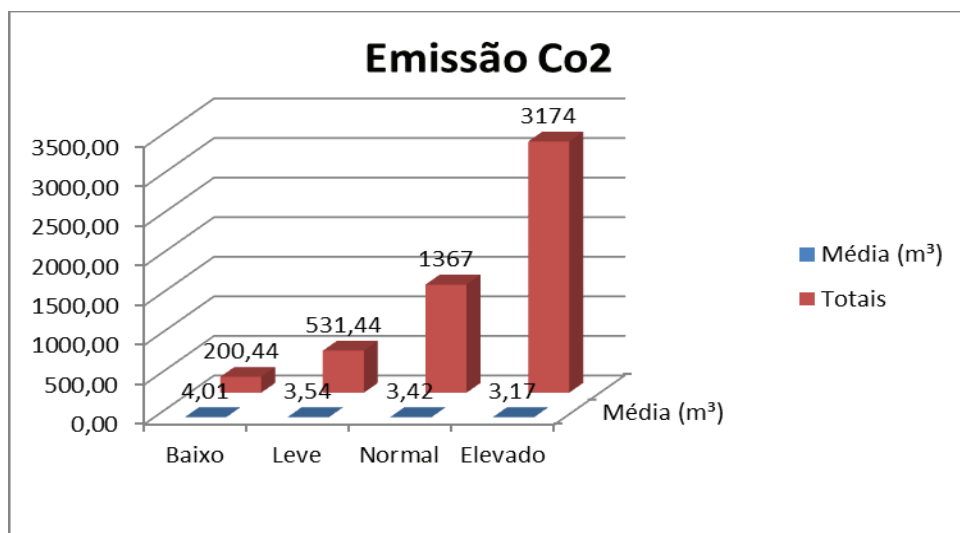
Figura 35 - Limites mínimos e máximos (m/s).



Fonte: Do autor (2018).

Adicionalmente o pacote de mobilidade, oferece mapeamento de emissão de poluentes, no caso a emissão de Co₂ na unidade m³ onde é possível verificar no Figura 38 a média de cada cenário e seus totais. Apresenta-se uma distribuição curiosa, pois a medida de aumenta a concentração de veículos e os veículos tendem a ficar maior tempo parado, ocasionando uma redução na média.

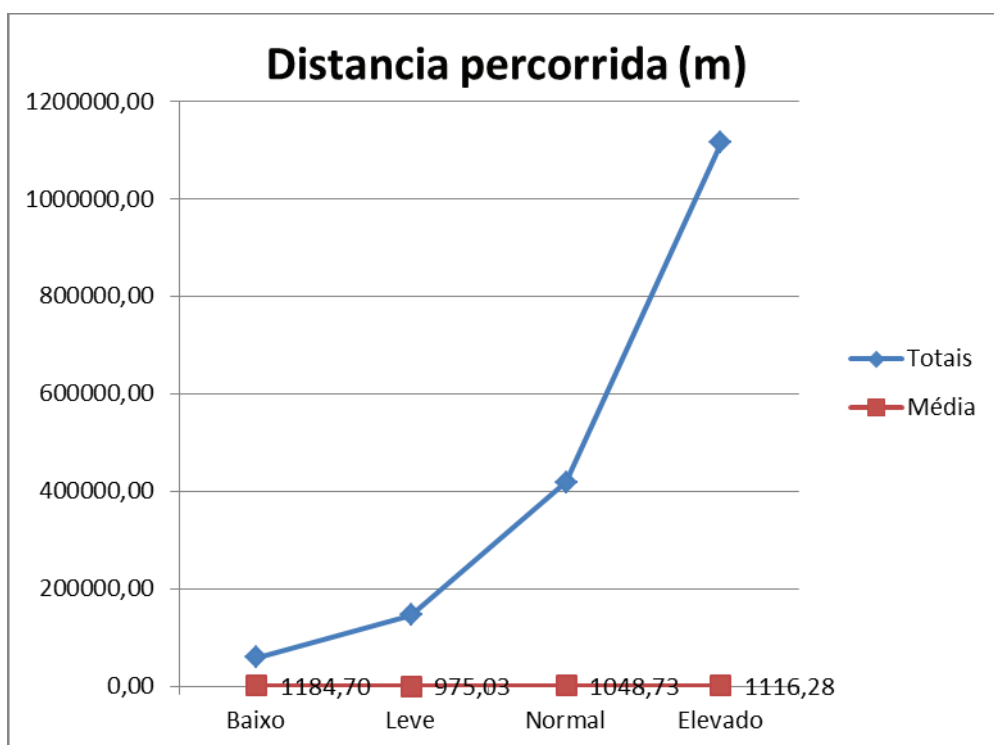
Figura 36 - Emissão de Co₂ médias e totais (m³).



Fonte: Do autor (2018).

Finalmente, podemos citar a distancia percorrida pelos veículos, de acordo com a Figura 39, o gráfico aponta acumulo em virtude da quantidade de veículos porém uma média constante.

Figura 37 - Distancias percorridas médias e totais (m).



Fonte: Do autor (2018).

5.4.Considerações

Ao observar os dados e o volume de dados em simulações, os apontamentos gráficos do simulador não atenderam a necessidade sendo exportados para planilhas e realizados cruzamentos e estatísticas, após normalização dos padrões de casas decimais. Considera-se importante salientar que o desempenho dos simuladores realmente não foi colocado em dúvida, apenas a ferramenta de gráficos que acabava por não atender. Como o projeto não previa uso de base de dados optou-se a visualização dos dados da forma até então visualizada.

Em avaliação das simulações apresentou-se um conjunto de dados proporcional ao que se esperava com escalabilidade dos recursos apesar de apresentarem falhas em geral pela disposição de hardware limitado quanto a quantidade de memória e união dos simuladores em execução, houve casos de suspensão da máquina por falta de memória, exigindo assim que fosse realizada uma reinicialização dos equipamentos, e iniciação dos processos.

Quanto ao desempenho em geral, apesar dos erros de hardware, foram necessários vários lances de testes para adequação dos arquivos, verificando possíveis conflitos da rede de polígonos de conversão do mapa, e eliminação de cruzamentos indesejados pois não atendiam a especificação do arquivo de conversão.

Além disso, as execuções dos cenários foram realizadas, inicialmente em modo execução natural das interfaces dos simuladores, porém tornavam os testes longos em média 1 a 2 horas de execução por exemplo no cenário classificado como Baixo. Então foi adotada estratégias de iniciar alguns nós (2 a 3) no mapa de execução e logo em seguida acelerar a execução do simulador de rede, assim otimizando o processo, reduzindo o tempo das simulações em até 30%, porém mesmo assim a simulação do cenário classificado como Elevado chegou a executar um lance de teste em até 8 horas.

Quanto ao aspecto da arquitetura WAVE considera-se satisfatório sua aplicação no ambiente escolhido, pois abrange aspectos como sucessos e controle conforme especificados pela IEEE, com ressalva do aspecto de encapsulamento dos controles, internos aos protocolos já conhecidos, porém a implementação do padrão WAVE considera superior em comparação ao conhecido IPV6 e de fato as taxas de erro são próximos de 0% nas amostras, com volumes consideráveis de pacotes.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Além de poder contribuir na redução de acidentes no trânsito e desperdícios de tempo graças às aplicações que rodam sobre os veículos e as infraestruturas à margem das vias na orientação a apoio ao condutor, sendo gerenciadas de forma eficaz, as redes veiculares tendem a representar avanço tecnológico.

Como foi tratado em cada um dos capítulos anteriores existem diversas aplicações de diferentes categorias e utilidades, portanto é importante o estudo desse novo cenário presente, e fomentar capacitação abrindo as portas dos mercados para aplicações surgirem, assim grandes corporações e governos investem possibilitando maiores avanços. Portanto pode se considerar um delineamento de um experimento para verificar qual arquitetura é mais interessante para a região, assim como implementar semáforos inteligentes, estabelecimento rotas de desvios com uso de machine learn.

O principal diferencial deste trabalho foi o uso de simuladores open source e abordagem da arquitetura WAVE em um ambiente simulado e baseado em um mapa real, o que proporciona uma melhor compreensão da tecnologia e seu impacto em situações reais. Neste trabalho foram pensados inúmeros simuladores como opção de uso, porém começaram a ser desenvolvidos em projetos de universidades como produtos open source, sendo que alguns depois de alcançarem um nível suficiente de maturidade e utilização pelos pesquisadores passaram também a ter versões comerciais ou foram descontinuados. Tal fator foi motivador para escolha do conjunto escolhido. Mesmo assim o fornecedor principal o grupo DLR teve ruptura e não fornecem mais informações sobre o framework SUMO, isso acabou dificultando uma parte dos trabalhos, pois ficou restrito aos documentos disponíveis na *sourceforge*, que detém a distribuição.

Mesmo tendo sido realizado o trabalho, com base na construção de ambiente de simulação, trabalhos futuros a serem desenvolvidos abordam a experimentação da área de segurança da informação de redes VANET. Ferramentas para segurança e confiabilidade de acesso levantadas neste trabalho ainda demonstraram um grande desafio por meio de mensagens falsas, que as redes veiculares não podem ser introduzidas no mercado sem medidas de proteção, tais como: identificação, autenticação, criptografia, reputação, confiança, entre outras.

De forma geral, foram apresentados um universo amplo de aplicações existentes em VANETs, apontando alguns dos trabalhos encontrados na literatura que já empregam esses

conceitos e deixar algumas direções de novos trabalhos. De forma a clarear e ajudar os pesquisadores que estão iniciando na área, foram apresentadas ferramentas e simuladores usados para projetar, desenvolver e avaliar soluções em ITS no contexto de VANETs.

As relações observadas no ambiente dos cenários estudados além dos desafios proporcionaram entendimento das dificuldades, porém como trabalhos futuros podem ser incentivados o estudo de manutenção de dados em nuvem devido o paradigma Big Data além de avaliar a possibilidade de realização de técnicas de mineração de trajetórias baseadas em análise de comportamento.

Apesar de não ser tratado armazenamento no projeto observou-se uma disposição alta de técnicas de normalização de dados e armazenamento não relacional, devido à intensidade de escrita, se enquadrando melhor um banco não convencional. Contudo o trabalho contribui para desmitificação dos mitos sobre a incerteza dos cenários de simulações, e aplica conceitos principais do contexto ratificando um meio de incentivo a capacitação e desenvolvimento de novas aplicações com as tecnologias abordadas.

Referências

ALVES, R. d. S. et al. Redes veiculares: Princípios, aplicações e desafios. Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, SBRC, 2009. Disponível em: <<https://www.gta.ufrj.br/ftp/gta/TechReports/ACC09.pdf>> Acessado em: Setembro 2017.

SOUSA, R. S. de; SOARES, A. C. B. Estimativa e sinalização de congestionamentos de tráfego através de redes veiculares v2v. XXXIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, Vitória, 2015. Acessado em: Outubro 2017.

MÜHLBAUER, R.. Repositório de arquivos Mestrado. Disponível em: <http://www.academia.edu/10605371/ESTUDO_DE_SIMULADORES_PARA_REDES_AD_HOC_VEICULARES_VANETS_>. Acessado em: Setembro 2017

OLIVEIRA, Renê R.. Protocolo Adaptativo De Disseminação De Dados Para Aplicações De Segurança No Trânsito Em Rodovias. UFSC2013 DAS. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/122649>>. Acessado em : junho de 2018.

EVANS, L. Traffic safety and the driver. New York, USA: VanNostrand Reinhold, 1991. 428 p. Acessado em: Setembro de 2018.

KUMAR Vishal, MISHRA Shailendra, CHAND Narottam. Applications of VANETs: Present & Future. Communications and Network, 2013, 5, 12-15 doi:10.4236/cn.2013.51B004 Published Online February 2013 (<http://www.scirp.org/journal/cn>). Disponível em: <<https://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=39086>> Acessado em: junho de 2018.

SILVA, R. F. Caracterização da mobilidade veicular e o seu impacto nas redes veiculares tolerantes a atrasos e desconexões. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. Acessado em: Setembro de 2017.

PANAYAPPAN, R. et al. Vanet-based approach for parking space availability. In: ACM. Proceedings of the fourth ACM international workshop on Vehicular ad hoc networks. [S.l.], 2007. p. 75–76. Acessado em: Outubro 2017.

UFRJ GTA. Grupo de estudo em Vanets. Disponível em:<https://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/vanet/>. Acessado em: Abril 2018

UFPI. Arquivos de repositório. Disponível em:<<http://eripi.ufpi.br/images/Minicursos/minicurso02.pdf>>. Acessado em: Junho 2017.

SBRC. Anais Srbc 2014. Um Protocolo de Roteamento Dinamico para Redes Veiculares. Disponível em: <<http://www.sbrc2014.ufsc.br/anais/files/wp2p/ST2-1.pdf>>. Acessado em: Outubro 2017.

UNIVALI. Repositório de arquivos. Um sistema de reputação descentralizado para avaliar a confiança dos nós em redes veiculares. Disponível em: <<https://siaiap39.univali.br/repositorio/handle/repositorio/1021>>. Acessado em: Novembro 2017.

RODRIGUES, Alex. Portal do trânsito. Disponível em: <<http://portaldotrânsito.com.br/noticias/numero-de-acidentes-e-mortes-em-rodovias-federais-cai-em-2017/>>. Acessado em: 18 de março 2018.

TRINDADE, I. IPEA estima custo anual com acidentes no Brasil em 40 bilhões. 2012. Congresso Internacional de Trânsito. Disponível em: <<http://www.congressodetransito.rs.gov.br/noticias/detalhe/20/IPEA-estima-custo-anual-com-acidentes-no-Brasil-em-R-40-bilhes>> Acessado em: 18 de março 2018.

SAÚDE, O. M. de. Relatório global sobre o estado da segurança viária 2015. Site OMS Disponível em:<http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRR_S2015_POR.pdf?ua=1>. Acessado em: 15 de março 2018.

R. B. Thompson, “Global Positioning System (GPS): The Mathematics of Satellite Navigation,” MathCAD library. Disponível em: < <http://www.mathsoft.com/appsindex.html> [1998](http://www.mathsoft.com/appsindex.html)>.Acessado em: março de 2018.

ROADTRAFFIC-TECHNOLOGY. Victoria to upgrade Great Ocean Road. Disponível em:<<https://www.roadtraffic-technology.com/news/victoria-upgrade-great-ocean-road/>>. Acessado em: 28 abril 2018.

Washington University In St Louis. WAVE https://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-14/ftp/j_08vwn.pdf Acessado em: outubro 2018

WAYMO. Relatório de segurança. Disponível em: <<https://waymo.com/safety/>>. Acessado em: 24 maio 2018.

PRF. Dados abertos de acidentes, Site PRF. Disponível em:<<https://www.prf.gov.br/portaldados-abertos/acidentes>>. Acessado em: 25 abril 2018.

VIAS SEGURAS. Dados estatísticos de acidentes nacionais, Vias Seguras. Disponível em:<http://www.vias-seguras.com/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_nacionais>. Acessado em: abril de 2018.

METROJORNAL. Brasil é o quinto país do mundo em mortes no trânsito, segundo OMS. Disponível em:<<https://www.metrojornal.com.br/foco/2017/05/01/brasil-e-o-quinto-pais-mundo-em-mortes-no-trânsito-segundo-oms.html>>. Acessado em: março 2018.

IME-USP. Seminário computação móvel Vanet. Disponível em:<https://www.ime.usp.br/~diogojp/computacao-movel-2017/seminar/fernando_freire_VANETs_Carros%20autonomos.pdf>. Acessado em: maio de 2018.

OMS. Brasil é o país com maior número de mortes de trânsito por habitante da América do Sul, Site Nações Unidas ONU. Disponível em:<<https://nacoesunidas.org/oms-brasil-e-o-pais-com-maior-numero-de-mortes-de-trânsito-por-habitante-da-america-do-sul/>>. Acessado em: março de 2018.

UFRJ. Redes Veiculares UFRJ. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/ensino/ee1879/trabalhos_vf_2014_2/bruno/index.html>. Visitado em 12 de maio de 2018.

Vehicle Ad Hoc Networks (VANETs): Challenges and Perspectives Yousefi, S. Iran Univ. of Sci. & Technol., Tehran Mousavi, M.S. ; Fathy, M. Disponível em:<<https://ieeexplore.ieee.org/document/4068700/>>. Acessado em: 04 de março de 2018.

VEINS - The open source vehicular network simulation framework. <<http://veins.car2x.org/>>. Acessado em: fevereiro a maio de 2018.

SOURCE FORGE. Simulation of Urban MObility - SUMO.<<https://sourceforge.net/projects/sumo/>>. Acessado em: janeiro a maio de 2018.

Omnnet++ Discrete Event Simulator – Site com downloads e documentação. Disponível em: <<https://www.omnetpp.org/omnetpp>>. Acessado em: 21 de março a maio de 2018.

OPEN STREET MAP WIKI. Grupo de discussão e portal de documentação. Disponível em: <<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/>>. Acessado em: fevereiro a maio de 2018.

TECHMUNDO. O que significam os 5 níveis de autonomia dos carros. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/carro/116608-significam-5-niveis-direcao-autonoma-carros.htm>

APÊNDICE A

Um Estudo Sobre os Desafios dos Ambientes de Simulação de Redes Veiculares WAVE.

Diogo Silva Bach¹, Mario Antonio Ribeiro Dantas²

¹Departamento de Informática e Estatística (INE) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil

²Departamento de Ciência da Computação (DCC) – Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

bach.diogo@grad.ufsc.br, mario.dantas@ufsc.br

Resumo. *Ambientes VANETs requerem um alto desempenho computacional de informações dos nodos e comunicação entre veículos. Desafios como a alta mobilidade dos nodos, as deslocamentos na topologia de rede, as redes densas que ocasionam altas taxas de perdas de pacotes por congestionamento na rede que dificultam a disseminação de informações. Neste trabalho apresenta-se um estudo sobre desafios dos ambientes VANETs no aspecto de QoS.*

1. Introdução e Motivação

A abordagem de redes veiculares (VANETs) consiste em uma grande rede de veículos em uma rede local sem fio (WLAN) que efetua a interligação dos veículos provendo um ambiente para a comunicação e processamento de informações. Em uma configuração VANET, as OBUs (Unidades On Board) são instaladas em cada veículo servindo como transmissor e receptor. A comunicação indicada ocorre diretamente entre veículo e veículo (V2V) ou via uma unidade de estação base RSU (Road Side Unit) realizada como veículo para infra-estrutura (V2I). A VANET forma uma topologia dinâmica e instável, devido à sua mobilidade de veículos de alta velocidade e exige transmissão de pacotes de dados de tempo. Para transferir pacotes de dados de sucesso o roteamento desempenha um papel importante. VANET usa muitos protocolos de roteamento, um deles é CBRP (Cluster Based Routing Protocol), que funciona de forma eficiente na topologia de rede instável. Mas técnicas tradicionais de agrupamento primário não possui qualidade de serviço (QoS) e dificulta a realização da rede estável. O protocolo tradicional é modificado de diversas maneiras diferentes para análise em simuladores abordados diferentes (figura 1) em vários parâmetros para de acordo com a técnica eficaz na topologia de VANET instável.

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo dos conceitos de VANETs, além de apresentar uma proposta de simulação de ambientes com cenários utilizando simulador livre e geração de dados para análise de desempenho computacional e estatístico da rede segundo a arquitetura WAVE. O armazenamento e processamento dos dados são pensados de acordo com o paradigma de IoT e IoE, considerando o volume de dados gerados.

2. Fundamentação Teórica

O conceito de VANET surgiu na década de 1970 como ERGS (Sistema de Roteamento e Condução Eletrônica) que foi proposto por Dan A. Rosen et al, visto como um passo em direção à construção de um sistema de comunicação e controle veicular. O PROMETHEUS (Programa para o tráfego europeu com maior eficiência e sem precedentes de segurança) foi iniciado e lançado na Europa em 1988, em que atividades de pesquisa e desenvolvimento na área de informática e tecnologia de comunicação e comunicações móveis para veículos a motor foram realizadas. Em 1997 e 2000, um marco notável e grandes mudanças de paradigma foram observadas nos EUA e no Japão, com resultados impressionantes em demonstrações de condução autônomas cooperativas. De 1998 a 2005, o foco foi transferido para ações cooperativas de segurança. A comunicação entre os veículos nos primeiros dias de VANET trabalhava na casa de kHz. Mas, nos últimos tempos outros equipamentos surgiram os quais podemos nos comunicar mais rapidamente e melhor. Os dispositivos estão equipados com vários meios de comunicação de acesso sem fio padrões de controle de controle (MAC), como IEEE 802.11, recentemente com a evolução (LTE) ou interoperabilidade mundial para acesso ao micro-ondas (WiMax). O padrão IEEE 802.11p (WAVE) é o mais recente nesta lista, no entanto, uma comunicação de curto alcance também pode ser usada como Área Pessoal Redes que usam tecnologia Bluetooth para protocolo de acesso sem fio em veículos e Ambientes (WAVE).

O roteamento é uma parte importante de qualquer rede, numerosos protocolos são projetados para VANET visando resolver diferentes objetivos. A categorização de diferentes protocolos de roteamento VANET é mostrada em Figura 1.

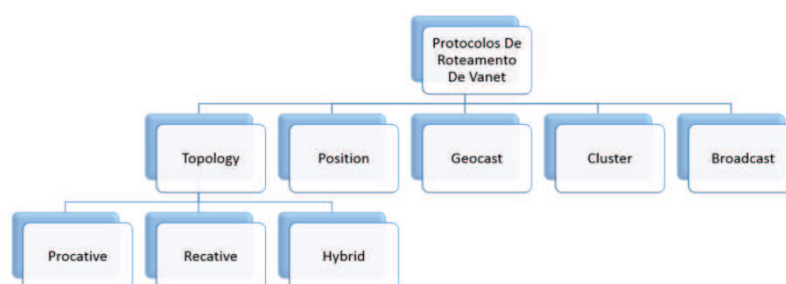


Figura 38 - Categorização de protocolos de roteamento [Satyajeet, et al]

3. Proposta e Trabalhos Relacionados

O modelo proposto sugere um ambiente de simulação, baseado em uma área real, de uma rede de veículos montada sobre a arquitetura WAVE. Para tanto, foram montadas as estruturas necessárias para prover os ambientes de rede, tráfego e integração da simulação, considerando sensores incorporados aos veículos e unidade de recepção de borda com transmissão sem fim. Foram usados na implementação do ambiente o conjunto o SUMO win32 release v0.30.0, Framework Veins v4.6 e IDE OMNeT++ v5.2.1 , de acordo com a Tabela 3, em virtude da grande abrangência da tecnologia WAVE e seu funcionamento no padrão IEEE 802.11p, vasta documentação e suporte continuado das ferramentas. Foram criados quatro cenários representando tráfego Baixo, leve, normal e elevado e um ambiente com eventos de interrupção do tráfego, e foram realizadas coletas de rede.

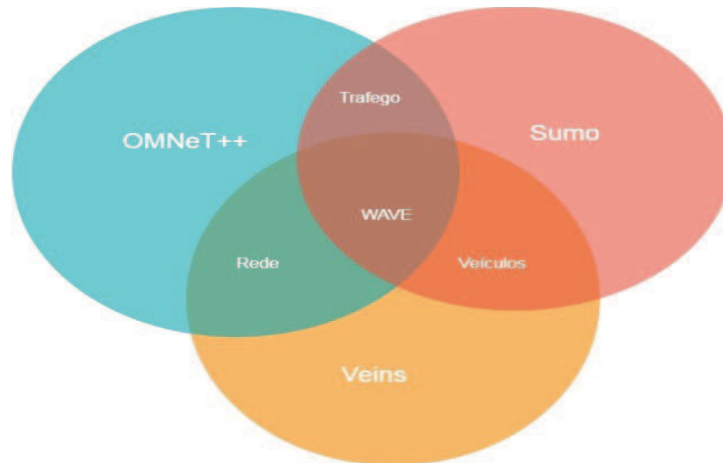


Figura 39 – Modelo do Ambiente de arquitetura WAVE [do autor]

A computação distribuída de alto desempenho pode ser entendida como um segmento de ciência da computação que tem como objetivo a melhorias do desempenho de aplicações distribuídas e paralelas (Dantas 2005). A High Performance Computing (HPC - Computação de Alta Performance) permite que cientistas e engenheiros solucionem problemas complexos e que fazem uso intensivo de computação. Geralmente, os aplicativos de HPC exigem redes de alto desempenho, armazenamento rápido, grandes quantidades de memória, recursos muito elevados de computação ou todos esses itens (AWS 2017). Quando trabalhamos com Internet Of Things (IoT) e Internet Of Everything (IoE), o ramo o qual as redes VANETs operam funcionalmente, existe uma vasta quantidade de informações a ser manipuladas assim a HPC se rende necessária para obter resultados excelentes e realísticos. Grandes potências do mercado de TI oferecem serviços HPC em nuvens privada e/o públicas.

Dinamicidade caracteriza uma dificuldade para a criação de rotas para a transmissão de mensagens entre os veículos, uma vez que estas rotas são quebradas rapidamente pela perda da comunicação entre os veículos. Apresentamos um protocolo baseado em heurísticas para a construção de rotas que se adaptam ao estado do ambiente de comunicação. [Gorender, Sérgio et al]

Ambientes VANETs apresentam a necessidade que se identifique a presença de nós maliciosos que propagam mensagens falsas na rede, situações de mensagens de alerta geradas pelo sistema. [Fernandes, Claudio Piccolo et al]

4. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste trabalho de pesquisa apresentamos um estudo inicial sobre as VANETs com o desenvolvimento de cenários com o simulador Sumo, por ser amplamente utilizado, adaptável e de código aberto. Foram criados quatro cenários representando tráfego baixo, leve, normal e elevado e um ambiente simulado com cenários alternativos e principais de VANETs e seus componentes, configurando o cenário com sensores para captura de dados, um servidor local para gerenciamento da rede de sensores. O ambiente de simulador de tráfego gerando dados de controle e análise. O trabalho visa analisar como a arquitetura se comporta com fluxos diversos de tráfego dados e controle mensagens a fim de garantir ao veículo plena segurança ao fornecer dados da rede e informações de tráfego.

Cenário	Recebimento Broadcast		Enviados		Perdidos	
	Totais	Média	Totais	Média	Totais	Porcentagem
Baixo	36935,20	738,70	5321,20	106,42	13,00	0,04
Leve	412453,00	2749,69	23262,00	155,08	767,00	0,19
Normal	2627296,00	6568,24	87223,00	218,06	4563,00	0,17
Elevado	13548824,00	13548,82	228376,00	228,38	98017,00	0,72

Figura 40 – Taxas de cada cenário [do autor]

Foram considerados satisfatórios resultados, pois abrange aspectos como sucessos e controle conforme especificados pela IEEE, com ressalva dos aspectos de encapsulamento dos controles, internos aos protocolos já conhecidos, porém a implementação do padrão WAVE considera superior em comparação ao conhecido IPV6 e de fato as taxas de erro são próximos de 0% nas amostras, com volumes consideráveis de pacotes.

Como trabalhos futuros vamos implementar cenários que possam indicar se o ambiente se complementa com auxílio implementações do modelo de SDN para gestão de redes e otimização de rotas auxiliando a realização do processamento distribuído.

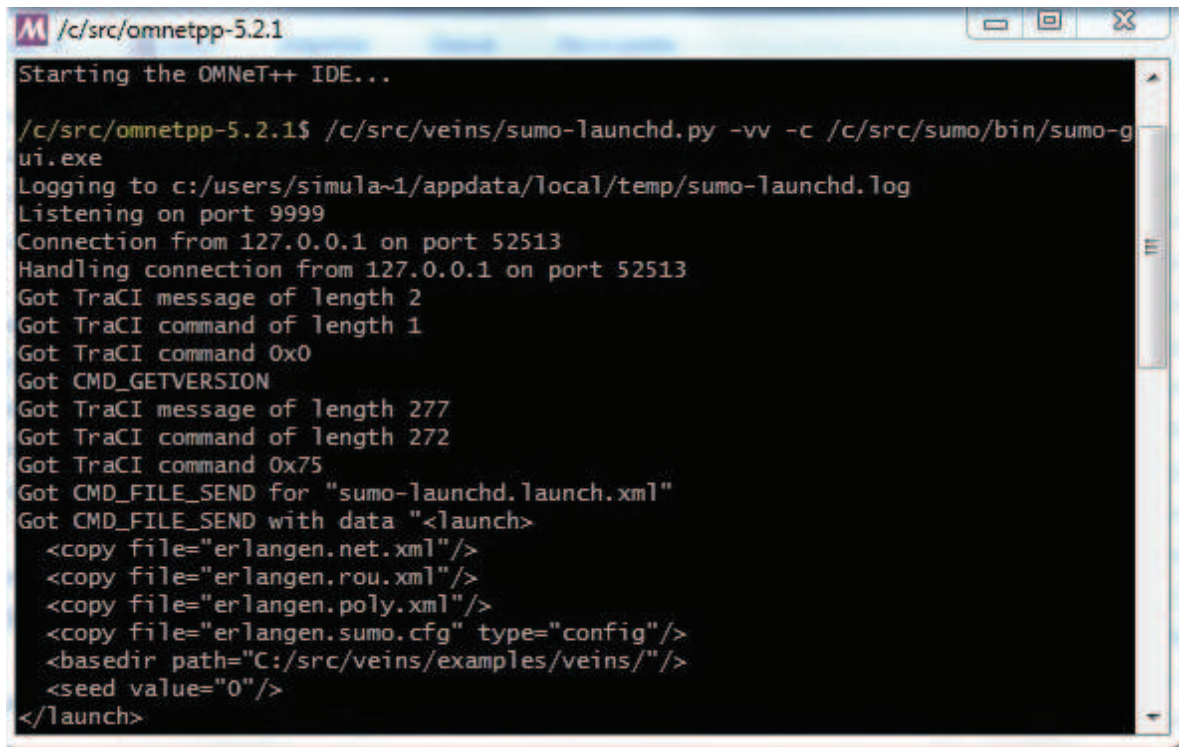
Referências

- D.A. Rosen, F.J. Mammano, and R. Favout. An electronic-route-guidance system for highway vehicles. *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, 19(1):143-152, Feb 1970.
- A.M. Vegni and V. Loscri. A survey on vehicular social networks. *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, 17(4):2397-2419, Fourthquarter 2015.
- Fernandes, Claudio Piccolo. Um Sistema De Reputação Descentralizado Para Avaliar A Confiança Dos Nós Em Redes Veiculares
<https://siaiap39.univali.br/repositorio/bitstream/repositorio/1021/1/Claudio%20Piccolo%20Fernandes.pdf>
- Satyajeet, D. (2016) – *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887), Volume 134 – no. 12, <http://www.ijcaonline.org/research/volume134/number12/satyajeet-2016-ijca-908080.pdf>
- Sá, Margarete, Gorender, Sérgio. Um Protocolo De Roteamento Dinâmico Para Redes Veiculares. *WoSiDA 2014*
- DANTAS, Mario. *Tecnologias de Redes de Comunicação e de Computadores*. Rio de Janeiro: Axcel
- DANTAS, Mario. *Computação distribuída de alto desempenho: Redes, Clusters grids computacionais*. Rio de Janeiro: Axcel, 2005. 280 p. Books, 2002. 340 p.
- TANENBAUM, A. S. *Redes de Computadores*. Trad. 4 ed., Campus, Rio de Janeiro, 2003. p. 948.

APÊNDICE B

Lista de comandos para criar ambiente dos cenários.

1. Organizar os 3 pacotes de arquivos e softwares em um diretório, escolhido para esse cenário foi “c/src”;
2. Construir o OMNeT++, para isso é necessário executar o arquivo *mingwenv.cmd* contido na pasta bin e inserir inicialmente o comando, sem aspas, “./configure” e esperar a execução dos arquivos, após essa execução deve finalizar com execução do comando, sem aspas, “make”. Com esses dois passos o software fica construído e possibilita sua abertura, com o comando, sem aspas, “omnetpp”;
3. Após o passo 2 deve ser aberto o OMNeT++, e se aproxima da interface da IDE de programação Eclipse. Deve ser importado o framework Veins, realizando a sequência *File > Import > General: Existing Projects into Workspace* e localizando o arquivo no diretório escolhido no passo 1;
4. Na janela do *mingwenv.cmd*, que permanece aberta enquanto executa-se o OMNeT++, deve ser carregado os dados da integração do Veins, com a execução do comando, sem aspas, “*cd ../veins/examples/veins*”, onde a pasta *veins* pode conter o nome da versão instalada no diretório do passo 1. Em seguida executando o seguinte comando para iniciar o SUMO “*/c/src/sumo/bin/sumo.exe -c erlangen.sumo.cfg*” ;
5. Para simplificar o Veins possui um script que evita a execução previa a toda simulação do SUMO feita no OMNeT++, para isso deve ser utilizada o comando “*/c/src/veins/sumo-launchd.py -vv -c /c/src/sumo/bin/sumo.exe*” , a partir desse comando será iniciada escuta da porta 9999 que permanece ativa enquanto ocorrer a simulação e permanecer aberta, como pode ser observado na Figura 23;
6. Para iniciar a simulação é necessário executar o arquivo *omnet.ini* pela interface do OMNeT++ e com as opções do clic no mouse com o botão da direita, selecionar a opção *Run As > OMNeT++ simulation* ou pelo botão verde de execução. Com isso inicia-se a janela do SUMO com simulação e a interface de rede do cenário, necessitando apenas executar Run nesta janela. Para executar a simulação e mapeamento da rede.



```
/c/src/omnetpp-5.2.1
Starting the OMNeT++ IDE...

/c/src/omnetpp-5.2.1$ /c/src/veins/sumo-launchd.py -vv -c /c/src/sumo/bin/sumo-g
ui.exe
Logging to c:/users/simula~1/appdata/local/temp/sumo-launchd.log
Listening on port 9999
Connection from 127.0.0.1 on port 52513
Handling connection from 127.0.0.1 on port 52513
Got TraCI message of length 2
Got TraCI command of length 1
Got TraCI command 0x0
Got CMD_GETVERSION
Got TraCI message of length 277
Got TraCI command of length 272
Got TraCI command 0x75
Got CMD_FILE_SEND for "sumo-launchd.launch.xml"
Got CMD_FILE_SEND with data "<launch>
  <copy file="erlangen.net.xml"/>
  <copy file="erlangen.rou.xml"/>
  <copy file="erlangen.poly.xml"/>
  <copy file="erlangen.sumo.cfg" type="config"/>
  <basedir path="C:/src/veins/examples/veins"/>
  <seed value="0"/>
</launch>
```

Figura 41 - Resultado após sequência de passos 1 a 6.

Lista de comandos para rou:

```
netconvert --osm-files map.osm -o map.net.xml
```

```
polyconvert --net-file map.net.xml --osm-files map.osm --type-file
typemap.xml -o map.poly.xml
```

```
python /home/simulatortcc/sumo/tools/randomTrips.py -n map.net.xml -e
150 -l
```

```
python /home/simulatortcc/sumo/tools/randomTrips.py -n map.net.xml -r
map.rou.xml -e 150 -l
```