



Uso de VANET em Sistemas de Transportes Inteligentes

Maria Viviane Vieira Matos de Jesus¹, Jadir Fontes Arnaldo Junior¹, Guilherme Boroni Pereira¹, Leila Buarque Couto de Matos², Edward David Moreno³, Ricardo José Paiva de Britto Salgueiro³

¹Discentes do Curso Técnico Integrado de Informática. Bolsista PIBIC Jr. – IFS. E-mail: mariavivianematos@hotmail.com, jadirfontes@hotmail.com, guilherme.boroni@hotmail.com

²Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – UFS. Professor Efetivo de Informática - IFS. E-mail: leila@ifs.edu.br

³Professores do Departamento de Computação e do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – UFS. E-mail: edwdavid@gmail.com, ricardo.salgueiro@gmail.com

Resumo: As pesquisas em redes veiculares estão em crescente avanço. Observa-se o aumento das possíveis aplicações que podem ser implementadas, fazendo uso dessa tecnologia. As redes veiculares (VANET - *Vehicular Ad hoc NETWORKS*), nos próximos anos, serão uma realidade no nosso cotidiano, já que grandes fabricantes de veículos estão empenhados em melhorar o Sistema de Transporte Inteligente. Para isso, é proposto um estudo sobre como é feito o uso dessa tecnologia de comunicação, o padrão utilizado e as demandas existentes no trânsito de veículos, nas vias públicas. Cabe, também, observar a extrema importância da segurança do dado que trafega nesse tipo particular de rede. Nesse sentido, foi feito um breve estudo sobre criptografia, para enfatizar uma forma de troca de mensagem segura. O uso de simulador em redes veiculares VanetMobiSim permitiu verificar o comportamento do trânsito e criar cenários que facilitaram os resultados dos testes feitos. O objetivo das VANET, nos Sistemas de Transportes Inteligentes - STI, é garantir o bom fluxo nas vias, atendendo melhor a população e garantindo a segurança da vida das pessoas.

Palavras-chave: rede veicular, segurança de dados, criptografia, simulador, VANET

1. INTRODUÇÃO

O objetivo desse trabalho é mostrar, através do simulador VanetMobiSim, a importância das redes veiculares nos STI (Sistemas de Transportes Inteligentes), elencar algumas aplicações demandadas e as tendências crescentes do uso seguro das redes veiculares no cotidiano.

LUÍS (2009) e SUMRA *et al.* (2011) afirmam que o principal objetivo de uma VANET é prover segurança aos passageiros em estradas, tanto os condutores, como as pessoas nas vias públicas. As redes veiculares são conhecidas como redes *ad hoc* veiculares (*Vehicular Ad hoc NETWORKS* - VANET). As VANET, pode-se afirmar, é um tipo especial das MANET (*Mobile Ad hoc NETWORKS*), redes sem fio entre veículos, nas quais os nós são veículos automotores de alta mobilidade e trajetórias definidas, com um ponto de origem e outro de destino.

A arquitetura aplicada às VANET pode ser V2I (*Vehicle-to-Infrastructure*) ou V2V (*Vehicle-to-Vehicle*), em que, dependendo da aplicação, é formada uma rede no Padrão IEEE 1609 que define algumas características importantes desta rede. Essas características são a arquitetura, o modelo de comunicação, a estrutura de gerenciamento, os mecanismos de segurança e o acesso à camada física. O acesso pode alcançar uma velocidade de até 27 Mb/s, as distâncias entre os nós de até 1.000 m ou 1 km e uma baixa latência na comunicação sem fio em ambientes veiculares, ou seja, apenas entre veículos ou veículos e pontos fixos nas vias, como postes, semáforos, entre outros no mesmo perímetro. Para a arquitetura V2V e V2I, o Padrão IEEE 1609 estabelece, também, os componentes básicos, sendo OBU (*On Board Unit*) para os veículos, RSU (*Road Side Unit*) para a infraestrutura e a interface WAVE (*Wireless Access in Vehicular Environments*).

A tecnologia utilizada é a de rádio DSRC (*Dedicated Short Range Communications*) na frequência de 5,9 GHz, essencialmente uma extensão do padrão IEEE 802.11a. A Figura 1 ilustra o espectro destinado a DSRC. Dois ou mais veículos ou estações ITS (*Intelligent Transportation System*) estão na faixa de comunicação via rádio e se conectam, automaticamente, criando uma rede *ad hoc*, em que todos os nós podem trocar informações para a segurança no trânsito. Vale ressaltar que o ITS



também conhecido como STI tem por objetivo incrementar aplicações de segurança pública que podem salvar vidas e melhorar o fluxo de tráfego, muito utilizados pelo Departamento de Transporte nos Estados Unidos e Europa.

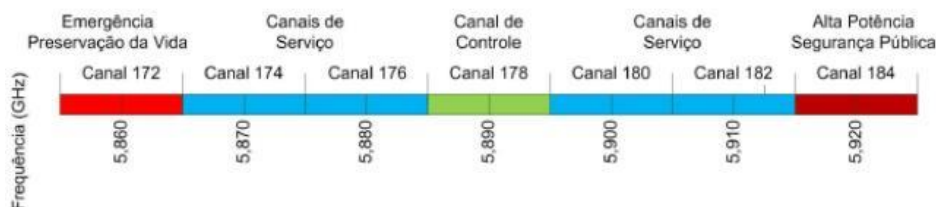


Figura 1 - Canais disponíveis para o IEEE 802.11p. ALVES *et al.* (2009)

Segundo LIN *et al.* (2008), nas transmissões de rotina relacionadas ao tráfego em VANET, dados como posição, tempo atual, direção, velocidade média, *status* de parada, direção do ângulo, sinal de aceleração/desaceleração, condições de tráfego e eventos de trânsito devem ser protegidos e informados aos condutores com antecedência, evitando acidentes e congestionamentos nos grandes centros. Assim, aplicações vêm sendo propostas para esse novo cenário, em busca da ubiquidade de acesso (C2C, 2011) às informações da rede veicular. Observou-se que a forma mais utilizada, tecnologicamente, para a segurança de dados em qualquer tipo de comunicação é a criptografia. Para o desenvolvimento e estudo mais aprofundado das VANET, foi feito uso de um simulador para redes veiculares, o VanetMobiSim. Isso facilitou as visualizações comportamentais do trânsito de forma próxima do real, confirmando a importância da tecnologia nos Sistemas de Transportes Inteligentes.

2. VANET

No contexto de comunicação de redes sem fio as *Vehicular Ad hoc NETWORKS* são uma nova forma de pensar comunicação de forma prática, trazendo ao condutor de um veículo a possibilidade de agregar novas aplicações que garantam segurança no tráfego. Em 2004, o IEEE iniciou a padronização das comunicações em redes veiculares, dentro do grupo de trabalho IEEE 802.11. A família IEEE 1609 é o padrão que normatiza o WAVE na comunicação de dados sem fio entre veículos. O padrão IEEE 802.11p WAVE ainda se encontra em fase de desenvolvimento (ALVES *et al.*, 2009).

A arquitetura WAVE está definida em seis documentos (ITS, 2009):

- IEEE Padrão 1609.0 – descreve a arquitetura WAVE;
- IEEE Padrão 1609.1 – serviços e interfaces das aplicações de gerência de recursos WAVE;
- IEEE Padrão 1609.2 – serviços de segurança para aplicações e gerenciamento das mensagens;
- IEEE Padrão 1609.3 – serviços de rede e camada de transporte, endereçamento e roteamento;
- IEEE Padrão 1609.4 – operações de multicanais - fornece aprimoramentos para o IEEE 802.11

MAC (*Media Access Control*), Controle de Acesso ao Meio para apoiar as operações WAVE;

- IEEE Padrão 1609.11 – protocolo de troca de dados sobre o ar para o STI.

A tecnologia fornece vários canais de comunicação, os quais são divididos nas categorias: um canal de controle e canais de serviço, conforme mostrado na Figura 1. O canal de controle é reservado para a transmissão em *broadcasting* e para coordenar as comunicações, que acontece em outros canais. Dois dos canais do DSRC são usados, exclusivamente, para aplicações de segurança pública e só podem ser usados para mensagens de alta prioridade.

3. APLICAÇÕES

A evolução das pesquisas em VANET permitirá aos veículos terem uma comunicação eficiente entre si e infraestrutura fixa, propiciando aplicações de segurança dos veículos, de forma geral, ou aplicações de entretenimento. No que se refere à segurança, a sociedade contará com assistência avançada ao condutor, visando reduzir o número de acidentes e o impacto dos acidentes não-evitáveis.

Aumentando-se a eficiência do controle de tráfego, como o controle de congestionamento, haverá redução do consumo de combustível, diminuição do tempo de transporte e proteção do meio ambiente.

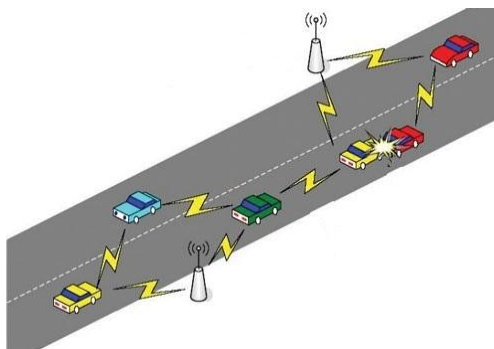


Figura 2 - Exemplo de uma VANET (QIAN *et al.*, 2008)

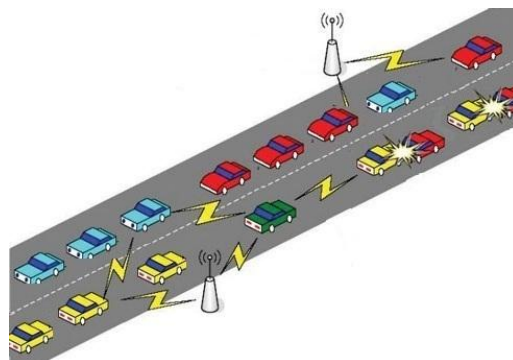


Figura 3 – Congestionamento em via pública, adaptado de (QIAN *et al.*, 2008)

Nos exemplos acima, com o uso da rede veicular, os motoristas próximos poderiam ser avisados antes de entrar na via e tomariam outra rota, evitando congestionamento e outras colisões, como mostra a Figura 2. A Figura 3 mostra um congestionamento ocasionado pela inexistência das VANET ou com o uso da VANET com algum dado na rede alterado maliciosamente, informando uma falsa colisão ou um falso bloqueio da pista. Existem várias situações semelhantes e reais que causam caos nas vias públicas e que seriam beneficiadas pelas novas aplicações em VANET.

O exemplo da Figura 3 confirma que para as aplicações em VANET, ou para qualquer tipo de comunicação entre seus dispositivos de rede, deve haver uma preocupação quanto à segurança do dado que trafega na rede. Estudos em segurança de dados apontam os dois fatores mais importantes para a comunicação de dados: a criptografia e a autenticação.

4. CRIPTOGRAFIA

A criptografia consiste na arte de mascarar dados, através de determinadas técnicas específicas, de forma que estes dados aparentemente não possuam informações relevantes para intrusos numa determinada comunicação. Para cifrar e decifrar dados usa-se uma senha ou chave, que é a segurança da criptografia, quanto mais complexa a chave, maior será o grau de dificuldade para ser quebrada ou descoberta.

Como na rede VANET os veículos se comunicam com todos os nós próximos, é preciso garantir que essas mensagens trocadas sejam confidenciais, portanto a confidencialidade é garantida justamente por algoritmos que possam ser rapidamente processados, e principalmente tragam uma confiabilidade na troca de informações entre os nós.

A autenticação é outro fator elementar na comunicação da rede veicular. Ela é feita da seguinte forma: no caso da criptografia assimétrica, o veículo que irá transmitir a mensagem, criptografa-a com a chave pública do veículo destinatário e, só então, é feito o processo novamente, utilizando sua chave privada, pois o veículo que receber a mensagem terá a confirmação de quem foi o remetente, podendo decryptografar com a chave pública do remetente. Depois, repete-se o processo com sua chave privada seguindo o esquema: Criptografar: CP_Remetente (CE_Destinatarior (Mensagem)) e Decryptografar: CE_Remetente (CP_Destinatarior (Mensagem)), sendo CP a Chave Privada e CE a Chave Pública.

Com a ausência da criptografia nas redes VANET, o sistema poderia ser facilmente invadido e falsas informações podem ser passadas, assim em alguns casos, poderiam causar acidentes e tornar a rede ao invés de um sistema inovador de auxílio, um sistema inútil ou até mesmo fatal.

5. SIMULADOR

O simulador VanetMobiSim, é voltado para redes veiculares, e utilizado neste estudo como ferramenta principal para alcance dos resultados. VanetMobiSim (VANETMOBISIM, 2011) (MARTINEZ *et al.*, 2009) é uma extensão do CanuMobiSim (CANU *Mobility Simulation Environment*). É uma estrutura flexível para a modelagem de mobilidade do usuário, cujo foco é a mobilidade veicular, possuindo características realistas nos modelos de movimento do veículo, tanto a nível macroscópico quanto microscópico. Com ele, é permitido adicionar suporte para múltiplas estradas, separar fluxos direcionais e as diferentes restrições de velocidade e sinais de trânsito nos cruzamentos, suportar modelos de mobilidade e ultrapassagem, gerenciar mudanças de faixa e acelerações e desacelerações do veículo, proporcionando realidade nas interações V2V e V2I. Também, permite uma visualização espacial do cenário a ser estudado e a inserção de variantes para uma simulação próxima da realidade.

5.1. CENÁRIOS

Durante o processo de simulação, dois cenários têm sido implementados, a fim de mostrar as propriedades do VanetMobiSim, tais como suas funções e benefícios quando há comunicação entre os veículos, que serão chamados de nós. Os parâmetros básicos para simulação, como tempo de simulação (em segundos), velocidade média (m/s) e tamanho da área das rodovias foram programados antes da simulação, sendo conhecidos e imutáveis durante a simulação. Mais de duzentas simulações foram realizadas, a fim de testar os cenários e a obtenção dos resultados. Os parâmetros utilizados foram em nível de teste. Vale observar que a velocidade utilizada é desprezível para situações reais, sendo útil apenas para as necessidades do simulador. Foram usados dois computadores: um portátil (notebook) com processador de 2.26 GHZ e 3 GB de memória RAM e um computador com processador de 3.00 GHZ e 4 GB de memória RAM. Seguem os cenários:

Cenário I: Foi configurado para suportar faixas de múltiplas pistas, no caso duas (Figura 4). A dimensão 1000x1000 m² foi selecionada. Estabeleceu-se onze nós. Utilizou-se a velocidade mínima de 0,09m/s e a máxima de 0,2 m/s, a fim de atingir uma velocidade média de até 0,145 m/s. Para simular um carro com defeito, parado na pista, dificultando o acesso dos demais à estrada, foi adicionado um nó denominado #PARADO, que não possui movimento. Os outros nós, ao se aproximarem, teriam que se deslocar para a pista ao lado, estando esta livre. Além disso, o movimento do nó é reforçado com *Intelligent Model Driving* (IDM), que incorpora gerenciamento de intersecção e mudança de faixa.

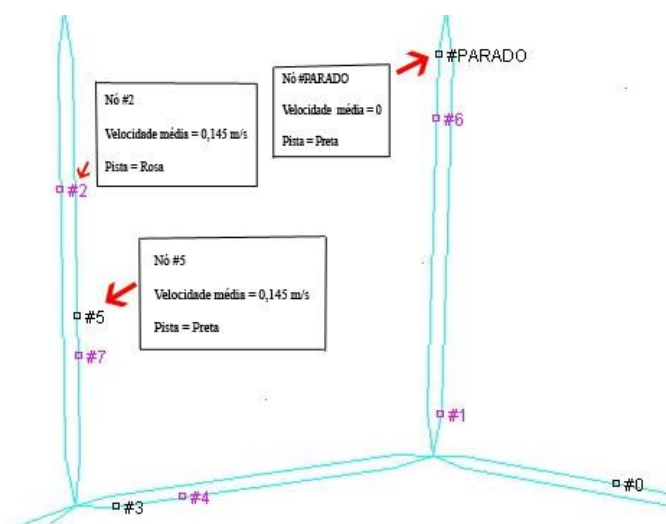


Figura 4 – Movimento dos nós, gerenciamento de intersecção e mudança de faixa.

Os nós, conforme cálculo de proximidade, mudam de via para evitar colisão. A cor azul indica que existem duas pistas e que ocorre troca de pista para ultrapassagens. O nó na cor rosa indica que o mesmo está localizado numa pista. Assim, quando se aproximam, é feita a mudança de pista alterando o nó para a cor preta.

Ainda dentro desse cenário, foi enfatizado o nó parado, conforme Figura 5.

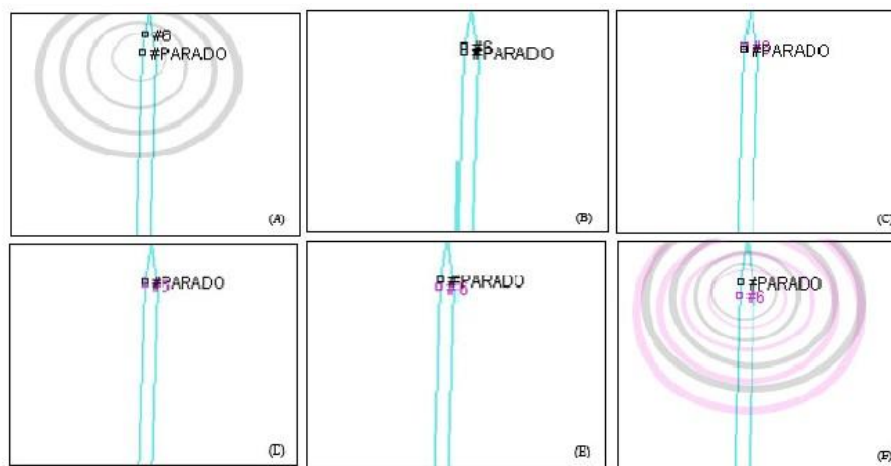


Figura 5 – Interação e troca de informações Nó x Nó

A Figura 5 representa o movimento de ultrapassagem do nó #PARADO e a necessidade da comunicação entre os veículos. **(A)** – O nó #PARADO apresenta um defeito, gerando falta de movimento e parada em uma das pistas, indicada pela cor preta, no sistema de comunicação VANET. Esse nó enviará sinais aos demais que se aproximem, informando que está parado e ocupando uma pista. Os outros nós terão que desviar ao passar por ele. Observa-se que o nó se encontra numa curva, diminuindo a visibilidade dos nós antes dele **(B)** – O nó #6 aproxima-se do nó #PARADO. Ao receber a informação, ele necessitará mudar de pista. Antes, reduzirá sua velocidade conforme visto no tempo de simulação 299.0 s e mostrado no Gráfico 1. **(C)** – O nó #6 alterou sua cor para rosa, significando que não está na mesma via do nó #PARADO. **(D)** – Ao mudar de faixa, o nó #6 poderá ultrapassar o nó com defeito. **(E)** – A ultrapassagem é feita com sucesso e segurança. **(F)** – Continuando seu trajeto, o nó #6 poderia sinalizar aos demais nós sobre a existência de um nó parado.

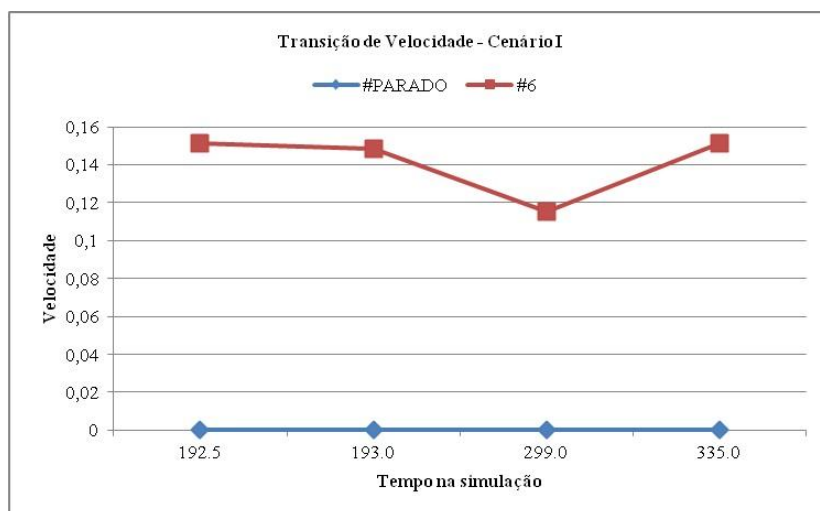


Gráfico 1 – Transição de velocidade – Cenário I

No Gráfico 2, observa-se como ocorre outras duas ultrapassagens feitas pelos #NÓ CARRO1 e #NÓ CARRO2 do nó parado. Ambos os nós ao se aproximar do parado, recebem a mensagem respectiva. Os nós diminuem suas velocidades, a fim de mudar de faixa e ultrapassar com segurança. Isso ocorre devido à implementação do IDM, como se pode observar nos tempos estabelecidos como padrão: Recebe a mensagem, Diminui para mudança de faixa e Ultrapassa com segurança.

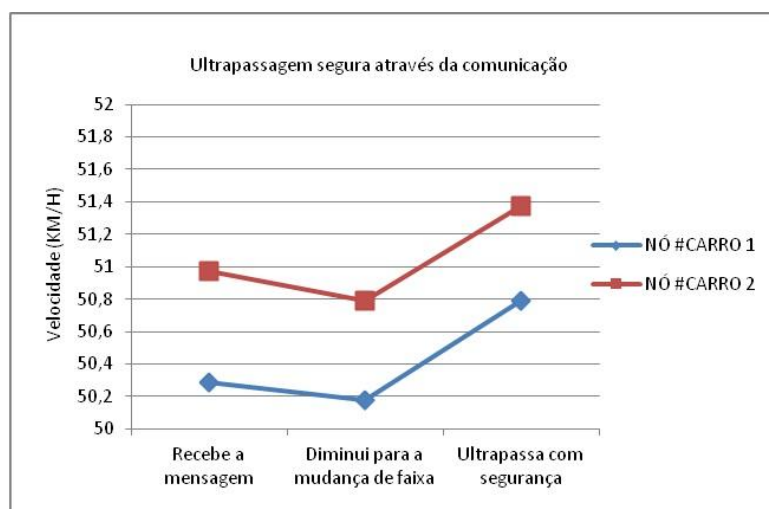


Gráfico 2 – Ultrapassagem segura através da comunicação.

Conclui-se sobre a importância da VANET para um STI, pois ela facilita a interação entre os nós, nesse caso, prevenindo de futuros engarrafamentos e possíveis acidentes.

Cenário II: Nesse cenário urbano, a dimensão 200x200 m² foi selecionada. O cenário possui dois sentidos e uma pista. Assim, não ocorrem ultrapassagens. A configuração dos nós foi definida com a velocidade mínima de 0,05m/s e máxima de 0,2 m/s, a fim de atingir uma velocidade média de até 0,125 m/s. Foi utilizado o total de cinquenta nós, para simular um congestionamento, bem como semáforos para gerenciar o fluxo de carros. Existem semáforos inteligentes com um módulo de comunicação. Ele comunica aos veículos o estado do semáforo (verde ou vermelho). O nó saberá quando o semáforo trocará de fase e evitará freadas bruscas na mudança de fase do semáforo.

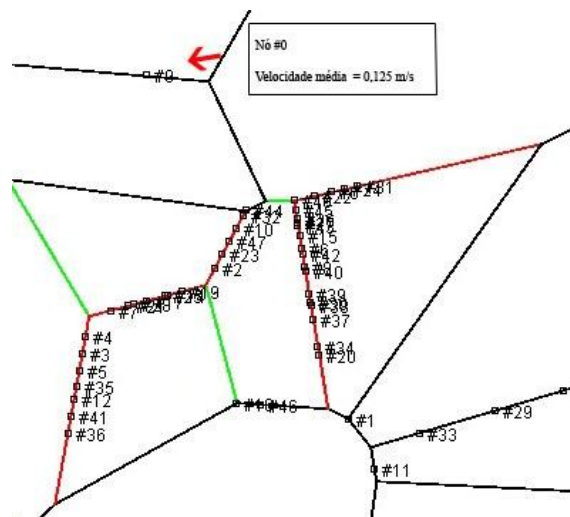


Figura 6 – Movimento dos nós, tráfego intenso.

Foi suposto um horário de *rush*, com fluxo elevado de carros, conforme Figura 6. Na avenida de uma faixa e dois sentidos, os nós, conforme a proximidade, comunicam-se entre si e com os semáforos. Estes comunicam aos nós quando trocarão de fase, o que, num engarrafamento é útil, já que diminui a possibilidade de acidentes, pois os carros não frearão bruscamente.

Na Figura 7 detalha-se a comunicação entre os semáforos e os nós em um horário em que o fluxo de nós é elevado. **(A)** – Indica à posição dos semáforos. A cor de linha preta na imagem representa uma avenida sem troca de faixa, sendo uma via de mão dupla e as cores vermelho e verde representam a sinalização dos semáforos. **(B)** – Os semáforos inteligentes estão enviando informações aos nós, neste caso, sobre a troca de fase. Assim, os nós não precisarão frear bruscamente. **(C)** – Os semáforos mudaram de fase, liberando ou fechando as vias de passagem para os nós, controlando o fluxo. **(D)** – O nó #16, ao sair do engarrafamento, comunica aos nós próximos o ocorrido. Estes se comunicam com os nós próximos a eles, passando adiante a informação. Desse modo, os nós restantes podem optar por escolher outro caminho, diminuindo o congestionamento.

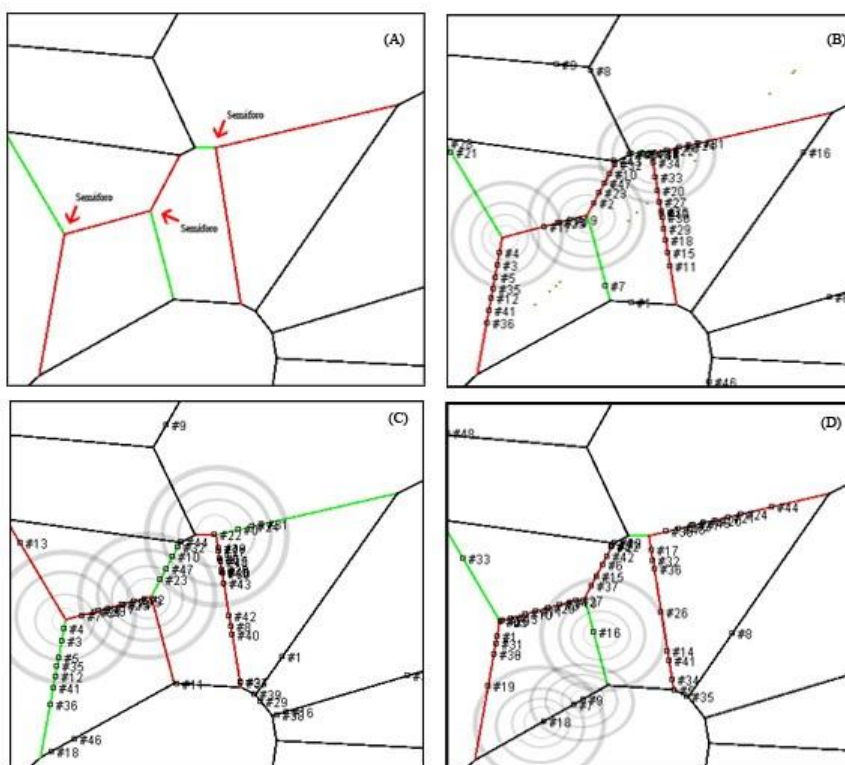


Figura 7 – Comunicação dos Semáforos x Nós

Pode-se concluir que a interação semáforo x nó é importante e trás benefícios ao trânsito em geral, principalmente em horários de *rush*.

6. CONCLUSÕES

Nesse estudo pode-se confirmar a tendência no uso das redes veiculares no trânsito que, mediante a tecnologia VANET, melhoram o desempenho em relação ao controle de tráfego e redução dos acidentes.

A pesquisa sobre as VANET e a importância crescente para o mercado de veículos, abre uma nova perspectiva de estudos sobre o tema. O uso do simulador foi bastante importante para a criação dos cenários, próximos a realidade e de poder observar o comportamento dos veículos e a importância da aplicação da tecnologia VANET, no uso do cotidiano.

As redes veiculares aplicadas aos STI poderão encontrar soluções para problemas de tráfego, mediante informações dinâmicas, precisas e imediatas e, consequentemente, ajudando a segurança no trânsito.

A segurança nas vias públicas como principal objetivo dos STI, neste estudo pode-se observar no comportamento dos cenários que a aplicação das VANET, dará aos condutores e pedestres uma maior confiança ao trafegar nas vias públicas.

A continuidade dessa pesquisa se dá em como estão sendo produzidos o *hardware*, as aplicações já existentes e a implementação da segurança do dado nas VANET.

AGRADECIMENTOS

Ao IFS (Instituto Federal de Sergipe) pelas bolsas institucionais de PIBIC Jr. fomentando o desenvolvimento científico na instituição bem como no Estado de Sergipe.



REFERÊNCIAS

ALVES, Rafael dos S., CAMPBELL, Igor do V., COUTO, Rodrigo de S., CAMPISTA, Miguel Elias M., MORAES, Igor M., RUBINSTEIN, Marcelo G., COSTA, Luís Henrique M. K., DUARTE, Otto Carlos M. B., ABDALLA, Michel. **Redes Veiculares: Princípios, Aplicações e Desafios**. Minicurso do XXVII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC 2009), Recife, cap. 5, p. 56, 2009.

C2C. **CAR 2 CAR COMMUNICATION CONSORTIUM**. [disponível online: <http://www.car-to-car.org/index.php?id=1>]. Acesso em: agosto de 2011.

ITS. **Intelligent Transportation Systems Standards Fact Sheet**. IEEE 1609 - Family of Standards for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE). Disponível em <http://www.standards.its.dot.gov/fact_sheet.asp?f=80>. Acesso em: outubro de 2011.

LIN, X. LU, R. ZHANG, C. et al. **Security in vehicular ad hoc networks**. Communications Magazine, IEEE, v. 46, n. 4, p. 88–95, 2008.

LUÍS, N. M. A. **Melhoria de Protocolos de Encaminhamento em VANETs de Alta Densidade**. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009.

MARTINEZ, F. J. TOH, C. K. CANO, J. C. CALAFATE, C. T.; MANZONI, P. **A survey and comparative study of simulators for vehicular ad hoc networks (VANETs)**. Wireless Communications and Mobile Computing, 2009.

QIAN et al., 2008. QIAN, Y. LU, K.; MOAYERI, N. **A secure VANET MAC protocol for DSRC applications**. Global Telecommunications Conference, 2008. IEEE GLOBECOM 2008. Anais. IEEE, p. 1-5, 2008.

SUMRA, I. A. HASBULLAH, H. B.; MANAN, J.-LAIL A. **Comparative study of security hardware modules (EDR, TPD and TPM) in VANET**. The Third National Information Technology Symposium. Security, 2011.

VANETMOBISIM, 2011. **VanetMobiSim**. Disponível em <<http://vanet.eurecom.fr/>>. Acesso em: outubro de 2011.