

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ESTUDO DA DENSIDADE E MOBILIDADE EM VANETS E SUAS INFLUÊNCIAS NA COMUNICAÇÃO**COMPUTATIONAL SIMULATION IN THE STUDY OF DENSITY AND MOBILITY IN VANETS AND ITS INFLUENCES ON COMMUNICATION****SIMULACIÓN COMPUTACIONAL EN EL ESTUDIO DE DENSIDAD Y MOVILIDAD EN VANETS Y SUS INFLUENCIAS EN LA COMUNICACIÓN**Antonio Cesar Galhardi¹
Nathan Cirillo e Silva²

Artigo recebido em novembro de 2021

Artigo aceito em maio de 2022

RESUMO

As redes veiculares buscam por meio de suas aplicações oferecer uma melhor segurança, conforto e entretenimento ao condutor e passageiros. A comunicação nessas aplicações é uma tarefa desafiadora, uma vez que esse tipo de rede envolve alta variação de mobilidade e densidade. Embora grande parte das pesquisas cite a influência desses fatores na comunicação interveicular, ainda são poucos os estudos, principalmente no Brasil, que conseguem demonstrá-la de maneira clara e objetiva. Portanto, o objetivo desta pesquisa é identificar a influência da densidade e mobilidade na comunicação interveicular. Para isso, o protocolo de roteamento AODV foi implementado no cenário urbano da cidade de Jundiaí por meio dos simuladores “MOVE” e “NS2”. Com base na análise dos resultados, pode-se comprovar essa influência, além de destacar a importância da simulação para a identificação de fatores que comprometem a comunicação. Foram consideradas diferentes quantidades de veículos e velocidades para caracterizar cenários com diferentes graus de densidade e mobilidade. Com a simulação, constatou-se a influência da densidade e mobilidade na comunicação entre veículos, por meio das métricas utilizadas: taxa de pacotes enviados, taxa de pacotes recebidos e taxa de colisão de pacotes. A importância da simulação na identificação de fatores que comprometem a comunicação, podendo servir de base para o desenvolvimento de protocolos mais eficientes e adaptáveis aos diversos tipos de cenários existentes.

Palavras-chaves: Redes veiculares. Protocolos de roteamento. Simulação. Densidade. Mobilidade.

ABSTRACT

Vehicle networks seek, through their applications, to offer better safety, comfort and entertainment to the driver and passengers. Communicating in these applications is a challenging task since this type of network involves a

¹ Professor na Fatec Jundiaí. E-mail: antonio.galhardi@cpspos.sp.gov.br.

² Professor na Fatec Jundiaí. E-mail: nathan.cirillo@fatec.sp.gov.br.

high variation in mobility and density. Although a large part of the research mentions the influence of these factors on intervehicle communication, there are still few studies, mainly in Brazil, that manage to demonstrate it in a clear and objective way. Therefore, the objective of this research is to identify the influence of density and mobility on inter-vehicular communication. For this, the AODV routing protocol was implemented in the urban setting of the city of Jundiá through the “MOVE” and “NS2” simulators. Based on the analysis of the results, this influence can be proven, in addition to highlighting the importance of simulation to identify factors that compromise communication. Different amounts of vehicles and speeds were considered to characterize scenarios with different degrees of density and mobility. With the simulation, the influence of density and mobility in the communication between vehicles was verified, through the metrics used: rate of sent packets, rate of received packets and packet collision rate. The importance of simulation in identifying factors that compromise communication, which can serve as a basis for the development of more efficient and adaptable protocols to distinct types of existing scenarios.

Keywords: Vehicle networks. Routing protocols. Simulation. Density. Mobility.

RESUMEN

Las redes de vehículos buscan, a través de sus aplicaciones, ofrecer mayor seguridad, comodidad y entretenimiento al conductor y pasajeros. Comunicarse en estas aplicaciones es una tarea desafiante, ya que este tipo de red implica una alta variación en movilidad y densidad. Si bien gran parte de las investigaciones mencionan la influencia de estos factores en la comunicación intervehicular, aún existen pocos estudios, principalmente en Brasil, que logren demostrarlo de manera clara y objetiva. Por tanto, el objetivo de esta investigación es identificar la influencia de la densidad y la movilidad en la comunicación intervehicular. Para ello, se implementó el protocolo de enrutamiento AODV en el entorno urbano de la ciudad de Jundiá a través de los simuladores “MOVE” y “NS2”. A partir del análisis de los resultados se puede comprobar esta influencia, además de resaltar la importancia de la simulación para identificar factores que comprometen la comunicación. Se consideraron diferentes cantidades de vehículos y velocidades para caracterizar escenarios con diferentes grados de densidad y movilidad. Con la simulación, se verificó la influencia de la densidad y la movilidad en la comunicación entre vehículos, a través de las métricas utilizadas: tasa de paquetes enviados, tasa de paquetes recibidos y tasa de colisión de paquetes. La importancia de la simulación en la identificación de factores que comprometen la comunicación, que pueden servir de base para el desarrollo de protocolos más eficientes y adaptables a diferentes tipos de escenarios existentes.

Palabras clave: Redes de vehículos. Protocolos de enrutamiento. Simulación. Densidad. Movilidad.

1. INTRODUÇÃO

Os avanços das tecnologias de comunicação sem fio são os responsáveis por possibilitar a conectividade entre os veículos, além de permitir o desenvolvimento de aplicações para diversas finalidades, como: disseminação de mensagens, análise de tráfego e prevenção de acidentes (ANWER; GUY, 2014).

Para dentre esses avanços destacam-se as redes veiculares, e todo o seu potencial para a criação de novas aplicações em diferentes cenários. Tais redes veiculares são conhecidas como VANETs (*Vehicular Ad-Hoc Networks*) e são consideradas um subgrupo das redes MANETs (*Mobile Ad Hoc Networks*). Essa característica fundamental (comunicação sem fio) permite que os veículos trafeguem livremente pelas vias, se mantenham conectados, e efetuem a troca de informações entre si (NEMA; STALIN; LOKHANDE, 2014). Segundo Sahasrabudhe e Chawla (2014), a comunicação pode ocorrer entre veículos ou entre veículos e dispositivos.

As VANETs devem prover um padrão de comunicação capaz de lidar com as características dinâmicas dos ambientes onde estão inseridas. A necessidade de oferecer qualidade de serviço faz com que indústrias, universidades e governo busquem pelo desenvolvimento de novas tecnologias. O IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), por exemplo, propôs a utilização do padrão WAVE (*Wireless Access in Vehicular Environments*) para melhorar a comunicação em aplicações veiculares (LÈBRE *et al.*, 2014).

Embora diversos esforços tenham sido realizados para sanar os problemas de comunicação nessas redes, verifica-se que ainda há vários aspectos que necessitam de atenção. Os obstáculos físicos à propagação das ondas eletromagnéticas presentes no ambiente que causam reflexão e a difração das ondas, por exemplo, aliado às características de densidade e mobilidade dos veículos nas vias, impõem uma série de dificuldades à propagação de sinal, e podem dificultar a recepção dos pacotes de dados (CAMPISTA; RUBINSTEIN, 2014).

Ainda os autores Campista e Rubinstein (2014) apontam que para melhorar o desempenho das redes veiculares, inúmeras pesquisas têm sido desenvolvidas ao longo dos anos, no sentido de desenvolver novos protocolos de roteamento, com aplicações para cenários específicos.

Apesar da grande parte desses estudos citarem a influência de diversos fatores na comunicação interveicular, principalmente a densidade e a mobilidade, nota-se que são poucos aqueles que realmente demonstram o seu real impacto na comunicação. Portanto, o objetivo desse estudo é identificar e apresentar a influência da densidade e da mobilidade na comunicação entre veículos. Para isso, foi adotado o protocolo de roteamento AODV (*Ad-Hoc On-Demand Distance Vector*), implementado no cenário urbano por meio das ferramentas de simulação SUMO (*Simulation of Urban Mobility*) e NS2 (*Network Simulator 2*).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Inicia-se o referencial teórico pelas redes veiculares.

2.1 Redes Veiculares

A comunicação entre veículos possibilita a criação de novas aplicações que envolvem informação e entretenimento. Também torna a utilização dos recursos disponíveis, como: tempo, combustível e rodovia, mais eficiente. Para isso, parâmetros como posição, velocidade e aceleração devem ser controlados por meio de um sistema integrado de GPS (*Global Positioning System*) (POPESCU-ZELETIN; RADUSCH; RIGANI, 2010).

Em uma rede veicular, os veículos podem se comunicar diretamente uns com os outros ou com dispositivos localizados ao longo da rodovia, esses padrões de comunicação podem ser classificados respectivamente como V2V (*Vehicle-to-Vehicle Communication*) e V2I (*Vehicle-to-Infrastructure Communication*). A comunicação somente entre dispositivos também é possível, e é denominada como I2I (*Infrastructure-to-Infrastructure Communication*) (NEMA; STALIN; LOKHANDE, 2014).

As VANETs geralmente são constituídas por quatro importantes componentes, os veículos, os sensores, as estações de informação e a central de gerenciamento de tráfego. Eles são interconectados por meio de uma tecnologia de comunicação sem fio que determina dentre

vários aspectos, o alcance, a taxa de transmissão, a latência e a segurança da rede (ANWER; GUY, 2014).

Para que os veículos consigam receber e transmitir sinais para a rede, faz-se necessária utilização de um dispositivo chamado OBU (*On-board Unit*). Esse equipamento é conectado no interior do veículo via cabos ou conexão *wireless* (SAHASRABUDHE; CHAWLA, 2014). A seleção da tecnologia *wireless* a ser utilizada em uma rede veicular depende da sua finalidade. Para aplicações que necessitam de respostas imediatas é necessário adotar aquelas que proveem alta largura de banda e baixa latência na transferência de mensagens. Já para as soluções em que o tempo não é um fator crítico, as tecnologias fornecidas por empresas de telecomunicações, como Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) e celular, atendem as atuais necessidades (HARTENSTEIN; LABERTEAUX, 2010).

Embora diversos protocolos de roteamento tenham sido propostos, e muitos deles baseados em algoritmos já empregados em redes MANETs, não se tem notícias de algum que tenha conseguido atender plenamente os desafios impostos pelas características das redes veiculares (SINGH; AGRAWAL, 2014).

A busca por melhorias do desempenho da rede, por meio de protocolos de roteamento, possibilitou o surgimento de protocolos otimizados, específicos para um determinado ambiente ou aplicação. As VANETs podem estar presentes em três ambientes distintos, o urbano, o rural e a rodovia. Cada um desses cenários possui características específicas que podem influenciar na comunicação, como altas variações de densidade, mobilidade e obstáculos. Mesmo assim, as aplicações voltadas ao cenário urbano ganham importância, frente aos esforços da construção do conceito “cidades inteligentes” (CAMPISTA; RUBINSTEIN, 2014).

2.2 Aplicações e Tendências

As aplicações voltadas às redes veiculares podem ser categorizadas em três grupos distintos: segurança, gestão eficiente de recursos e serviços de assistência ao motorista. Quando empregadas para a segurança, elas podem aumentar a proteção dos condutores e seus passageiros, uma vez que reduzem os efeitos de um possível acidente. A gestão eficiente de recursos promove melhorias no fluxo de tráfego; o que permite que se tenha um menor consumo de combustível, reduzindo o impacto ambiental e econômico. Já as aplicações de assistência ao motorista são aquelas que fornecem informações e entretenimento (*infotainment*) aos passageiros e que torna a viagem mais agradável (POPESCU-ZELETIN; RADUSCH; RIGANI, 2010).

Muitas aplicações de segurança têm sido criadas com o passar dos anos, dentre elas destacam-se: prevenção de colisão frontal, prevenção de colisão traseira, alerta de perigos na estrada, alerta de cruzamento, assistente para mudança de faixas, prevenção de saída da estrada e alerta de velocidade (HELD, 2008).

Os sistemas de transporte inteligentes são responsáveis por melhorar a qualidade do tráfego por meio de um conjunto de aplicações que se baseiam nos dados de GPS dos veículos, na observação do tráfego e na análise de congestionamentos. Com base nessas informações, tais sistemas são capazes de sugerir mudanças de rotas, indicando as mais adequadas (SINGH; AGRAWAL, 2014).

A possibilidade de utilizar a *internet* para o compartilhamento de informações pode aumentar o conforto dos passageiros, no que se refere a jogos *online*; serviços de *streaming* de áudio e vídeo. É possível também, identificar ofertas de produtos e serviços com base em sua

localização georreferenciada, por exemplo, para a reserva de hotéis, restaurantes ou pontos de interesse mais próximos (SINGH; AGRAWAL, 2014).

O departamento de transporte dos Estados Unidos implementou em 2005 na cidade de Detroit diversas aplicações com o objetivo de testá-las. Dentre as soluções desenvolvidas estavam a cobrança eletrônica de estacionamento, cobrança eletrônica de pedágio e sistemas de informação para turistas (HARTENSTEIN; LABERTEAUX, 2010).

A partir da troca de informações em tempo real sobre áreas congestionadas por veículos, pode-se alterar o comportamento do motor, de maneira a se reduzir a emissão de gases poluentes. Para isso, a sua velocidade será ajustada, e no caso de veículos elétricos, haverá a alteração automática da gasolina para a eletricidade (HELD, 2008).

A concepção de aplicações para redes veiculares é uma tarefa desafiadora. Apesar do grande número de estudos e propostas sugeridas, nota-se que ainda há muitas questões em aberto. A baixa segurança física, a mobilidade dos veículos e a falta de recursos podem influenciar no desenvolvimento, implementação e desempenho das redes veiculares (RAVI; PRAVEEN, 2014).

2.3 Principais Desafios

Uma das principais dificuldades encontradas para se manter uma comunicação estável na rede é a mobilidade dos veículos. Como eles transitam em altas velocidades, a conexão entre eles dura poucos segundos, afetando o processo de transmissão de dados. Embora diversos estudos tenham buscado resolver esse problema, ele ainda carece de melhores soluções (NEMA; STALIN; LOKHANDE, 2014).

Outro aspecto a ser observado é a existência de obstáculos como por exemplo as construções. Elas podem reduzir a força do sinal de modo que o destinatário tenha dificuldades para receber os pacotes de dados. Isso acontece devido aos fenômenos conhecidos como reflexão e difração das ondas (CAMPISTA; RUBINSTEIN, 2014).

Fadda, Murrone e Popescu (2015) alertam para o fato de que o efeito Doppler também afeta a propagação de sinal, uma vez que com o movimento do emissor em relação ao destinatário da mensagem ou vice-versa, as frequências percebidas são diferentes das originadas inicialmente.

Como a utilização de redes sem fio é possível acesso não autorizado, e, portanto, faz-se necessário a adoção de mecanismos eficientes de segurança, para se evitar que *hackers*, tomem o controle de recursos do veículo, ou até mesmo congestionem e inutilizem o canal de comunicação (RAVI; PRAVEEN, 2014).

Também é necessário que os fornecedores de dispositivos para redes veiculares adotem novas estratégias de desenvolvimento para que haja a interoperação de seus produtos. Dificilmente alguma solução será adotada, quando existir carência de desenvolvedores que facilitem o processo de estabelecimento da comunicação (HARTENSTEIN; LABERTEAUX, 2010).

A escalabilidade também é uma questão preocupante. O crescimento da quantidade de veículos em circulação e a falta de uma padronização global pode acarretar sérios problemas. Um exemplo disso é o padrão DSRC (*Dynamic Short Range Communication*), em que o padrão adotado na América do Norte é totalmente diferente do adotado na Europa (NEMA; STALIN; LOKHANDE, 2014).

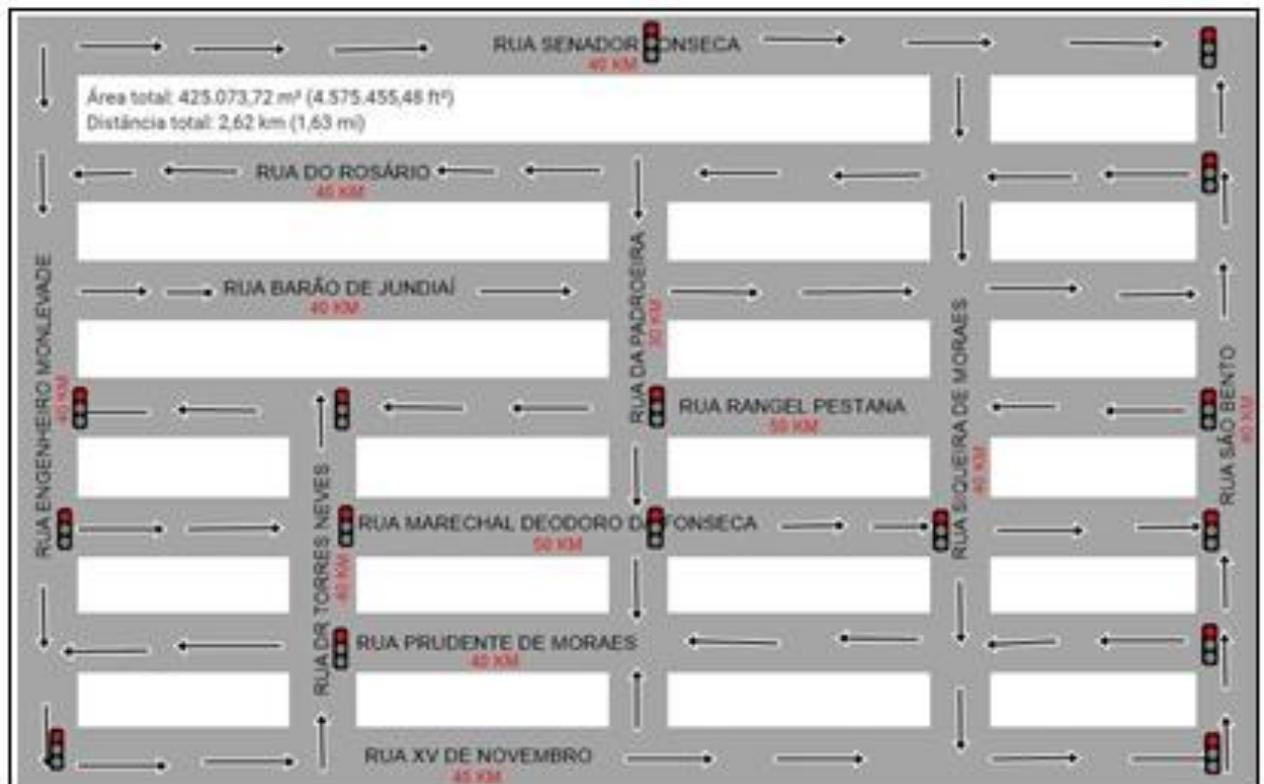
O desenvolvimento de protocolos de roteamento que sejam eficientes é algo bastante complexo, visto que para sua concepção é necessário considerar uma série de fatores, como: as frequentes mudanças de topologia, os diferentes modelos de mobilidade, as características do ambiente e principalmente o tamanho da rede que varia de acordo com o número de veículos (SINGH; AGRAWAL, 2014).

3 MÉTODO

Para atingir o objetivo deste trabalho, que é identificar a influência da densidade e mobilidade na comunicação interveicular, o método utilizado foi a simulação. Segundo Spaho *et al.* (2013), grande parte dos estudos fazem uso desse método devido ao alto custo para desenvolver e implementar aplicações em ambiente reais, e isto tem colaborado para o surgimento de grande parte dos simuladores disponíveis atualmente.

O modelo de mobilidade estudado, foi o da cidade de Jundiaí/SP. Para isso, o simulador MOVE (*Mobility Model Generator for Vehicular Networks*) foi utilizado. Para Gandhi e Gupta (2015) a principal vantagem dessa ferramenta é que ela possui uma *interface* bastante completa e amigável para a criação dos modelos que podem ser utilizados como entrada para os simuladores de rede. A Figura 1 apresenta o mapa da cidade de Jundiaí adotado na simulação.

Figura 1 – Mapa da cidade de Jundiaí inserido no MOVE



Fonte: Tela do Simulador MOVE

A escolha do mapa da cidade de Jundiáí como objeto de estudo deve-se principalmente a dois fatores: i) conveniência, por ser conhecida dos autores; ii) apresenta todas as características típicas de um cenário urbano, com várias ruas paralelas cortadas por ruas perpendiculares. Para Campista e Rubinstein (2014), esse tipo de cenário tem ganho destaque devido aos esforços de pesquisadores para tornar as cidades cada vez mais inteligentes.

Para identificar a influência da densidade e mobilidade na comunicação interveicular estabeleceu-se duas variáveis que pudessem representar esses fatores na simulação, e assim foram adotados o “número de veículos” e a “velocidade”. Isso permitiu criar duas situações diferentes: uma com baixa densidade e alta velocidade e outra com alta densidade e baixa velocidade. As características desses cenários podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características dos Cenários

Baixa Densidade e Alta Velocidade		Alta Densidade e Baixa Velocidade	
Nº de Veículos	Velocidade	Nº de Veículos	Velocidade
200	40 km/h	500	10 km/h

Fonte: os autores

O protocolo de roteamento utilizado em ambos os cenários foi o AODV, visto que se trata de um protocolo maduro e consagrado em aplicações para redes veiculares. Ele permite que os veículos troquem informações com outros que estão em sua proximidade mesmo não havendo comunicação direta entre eles. Para Ravi e Praveen (2014), as principais vantagens desse protocolo são: possui baixo atraso na entrega de pacotes, estabelece rotas somente quando necessário, evita a sobrecarga da rede e suporta diferentes tipos de transmissão.

A implementação do AODV ocorreu por meio da utilização do NS2, um simulador voltado para o desenvolvimento de estudos de redes de comunicação. O modelo de mobilidade produzido anteriormente serve como entrada de dados para o simulador, o que permite gerar um arquivo com os resultados da simulação. De acordo com Issariyakul e Hossain (2009) esse simulador tem sido muito utilizado em pesquisas, pois sua grande gama de recursos permite avaliar o desempenho de redes veiculares.

A interpretação dos resultados gerados pelo simulador de rede é uma tarefa bastante trabalhosa em função da grande quantidade e complexidade dos dados.

Para facilitar esse processo, a ferramenta TraceGraph foi utilizada, pois além de possuir diversas métricas para a avaliação de protocolos, ela também permite gerar gráficos para cada uma delas, o que de certa forma facilita as análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

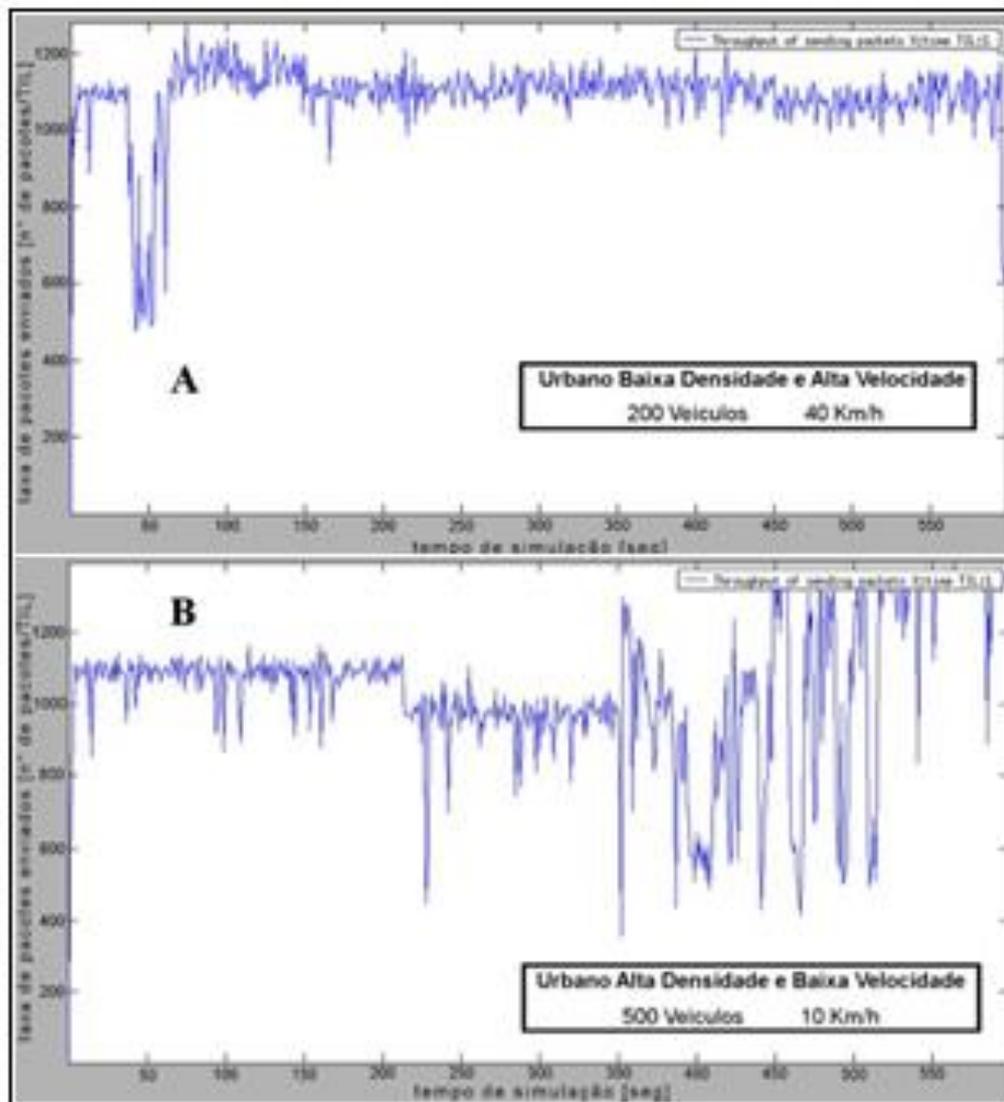
Com base nos simuladores anteriormente apresentados, o desempenho do protocolo AODV pode ser simulado dentro do ambiente proposto. Para isso, utilizou-se três diferentes métricas: taxa de pacotes enviados; taxa de pacotes recebidos e taxa de colisão de pacotes.

A seguir são apresentados os principais resultados obtidos para cada uma das métricas.

4.1 Taxa de Pacotes Enviados

Na Figura 2, nota-se que no cenário urbano com baixa densidade e alta velocidade (A) a rede leva mais tempo inicialmente para se estabilizar. Tal fato pode ser consequência do baixo número de veículos, pois isto dificulta o processo de roteamento. Já no cenário urbano com alta densidade e baixa velocidade (B), a rede se estabiliza mais rapidamente devido ao maior número de veículos, porém encontra dificuldades para a transmissão de dados em um ambiente onde ocorre muitas conexões simultâneas.

Figura 2 - Taxa de Pacotes Enviados



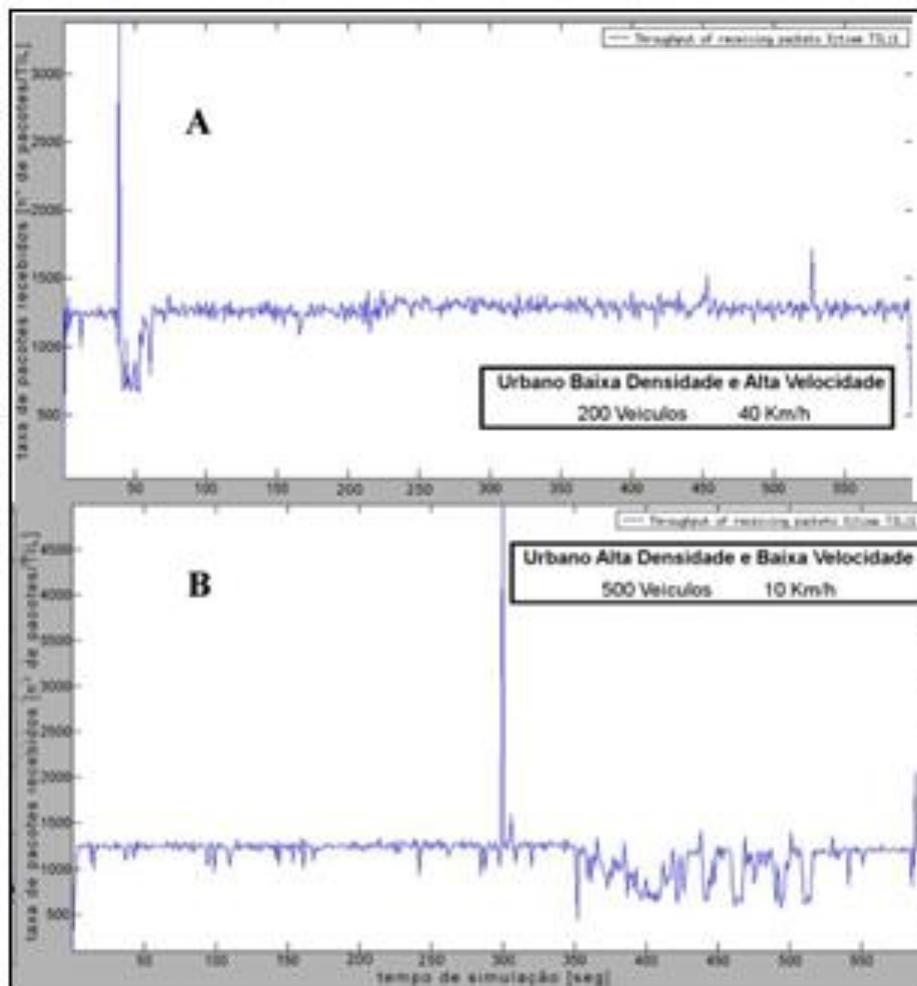
Fonte: os autores

4.2 Taxa de Pacotes Recebidos

Na Figura 3, verifica-se que a taxa de pacotes recebidos inicialmente no cenário urbano com baixa densidade e alta velocidade é menor (A). Tal fato confirma a análise anterior, visto que a taxa de pacotes enviados inicialmente nesse cenário também foi menor. Esse comportamento pode ser reflexo de uma possível dificuldade para estabelecer as rotas devido a dispersão inicial causada pelo baixo número de veículos que dificulta o processo de encaminhamento de pacotes.

Já no cenário urbano com alta densidade e baixa velocidade (B), as taxas de recebimento são melhores no início, porém com o passar do tempo ao passo em que o número de veículos transmitindo dados simultaneamente aumenta, a taxa de pacotes recebidos varia muito. Isso pode ser causado pelo aumento na taxa de colisão de pacotes.

Figura 3 - Taxa de Pacotes Recebidos

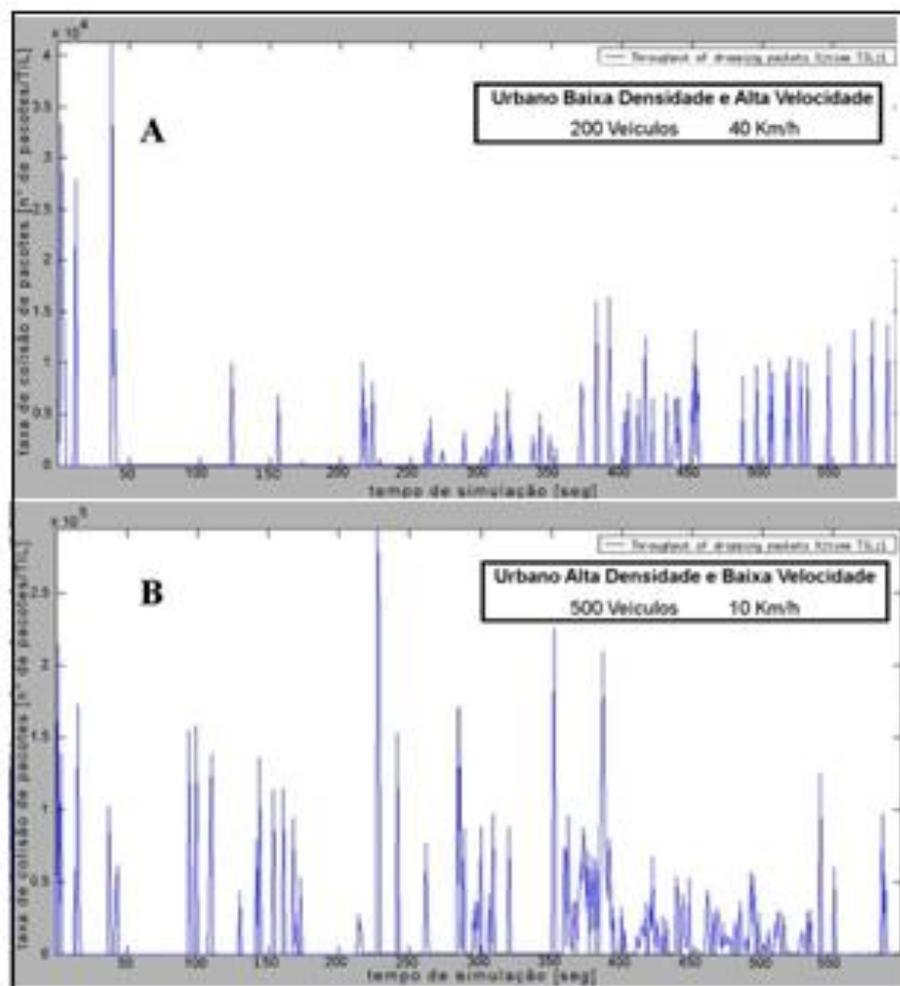


Fonte: os autores

4.3 Taxa de Colisão de Pacotes

Com base na Figura 4, nota-se que o cenário que apresenta as maiores e mais frequentes taxas de colisão de pacotes é o urbano com alta densidade e baixa velocidade (B). Isso justifica a oscilação no recebimento de pacotes apresentado anteriormente por esse cenário, uma vez que muitos deles, não estão chegando ao seu destino. Já no cenário com baixa densidade e alta velocidade (A), verifica-se que as maiores taxas de colisão de pacotes estão sendo geradas no início da simulação.

Figura 4 - Taxa de Colisão de Pacotes



Fonte: os autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo, buscou-se inicialmente identificar a influência da densidade e mobilidade na comunicação interveicular. Para atingir esse objetivo, o protocolo de roteamento AODV foi implementado no cenário urbano, mais especificamente na cidade de Jundiaí, por meio dos

simuladores MOVE e NS2. Foram consideradas diferentes quantidades de veículos e velocidades a fim de caracterizar cenários com diferentes graus de densidade e mobilidade, fornecendo assim os subsídios necessários para aferir sobre a influência desses fatores na comunicação interveicular.

Com base nas observações provenientes da simulação, constatou-se a real influência da densidade e mobilidade na comunicação entre veículos. Tal fato é justificado pelas variações apresentadas nas métricas utilizadas, sendo elas: taxa de pacotes enviados, taxa de pacotes recebidos e taxa de colisão de pacotes.

Como resultado secundário, observou-se a importância da simulação na identificação de fatores que comprometem a comunicação, podendo servir de base para o desenvolvimento de protocolos mais eficientes e adaptáveis aos diversos tipos de cenários existentes.

No decorrer do desenvolvimento do trabalho, também se observaram algumas questões que necessitam ser aprofundadas e solucionadas. Desse modo, alguns direcionamentos para trabalhos futuros são: identificar de maneira isolada a influência da densidade e mobilidade na comunicação interveicular, estender a análise realizada para o cenário de rodovia e rural, avaliar outros protocolos disponíveis na literatura e propor diretrizes para o desenvolvimento de protocolos mais eficientes.

6 REFERÊNCIAS

ANWER, M.; GUY, C. **A Survey of VANET Technologies**. Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences, n.9, p.661-671, 2014.

CAMPISTA, M.; RUBINSTEIN, M. **Advanced Routing Protocols for Wireless Networks**. USA: Wiley, 2014. FADDA, M.; MURRONI, M.; POPESCU, V. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2015.

GHANDI, M.; GUPTA, A. **Simulation Tools in Vehicular Adhoc Network: A Challenge**. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, v.5, n.4, 2015.

HARTENSTEIN, H.; LABERTEAUX, P. **VANET Vehicular Applications and Inter-Networking Technologies**. UK: Wiley, 2010.

HELD, G. **Inter and Intra Vehicle Communications**. USA: Auerbach Publications, 2008. ISSARIYAKUL, T.; HOSSAIN, E. Introduction to Network Simulator NS2. USA: Springer, 2009.

LÈBRE, M.; et al. **VANET Applications: Hot Use Cases**. Centre of Innovation in Telecommunications and Integration of Services, 2014.

NEMA, M.; STALIN, S.; LOKHANDE, V. **Analysis of Attacks and Challenges in VANET**. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, v.4, n.7, 2014.

POPESCU-ZELETIN, R.; RADUSCH, I., RIGANI, M. **Vehicular-2-X Communication**. Germany: Springer, 2010.

RAVI, K.; PRAVEEN, K. AODV Routing in VANET for Message Authentication Using ECDSA. International Conference on Communication and Signal Processing, 2014.

SAHASRABUDHE, M.; CHAWLA, M. **Survey of Applications based on Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) Framework**. International Journal of Computer Science and Information Technologies, v.5, n.3, 2014.

SINGH, S.; AGRAWAL, S. **VANET Routing Protocols: Issues and Challenges**. Proceedings of RAECs UIET Panjab University Chandigarh, 2014.

SPAHO, E.; *et al.* **Performance Evaluation of OLSR and AODV Protocols in a VANET Crossroad Scenario**. International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2013.