

A INFLUÊNCIA DA DENSIDADE E MOBILIDADE NA COMUNICAÇÃO INTER-VEICULAR

Nathan Cirillo e Silva (Centro Paula Souza) nathan_cirillo@hotmail.com
Antonio César Galhardi (Centro Paula Souza) galhardi.antoniocesar@gmail.com

Resumo

Os avanços na tecnologia de comunicação e informação aliados aos anseios dos consumidores possibilitaram o surgimento de uma nova gama de aplicações, para maior segurança, conforto e entretenimento ao condutor e passageiros. Hoje ainda, isto é uma tarefa desafiadora, pelas próprias características das redes veiculares: alta variação da densidade e da mobilidade do tráfego. Diversos estudos têm citado a influência desses fatores na comunicação inter-veicular, porém poucos, principalmente no Brasil, conseguem demonstrá-la de maneira clara e objetiva. Neste estudo busca-se identificar a influência da densidade e mobilidade na comunicação entre veículos. Para tal objetivo, o protocolo de roteamento AODV foi implementado nos simuladores MOVE e NS2, para diversos cenários. Pela análise dos dados da simulação, pode-se constatar a existência dessa influência, a partir de diversas métricas, como: taxa de pacotes enviados; taxa de pacotes recebidos; taxa de colisão de pacotes; taxa de bits enviados vs média de atraso; e taxa de bits recebidos vs média de atraso. Como resultado geral, verificou-se a importância da simulação para a identificação de fatores que comprometem a comunicação, o que pode servir como base para o desenvolvimento de protocolos mais eficientes.

Palavras-Chaves: Redes veiculares; Densidade; Mobilidade; Protocolos de roteamento.

1. Introdução

Estar conectado enquanto dirige tem assumido diferentes significados ao longo dos anos. Com o surgimento dos dispositivos *mobile*, não é mais suficiente o velho rádio AM e FM. O usuário elegeu novos requisitos como: funcionalidade MP3, conectividade com o *Smartphone*, dentre outros.

As atuais redes: DSRC, WIFI, WIMAX, Bluetooth e a família de padrões de tecnologia móvel (2G, 3G, 4G e 5G) possibilitam novas aplicações de comunicação entre veículos (V2V – *Vehicle-to-Vehicle*) e a comunicação com dispositivos ao longo de uma rodovia (V2I – *Vehicle-to-Infrastructure*).

Dentre as diversas aplicações destacam-se as que são voltadas à segurança e as que melhoram a eficiência do veículo e da estrada, e que tem propiciado novas pesquisas na área, em contrapartida à gama de aplicações possíveis (HARTENSTEIN; LABERTEAUX, 2010).

A demanda por carros conectados também é consequência das regulamentações de alguns países. A União Europeia e a Rússia, por exemplo, exigem que seus veículos novos possuam mecanismos que alertem automaticamente os serviços de emergência em caso de acidentes. Também no Brasil está prevista regulamentação para a utilização de Sistemas de Rastreamento Veicular em todos os veículos novos (GSMA, 2013).

Atualmente os veículos são capazes de gerar uma grande quantidade de dados, e que podem ser processados nas respectivas CPUs (*Central Processing Unit*). Já com a comunicação inter-veicular, conhecida também como VANET (*Vehicular Ad Hoc Network*), o número de possibilidades pode ser ampliado consideravelmente.

Essas redes possuem características específicas que as distinguem das demais. Os nós são móveis (veículos), a probabilidade de romper a comunicação é maior, e a conectividade final não é garantida (TOOR et al., 2008). Estas características trazem várias implicações para a concepção destas redes (YOUSEFI; MOUSAVI; FATHY, 2006).

Assim, surge a necessidade de se adotar um protocolo de roteamento capaz de lidar com a dinamicidade das redes veiculares. Enquanto, os protocolos devem operar de maneira satisfatória, inclusive com as mudanças de cenários.

Os protocolos de roteamento atuais ainda não suprem por completo os requisitos dos diversos cenários. Portanto, é importante compreender os fatores que influenciam na comunicação inter-veicular. Tal levantamento pode servir como base para a melhoria dos protocolos atuais ou novos desenvolvimentos (PAUL; IBRAHIM; BIKAS, 2011). Do exposto anteriormente justifica-se a presente pesquisa.

2. Redes veiculares

As Redes Veiculares podem ser classificadas como uma subclasse das Redes Móveis *Ad-hoc* (MANETs) com algumas características em comum. No entanto, existe um conjunto de características das VANETs que as tornam diferentes das demais, como: a alta variação de densidade e mobilidade. A alta mobilidade nessas redes faz com que a sua topologia se

desfaça com frequência, o que influencia diretamente na qualidade dos enlaces sem fio, e os tornam instáveis (YOUSEFI; MOUSAVI; FATHY, 2006).

A densidade veicular é outro fator importante para a conectividade pois quanto maior for o número de veículos em uma via, melhor será a conectividade. Entretanto, com um número elevado de veículos transmitindo informações simultaneamente, aumenta-se a chance de colisões de pacotes. E, para uma densidade veicular baixa ocorrem frequentes desconexões e interrupções de serviços (LAN; CHOU, 2008).

As características dos cenários também podem afetar a conectividade. A baixa densidade veicular presente em rodovias ou mesmo nos cenários urbanos, em horários noturnos, pode ocasionar atrasos na rede (REHMAN et al., 2013).

Vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de melhorar a comunicação nestes ambientes, a maioria deles visa resolver o problema de transmissão de dados entre veículos em movimento (SICHITIU e KIHIL, 2008).

Um dos aspectos importantes para garantir uma comunicação eficiente entre os veículos em uma VANET é o desenvolvimento e a adoção de um protocolo de roteamento eficiente, confiável e seguro (REHMAN et al., 2013).

Segundo Bayless e Belcher (2011), a geração de redes sem fio, deve contar com diversas técnicas para priorizar a comunicação, tornando-as inteligentes. Além disso, os terminais móveis devem ser compatíveis com diversas tecnologias sem fio (WIFI, Celular, Satélite, entre outros), e capazes de determinar a melhor rede baseando-se em diversos fatores como: cobertura do sinal, qualidade do serviço e custo.

3. Tipos de aplicações

A combinação de satélites de navegação global e tecnologias de comunicação *wireless* tem estimulado a pesquisa e o desenvolvimento de novas aplicações. Dentre elas, estão as aplicações de: segurança, mobilidade e conforto (CAVENEY, 2011).

As aplicações de segurança podem reduzir significativamente o número de acidentes. Segundo Toor et al (2008) existem três situações nas quais elas podem ser aplicadas:

- Acidentes: alerta os outros veículos sobre acidentes na via; que ocorreram na estrada e que podem afetá-los;

- Cruzamentos: o número de colisões em cruzamentos poderia ser reduzido se o condutor for alertado sobre a aproximação de outros veículos;
- Congestionamento: as aplicações para indicar as melhores rotas para um determinado destino, evitando o congestionamento e acidentes.

Já as aplicações de mobilidade visam melhorar a fluidez do tráfego por meio do compartilhamento de informações sobre as condições das estradas (CAVENEY, 2011).

Por fim, as aplicações de conforto podem tornar a viagem mais agradável para o condutor e seus passageiros, como exemplo os: sistemas de informação de tráfego, previsão do tempo, localização de restaurantes e postos de gasolina, consulta de preços e serviços, comunicação interativa com acesso à internet, e *download* de música (YOUSEFI; MOUSAVI; FATHY, 2006).

4. Conectividade em redes veiculares

A comunicação em Redes Veiculares pode ocorrer de três maneiras distintas: entre veículos (V2V), entre veículos e a infraestrutura (V2I), e de maneira híbrida. Para isso, os veículos necessitam estar equipados com uma unidade de recepção e transmissão de sinal *wireless*, conhecida como *Onboard Unit*.

Na comunicação V2I, usa-se antenas no decorrer via para melhorar a qualidade de comunicação, principalmente em áreas com pouco tráfego, como é o caso do cenário rural. Tais dispositivos são conhecidos como *Road Side Units* (RSUs). Quando os veículos são capazes de se comunicarem sem a necessidade dessas antenas, tem-se a comunicação V2V, que é adequada para cenários de tráfego intenso e constante, como no cenário urbano. Por fim, em cenários com alta variação de tráfego, faz-se necessário adotar uma abordagem híbrida, onde alguns veículos são capazes de se comunicarem entre si e outros necessitam de RSUs (REHMAN et al., 2013).

A rede veicular pode ser classificada de acordo com a forma como os veículos realizam o encaminhamento de informações. Na abordagem *Single-Hop*, os veículos são capazes de transmitir dados somente para os que estão em seu alcance de transmissão. Já na abordagem *Multi-Hop*, veículos intermediários podem retransmitir indefinidamente até que a mensagem chegue ao seu destino (SICHITIU; KIHIL, 2008).

O alcance da rede *wireless*, conhecida como IEEE 802.11, também é essencial para se ter uma boa conectividade entre veículos, pois quanto maior for o seu alcance maior será o período de conexão. O alcance é entendido como a sua capacidade de propagação de sinal até uma determinada distância, levando em consideração obstáculos e fontes de interferência. Esse padrão é considerado o mais difundido no mundo, o que facilita a sua adoção em experimentos de comunicação inter-veicular. Além disso, ele também está presente em quase todos os atuais simuladores de rede (SICHITIU; KIHIL, 2008).

5. Roteamento em redes veiculares

O protocolo de roteamento visa reduzir o atraso associado à transmissão da informação de um nó para outro. Além disso, deve ser capaz de suportar a natureza imprevisível e dinâmica das topologias de rede, de maneira a estabelecer um caminho ideal de comunicação (REHMAN et al., 2013).

Segundo Toor et al (2008) as principais características de roteamento pertencentes as VANETs são:

- Como as transmissões são lineares e os movimentos previsíveis, é possível desenvolver novos protocolos e ou melhorar os atuais. As redes veiculares são consideradas lineares, pois o movimento dos veículos é em um plano, representado pela topologia da via;
- A mobilidade pode influenciar na qualidade de conexão entre os veículos, portanto os protocolos de roteamento devem lidar com a separação e fusão de redes;
- Em aplicações de segurança, são necessários protocolos que transmitam informações de forma eficiente e segura.

Segundo Rehman et al (2013) os protocolos de roteamento destinados as redes veiculares podem ser classificados em cinco grupos distintos:

- Protocolos *ad-hoc* ou de topologia: idealizados inicialmente para as redes *ad-hoc*, e que posteriormente foram adaptados para as redes veiculares;
- Protocolos baseados em localização: utilizam fontes externas durante o roteamento, como: mapas, sistemas de posicionamento global (GPS), e modelos de tráfego, permitindo que cada veículo seja capaz de determinar a sua posição e a de seus vizinhos;

- Protocolos baseados em clusters: utilizam algoritmos complexos para identificar a localização dos veículos e formar os grupos de acordo com a sua proximidade, onde apenas um veículo é o responsável por transmitir os dados para os demais integrantes do grupo;
- Protocolos de transmissão: são técnicas tradicionais de roteamento que visam transmitir informações fora do intervalo de comunicação utilizando métodos de inundação ou *flooding*, que garantem a entrega dos pacotes, porém sem evitar o uso excessivo de largura de banda;
- Protocolos geográficos: destinados a áreas específicas e de relevância, com redução do tempo de retransmissão das mensagens entre os nós, para áreas onde ocorrem determinados eventos que possam afetar o tráfego local, por exemplo: um acidente grave.

Diferentes tipos de protocolos têm sido propostos na literatura, porém a grande parte deles tem suas características desconhecidas. Assim, para a análise da influência da densidade e mobilidade na comunicação inter-veicular, adotou-se um protocolo estável e de uso regular: o AODV (*Ad-hoc On Demand Vector Routing*).

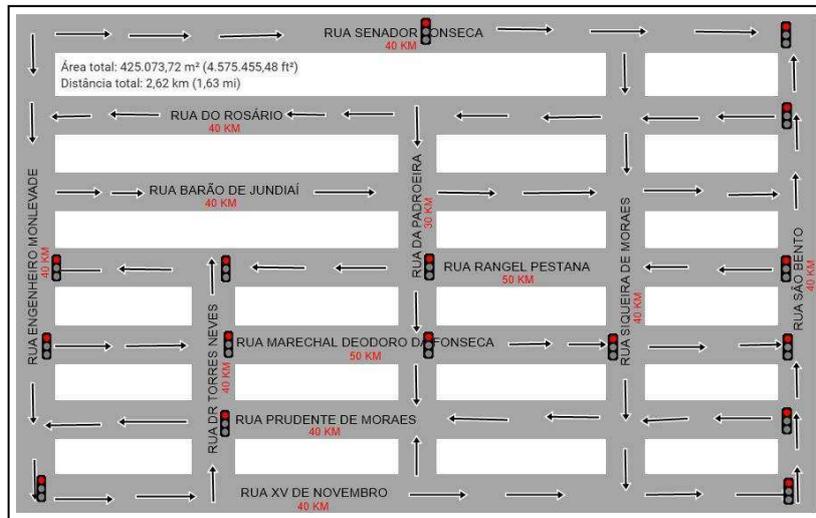
6. Métodos

Aqui são descritas as características e as fases da simulação realizadas no estudo.

Para identificar a influência da densidade e mobilidade na comunicação inter-veicular, é necessário definir primeiramente os tipos de mapas a serem utilizados. Optou-se por simular o ambiente urbano e o de rodovia, por serem mundialmente mais representativos, do que o cenário rural.

Na simulação do cenário urbano, foi utilizado o mapa do centro da cidade de Jundiaí, SP. A região representa bem o ambiente urbano, com várias ruas paralelas e outras perpendiculares, todas de sentido único e engloba uma área de aproximadamente 425 mil m², com 32 cruzamentos, 16 deles com semáforos. A Figura 1 ilustra o mapa utilizado na simulação do cenário urbano.

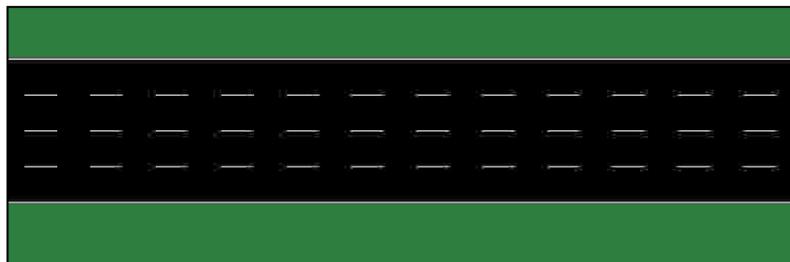
Figura 1 - Representação do Cenário Urbano



Fonte: Os autores

Para o cenário de rodovia, foi escolhido um trecho da rodovia Bandeirantes, entre Jundiaí e São Paulo, com 4 faixas e 62 quilômetros. A Figura 2 representa o mapa utilizado na simulação no cenário de rodovia.

Figura 2 - Representação do Cenário de Rodovia



Fonte: Os autores

Para avaliar a influência da densidade e mobilidade na comunicação inter-veicular adotou-se o número de veículos como variável indireta para a densidade; e a velocidade dos veículos como variável indireta para a mobilidade. Tais escolhas justificam-se porque, quanto maior o número de veículos transitando em uma via, maior será a densidade, e vice-versa. Já os veículos quando conseguem transitar bem próximo à velocidade máxima permitida na via, representam uma maior fluidez no tráfego, o que caracteriza um ambiente com maior mobilidade.

Com base nas estatísticas apresentadas no site da Secretaria Municipal de Trânsito de Jundiaí e no site da AutoBan, foi possível caracterizar dois ambientes distintos conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Número de Veículos e Velocidade adotados na Simulação

<u>Cenário Urbano (Baixa Densidade e Alta Velocidade)</u> Nº veículos = 200, vel. = 40 km/h	<u>Cenário de Rodovia (Baixa Densidade e Alta Velocidade)</u> Nº Veículos = 300, vel. = 90 km/h
<u>Cenário Urbano (Alta Densidade e Baixa Velocidade)</u> Nº Veículos = 500, vel.= 10 km/h	<u>Cenário de Rodovia (Alta Densidade e Baixa Velocidade)</u> Nº Veículos = 600, vel. = 20 km/h

Fonte: Os autores

A implementação desses cenários e características deu-se por meio do simulador de mobilidade MOVE (*Mobity Model Generator for Vehicular Networks*), que permite a criação de um modelo de mobilidade, a partir de recurso de interface gráfica. Os mapas podem ser criados manualmente pelo programa, ou baixados de uma base de dados digitais, como a do TIGER e do Google Earth (GANDHI; GUPTA, 2015).

O MOVE é composto basicamente por dois componentes, o gerador de modelo de mobilidade e o gerador de modelo de tráfego. O gerador de modelo de mobilidade apresenta uma interface amigável e bastante completa para a criação dos modelos a serem representados. Já o gerador de modelo de tráfego cria o modelo de tráfego que será utilizado pelo simulador de rede, como por exemplo, o NS2. A principal vantagem desse simulador é a sua facilidade de integração com o NS2, que permite a fácil implementação de protocolos e suas configurações (MITTAL; CHOUDHARY, 2014).

Para Gandhi e Gupta (2015) o MOVE e o NS2 apresentam como principal desvantagem o fato das ferramentas não possuírem maior suporte.

O protocolo de roteamento adotado nesse estudo foi o AODV que permite boa identificação da influência da densidade e mobilidade na comunicação inter-veicular. Ele estabelece suas rotas por meio de um processo de busca que utiliza uma abordagem do tipo *flooding*, ou seja: quando um veículo recebe um pacote de dados, caso ele não seja o destinatário final, ele irá se encarregar de retransmiti-lo para os demais veículos da rede, menos para aquele de quem recebeu (REHMAN et al., 2013).

A partir do momento em que o nó de origem encaminha o pacote para seus vizinhos (nós intermediários), cada um deles armazena o endereço de quem lhe enviou. Assim, quando o destinatário for encaminhar a resposta, utilizará o caminho mais rápido, aquela rota pela qual a informação chegou primeiro (RANJAN; AHIRWAR, 2011).

Após a comunicação ser estabelecida entre a origem e o destino, caso algum dos nós intermediários se mova para fora do alcance de transmissão, os vizinhos perceberão a falha na comunicação e encaminharão uma notificação aos demais, e quando essa notificação chegar ao nó de destino, permitirá que se reinicie o processo de descoberta de novas rotas (SHAREF; ALSAQOUR; ISMAIL, 2014).

O simulador de rede NS2 escolhido para simular o protocolo AODV foi desenvolvido especificamente para estudos de redes, com diversos módulos integrados que incluem os mais variados componentes, como: roteamento, protocolos de transporte, aplicações, etc. (RANJAN; AHIRWAR, 2011).

O NS2 é um programa totalmente gratuito e de código fonte aberto, permitindo que os usuários façam as mudanças necessárias. Além disso, permite que diversas tecnologias (com ou sem fio) sejam simuladas dentro de um cenário estabelecido.

Uma vez que os resultados provenientes da simulação são gerados em arquivos de texto, e visando uma maior facilidade de análise, foi utilizada a ferramenta *TraceGraph*, que é capaz de analisar o arquivo gerado pelo simulador. E, a partir da eleição de métricas é possível a construção de gráficos, que permitem uma boa interpretação de resultados.

7. Resultados e análise

Dentre as principais métricas utilizadas para avaliar o desempenho do protocolo AODV nos cenários propostos, com relação a influência da densidade e mobilidade na comunicação inter-veicular, estão:

- Taxa de pacotes enviados;
- Taxa de pacotes recebidos;
- Taxa de colisão de pacotes;
- Taxa de bits enviados vs Média de atraso ponto a ponto;
- Taxa de bits recebidos vs Média de atraso ponto a ponto.

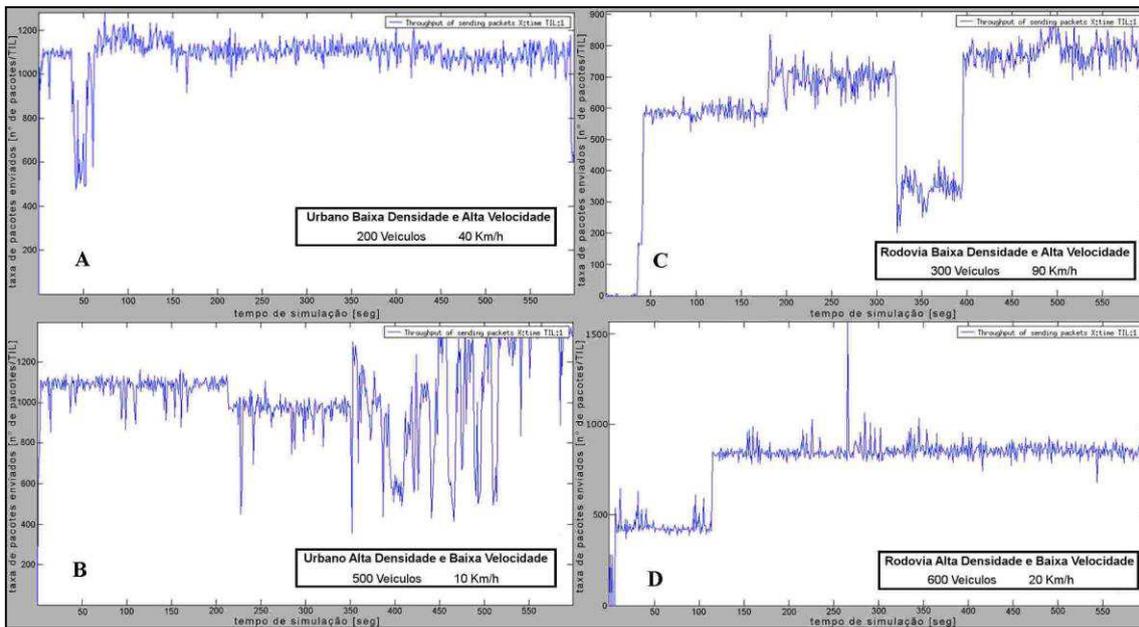
A seguir são apresentados os principais resultados obtidos. Para cada uma das métricas, são apresentados quatro gráficos referentes aos cenários urbano e rodovia, com alta e baixa densidade e alta e baixa velocidade.

Na Figura 3, com relação a taxa de pacotes enviados, observa-se em A e C um número de veículos bastante próximo, porém a velocidade é bem maior para C (rodovia) do que em A (urbano). Tal característica, pode ser a responsável pela baixa taxa de pacotes enviados inicialmente, e pela posterior queda brusca. A possível explicação para o fato é que a alta

mobilidade pode deixar a rede fragmentada, dificultando o processo de envio de pacotes. Em A, a taxa apresenta-se estável na maior parte do tempo, o que indica uma melhor qualidade do *link* de comunicação e conseqüentemente da transmissão.

Ainda na Figura 3, os gráficos B e D caracterizam ambientes com alta densidade e baixa velocidade. Neles as velocidades são próximas e bastante baixas, e não afetam a qualidade da transmissão. No entanto, como número de veículos é bastante alto em ambos os casos; isto pode ser a causa da diminuição na taxa de pacotes enviados em B. Além disso, em D a taxa inicial de envio de pacotes inicia-se baixa e posteriormente se estabiliza. Tais comportamentos podem ser reflexo da alta densidade, uma vez que quanto maior o número de veículos transmitindo mensagens simultaneamente, maior a probabilidade de ocorrer colisões de pacotes, e afetar o processo de transmissão. A elucidação desse fenômeno poderia ser verificada, isolando-se a variável densidade e aumentando-se o número de simulações com diferentes parâmetros na simulação.

Figura 3 - Taxa de Pacotes Enviados



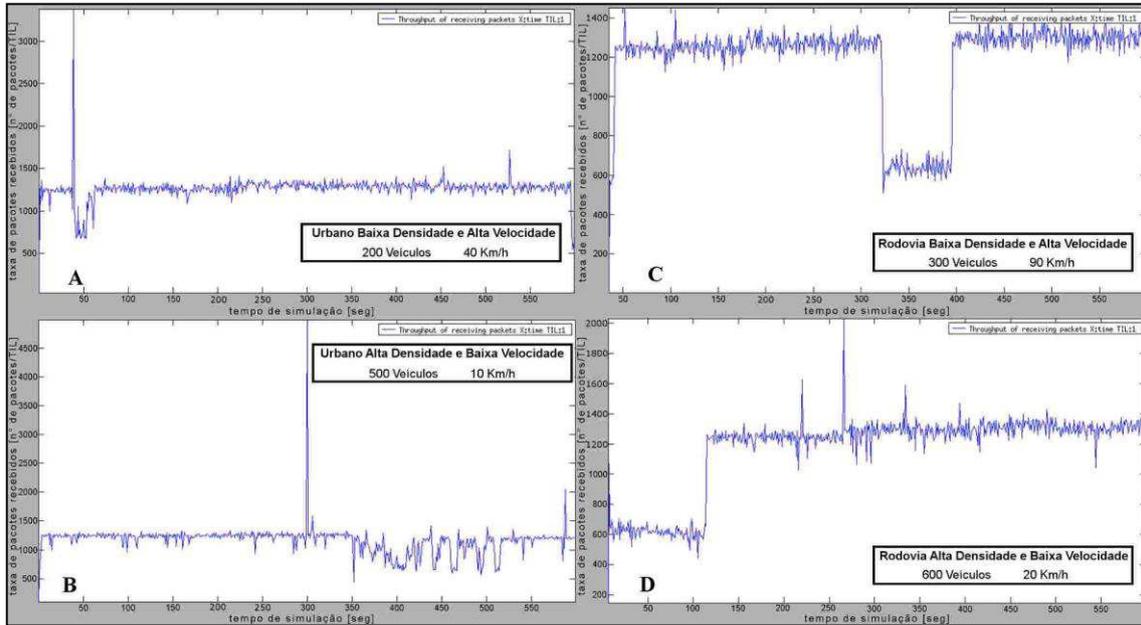
Fonte: Os autores

Na Figura 4, com relação aos pacotes recebidos, os gráficos A e C referem-se aos cenários com baixa densidade e alta velocidade, neles o número de veículos é bastante próximo, porém a velocidade na rodovia C é mais do que o dobro do cenário urbano A. A alta velocidade pode ser a responsável pela queda significativa da taxa de pacotes recebidos. Por outro lado, no ambiente urbano A, apresenta-se estável na maior parte do tempo, com melhor qualidade de comunicação.

Ainda na Figura 4 os gráficos B e D caracterizam ambientes com alta densidade e baixa velocidade. Neles as velocidades além de serem próximas, são baixas, sem afetar o processo de recebimento de pacotes. No entanto, verifica-se que o número de veículos em ambos é alto, o que pode ser o responsável pela oscilação da taxa de pacotes recebidos em B e pela baixa taxa de pacotes recebidos inicialmente em D.

É interessante notar que a taxa de pacotes recebidos é superior à de pacotes enviados, o que pode ser reflexo das características do simulador, que mede de maneira independente cada uma das variáveis, com base ao número aleatório de entidades criadas.

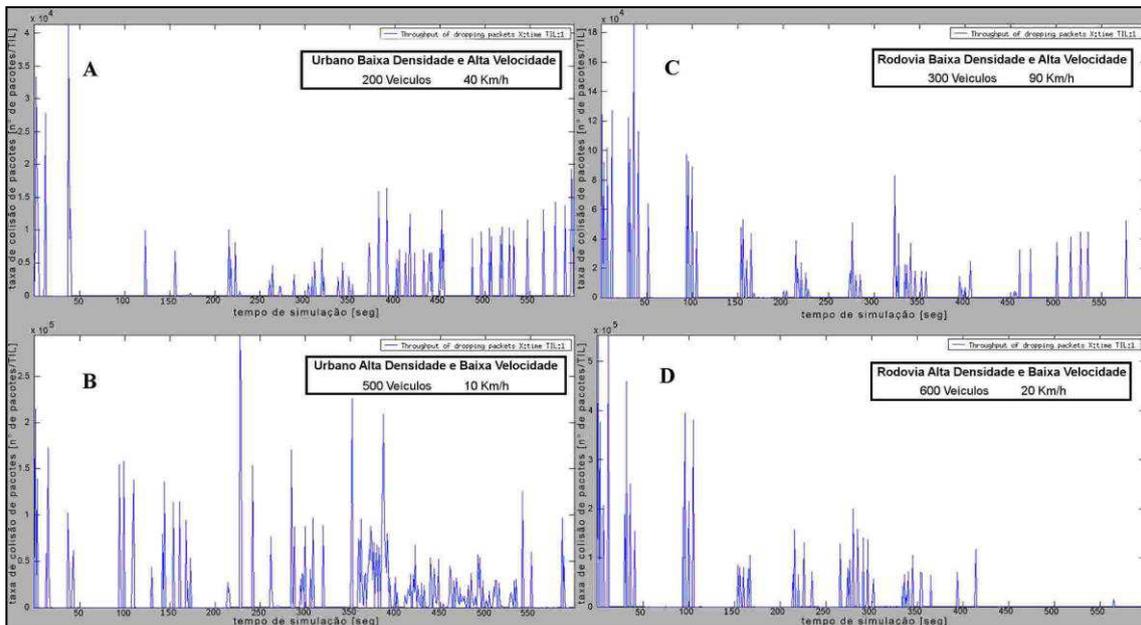
Figura 4 - Taxa de Pacotes Recebidos



Fonte: Os autores

Na Figura 5 as taxas de colisão de pacotes em B e D são maiores do que em A e C. Isto indica uma possível influência do número de veículos, pois quanto maior o número de veículos, maior a chance de colisão de pacotes. Os maiores índices de colisões, com exceção de B, ocorrem no início da simulação, enquanto se estabelece as definições das rotas iniciais, pois na tentativa de estabelecer uma rota inicial, os nós transferem uma grande quantidade de dados simultaneamente.

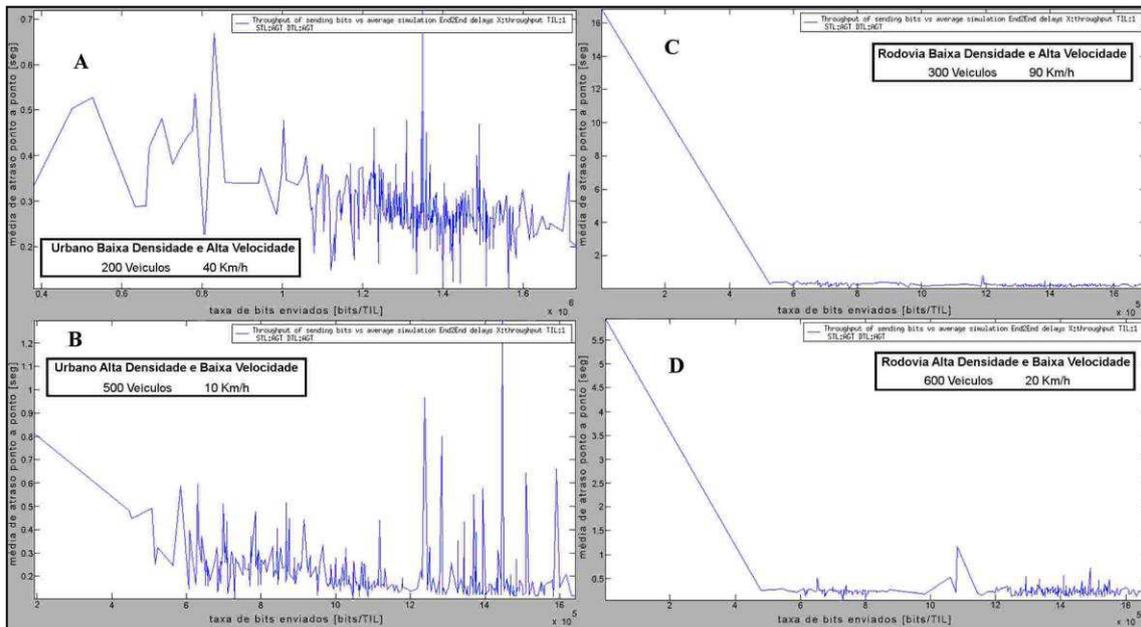
Figura 5 - Taxa de Colisão de Pacotes



Fonte: Os autores

Na Figura 6 as maiores taxas de atraso estão em C e em D. As taxas de atraso, a partir de um determinado momento, diminuem e permanecem baixas independente da taxa de bits enviados, o que representa um intervalo de estabilização (*warm up*), após o qual o tempo de atraso não é mais afetado pelo número de bits enviados. Nota-se que B apresenta maior taxa de bits enviados do que em A; o que, pode estar relacionado ao maior número de veículos e consequente maior quantidade de bits enviados.

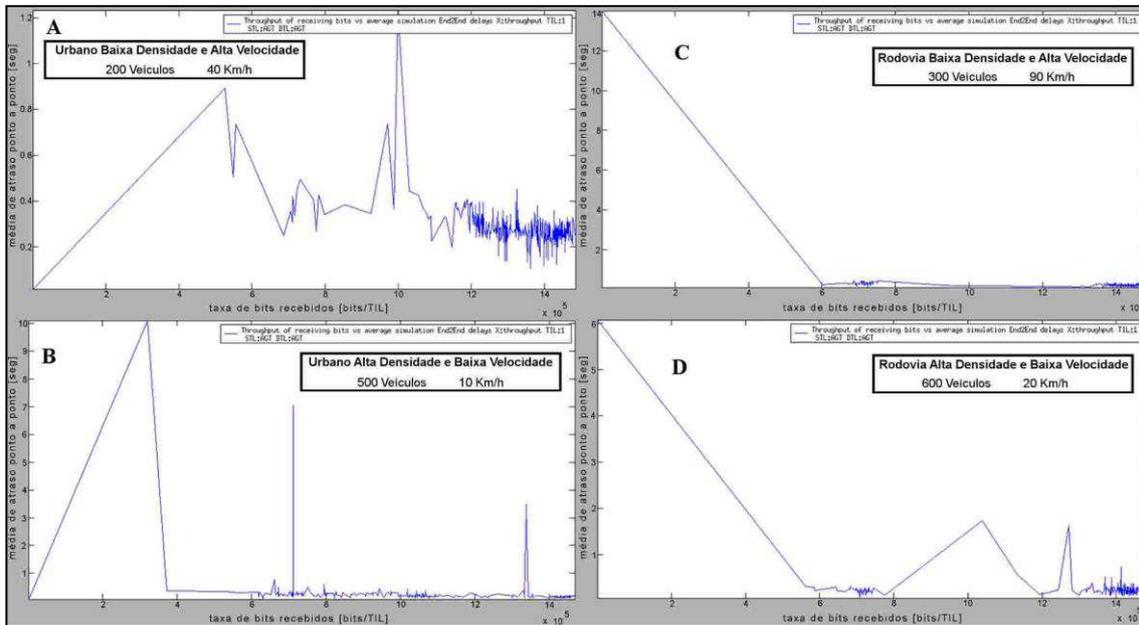
Figura 6 - Taxa de Bits Enviados vs Média de Atraso Ponto a Ponto



Fonte: Os autores

Com relação a taxa de bits enviados a Figura 7, apresenta os cenários de rodovia C e D que com maior taxa de atraso inicial, recupera isto, à medida em que a taxa de bits recebidos aumenta, o que igualmente se pressupõe um determinado intervalo de tempo necessário à estabilização. Além disso, em D, mesmo após a estabilização, a taxa de atraso apresenta oscilações em decorrência da densidade. A taxa de atraso nos cenários urbanos A e B possui comportamento inicial oposto aos de rodovia, ou seja: à medida em que o número de bits aumenta a taxa de atraso também aumenta. Além disso, a taxa de atraso é maior inicialmente para B, e apresenta picos na taxa de atraso, mesmo após a estabilização da rede. Em A é onde se observa os menores índices de atraso.

Figura 7 - Taxa de Bits Recebidos vs Média de Atraso Ponto a Ponto



Fonte: Os autores

8. Considerações finais

O protocolo AODV foi implementado em diferentes cenários por meio dos simuladores MOVE e NS2. Para cada um dos cenários foi considerado diferentes níveis de densidade e velocidade, permitindo-se inferir sobre as respectivas influências na comunicação inter-veicular.

Com os resultados da simulação, confirmou-se a influência da densidade e da mobilidade na comunicação inter-veicular, pela eleição de diversas métricas, como: taxa de pacotes enviados; taxa de pacotes recebidos; taxa de colisão de pacotes; taxa de bits enviados vs. taxa de atraso; e taxa de bits recebidos vs. taxa de atraso.

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

Nesta pesquisa, foram observadas algumas questões que necessitam de melhor compreensão, e são destacados como direcionadores para trabalhos futuros: analisar isoladamente a influência da densidade e da mobilidade na comunicação inter-veicular; estender a análise para o cenário rural; avaliar outros protocolos; e propor diretrizes para protocolos mais eficientes.

REFERÊNCIAS

- BAYLESS, S; BELCHER, S. What to Expect Beyond 2015 – Fourth Generation (4G) Wireless and the Vehicle. In: BROWN, A. Connectivity and The Mobility Industry. USA: SAE International, 2011. Cap. 1, p. 11-29.
- CAVENEY, D. Cooperative Vehicular Safety Applications. In: HARTENSTEIN, H; LABERTEAUX, K. VANET: Vehicular Applications and Inter-Networking Technologies. UK: Wiley, 2010. Cap. 2, p. 21-48.
- 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.
- GSMA. Connected Car Forecast: Global Connected Car Market to Grow Threefold Within Five Years, 2013. Disponível em: <http://www.gsma.com/connectedliving/wp-content/uploads/2013/06/cl_ma_forecast_06_13.pdf>. Acesso em: 03/08/15.
- HARTENSTEIN, H; LABERTEAUX, K. VANET: Vehicular Applications and Inter-Networking Technologies. UK: Wiley, 2010.
- LAN, K; CHOU, C. Realistic Mobility Models for Vehicular Ad hoc Network (VANET) Simulations. In: 8th International Conference on ITS Telecommunications, 2008.
- MITTAL, N; CHOUDHARY, S. Comparative Study of Simulators for Vehicular Ad-hoc Networks (VANETs). International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, v.4, n.4, 2014.
- PAUL, B; IBRAHIM; BIKAS, A. VANET Routing Protocols: Pros and Cons. International Journal of Computer Applications, v.20, n.3, 2011.
- RANJAN, P; AHIRWAR, K. Comparative Study of VANET and MANET Routing Protocols. In: International Conference on Advanced Computing and Communication Technologies, 2011.
- REHMAN, S; et al. Vehicular Ad-Hoc Networks (VANETs) – An Overview and Challenges. Journal of Wireless Networking and Communications, v.3, n.3, p. 29-38, 2013.
- SHAREF, B; ALSAQOUR, R; ISMAIL, M. Vehicular Communication Ad Hoc routing protocols: A survey. Journal of Network and Computer Applications, 2014.
- SICHITIU, M; KIHIL, M. Inter-Vehicle Communication Systems: A Survey. IEEE Communication Surveys, v. 10, n.2, p. 88-105, 2008.
- TOOR, Y; et al. Vehicle Ad Hoc Networks: Applications and Related Technical Issues. IEEE Communication Surveys, v. 10, n. 3, p. 74-88, 2008.
- YOUSEFI, S; MOUSAVI, M; FATHY, M. Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs): Challenges and Perspectives. In: International Conference on ITS Telecommunications Proceedings, 2006.