O impacto dos modelos de propagação nos protocolos de roteamento para redes veiculares urbanas

William Félix Ángeles Galván, Anelise Munaretto e Mauro Fonseca

***Resumo*— Diferentes estudos avaliaram o desempenho de protocolos de roteamento Ad hoc para redes veiculares. No entanto, a maioria deles não são realistas pois utilizam modelos de propagação simples para redes veiculares em ambiente urbano, o que limita a precisão dos resultados. O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto no desempenho dos protocolos de roteamento Ad hoc em diferentes modelos de propagação com valores de parâmetros reais em um mapa urbano real. Os cenários e parâmetros das simulações foram desenvolvidos nos simuladores Omnet++ e SUMO. As métricas avaliadas foram atraso médio fim-a-fim e a taxa de entrega de pacotes. Os resultados mostraram que o comportamento dos protocolos varia bastante conforme o modelo utilizado (modelos simples ou complexos).**

***Palavras-Chave*— VANET, Roteamento Ad hoc, Modelos de propagação.**

***Abstract*— Different studies evaluated the performance of Ad hoc routing protocols for vehicular networks. However, most of them are not realistic because on propagation models are used simple propagation models for vehicular networks on urban environment, which limits the accuracy of the results. The objective of this study is to evaluate the performance impact of Ad hoc routing protocols under different propagation models with real parameters values in an existing urban map. The scenarios and parameters of the simulations were developed in Omnet++ and SUMO simulators. The evaluation metrics were the average end-to-end delay and the package delivery rate. The results showed that the behavior of protocols varies widely depending on the model used (complex or simple model).**

***Keywords*— VANET, Ad hoc routing, Propagation Models.**

I. Introdução

Com o constante aumento de veículos nas estradas e a alta interconectividade entre dispositivos, é possível supor um cenário onde os carros se comuniquem uns com os outros criando uma rede de veículos inteligente que traga conforto aos passageiros e principalmente assistência aos motoristas. A implementação de uma rede de veículos é chamada de sistema de transporte inteligente (ITS do inglês *Intelligent Transportation System*) e pode servir principalmente para melhorar a segurança nas estradas e rodovias. Para este propósito os veículos devem atuar como sensores e transmitir mensagens para os outros veículos, ou para uma central, a fim de auxiliar os motoristas na detecção rápida de uma situação anormal e assim ajudar a evitar engarrafamentos e acidentes. Também seria possível informar os limites de velocidade das diferentes estradas e também os obstáculos não relatados previamente ou ocultos, assim como também acidentes e estradas potencialmente perigosas. Por outro lado, poderia dar conforto aos passageiros com uma conexão à multimédia, dar acesso às condições climatológicas, facilitar os pagamentos das taxas nos pedágios, e ainda permitir o acesso à *internet*. Uma rede Ad hoc móvel (MANET do inglês *Mobile Ad hoc NETwork*) é um grupo interconectado de dispositivos autônomos móveis. Cada um dos dispositivos atua como um nó, podendo receber e encaminhar dados. Estes nós podem movimentar-se livremente em qualquer direção, mas a principal característica dessas redes é a independência da infraestrutura. Sem infraestrutura, cada um dos nós é também um roteador que encaminha/reenvia os pacotes até chegar ao seu destino. O roteamento em uma MANET é definido como o estabelecimento temporário de um caminho desde uma fonte até um destino, sem um dispositivo de administração centralizado. Os protocolos de roteamento Ad hoc definem quais serão os caminhos, a fim de encaminhar pacotes entre dispositivos. Portanto, para tomar a decisão de qual caminho escolher, algumas regras são necessárias. Tais regras são implementadas em algoritmos que determinam qual será o caminho percorrido desde a fonte até o destino. Na literatura podem-se encontrar diferentes tipos de configurações para os protocolos MANET classificados de acordo com [6], [9], [10]. Assim, pode-se definir uma rede veicular Ad hoc (VANET do inglês *Vehicular Ad hoc NETwork*) como sendo um tipo especial de MANET, que estabelece conexões entre veículos ou entre veículos e uma unidade fixa ao lado da via (RSU do inglês *Road Side Unit*).

O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto dos protocolos de roteamento Ad hoc com diferentes modelos de propagação em diversos cenários de mobilidade urbana de veículos. Para isso foram utilizados valores de parâmetros reais aplicados ao mapa da cidade de Curitiba. O presente artigo está organizado da seguinte forma. A próxima seção apresenta os trabalhos relacionados. Em seguida, apresentamos a metodologia usada no trabalho incluindo a modelagem dos cenários e a avaliação de desempenho realizada. Finalmente a última seção encerra o artigo apresentando as conclusões do trabalho bem com indicações de trabalhos futuros.

II. Trabalhos Relacionados

Na literatura foram encontrados trabalhos sobre avaliação do desempenho de diferentes protocolos de roteamento para redes

William Félix Ángeles Galván, Anelise Munaretto e Mauro Fonseca, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. E-mails: anelise@utfpr.edu.br, maurofonseca@utfpr.edu.br. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq (306752/20158 e 309571/20146) e pela CAPES.

Ad hoc e VANETs. Porem, nenhum estudo foi encontrado demostrando o impacto produzido pelos diferentes modelos de propagação sobre o desempenho dos protocolos.

Em [4], os autores buscam obter simulações mais realistas, por isso não consideram o *random way-point*, que seria o modelo de movimentação aleatória mais utilizado em redes *Ad hoc* (não veiculares). Os autores usam diferentes modelos de mobilidade mais apropriados para VANET como o *Freeway* (movimento em linha reta nas estradas) e modelos de carros rápidos (para as rodovias). O artigo avalia o desempenho dos protocolos em rodovias, limitando os movimentos do carro para uma ou no máximo duas direções sem considerar as interseções, nas quais os carros poderiam virar ou parar. Por outro lado, não enfatiza qualquer modelo de propagação, assim é assumido o uso de espaço livre.

[5] realizaram um experimento com protocolos AODV [12] e OLSR [8] em um ambiente urbano onde foram utilizados mapas reais e uma quantidade variável de nós. Esses nós têm uma velocidade uniforme, o que está longe da realidade posto que os veículos variam a velocidade dependendo das regras de transito. O trabalho utiliza o modelo de propagação Nakagami com valores padrões não adaptados ao ambiente urbano. O mesmo acontece com o trabalho apresentado em [13].

Por outro lado, o artigo de [3] apresenta um estudo relevante e orientado a caracterizar o comportamento do canal para redes veiculares com a finalidade de criar um modelo que poderia ser utilizado por diferentes simuladores de redes veiculares, e que poderia ser considerado para futuros testes.

Nesse artigo serão comparados os quatro modelos de propagação mais usados na literatura: o modelo do Espaço Livre (do inglês *Free-Space*), modelo de dois raios ou de reflexão no solo (do inglês *Two Ray Ground*), o modelo de sombreamento Log-Normal (do inglês *Log-Normal Shadowing*) e o modelo de Nakagami. A diferença neste trabalho é a utilização de parâmetros reais dos modelos mencionados para cenários urbanos.

III. Metodologia

A metodologia propõe uma estratégia que utiliza um cenário com parâmetros reais, para testar o desempenho de diferentes protocolos ad hoc em uma rede veicular com diversos modelos de propagação. A comparação destes protocolos em um mesmo cenário permitiu avaliar o desempenho deles para redes veiculares, assim como conhecer o comportamento de cada um dos modelos de propagação como estes influenciam nos resultados destes protocolos.

A metodologia desenvolvida foi sistematizada em três etapas: a primeira é a modelagem do tráfego, a segunda é a modelagem da rede e a ultima a análise dos dados. Inicialmente é necessário definir quais serão os cenários estudados, assim como, as principais caraterísticas dos nós e do meio físico. Esse artigo apresenta o cenário veículo a veículo (V2V) avaliado. Os resultados dos cenários veículo e infraestrutura (V2I) e Hibrido também foram avaliados e podem ser encontrados em [14].

O cenário será avaliado com diferentes quantidades de veículos para verificar diferentes densidades e demandas de rede. Foi usado 5 diferentes demandas: 10, 25, 50, 75 e 100 veículos em movimento durante a execução de cada simulação. Estes veículos movimentam-se em uma área urbana do centro de Curitiba com as caraterísticas geométricas dos prédios (representado na Figura 1). A velocidade máxima dos veículos é de 40 km/h com uma margem de $\pm 10\%$, escolhida por ser a máxima velocidade permitida pela prefeitura no centro da cidade.

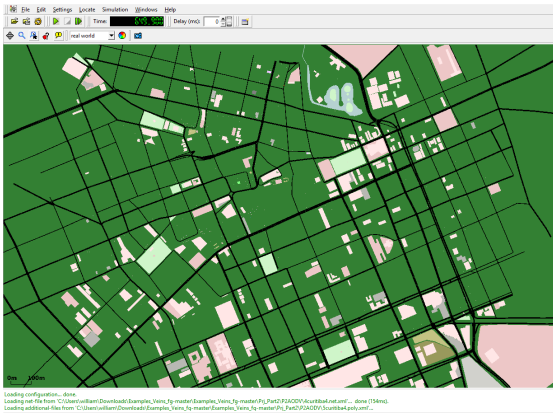

Fig. 1. Mapa do centro de Curitiba em SUMO.

Como mencionado, os modelos de propagação utilizados para o trabalho foram o *Free-Space* (FS), o *Two Ray Ground* (TRG), o *Log-Normal* (LNS) e o *Nakagami* (NAK). Maiores detalhes sobre esses modelos são apresentados em [14]. Para o FS não foi preciso nenhuma modificação na equação do modelo do simulador. Para o modelo o TRG, as frequências normalmente usadas em redes veiculares estão na faixa de 5.9 GHz. Assim o canal de controle usado foi o 178, que tem uma frequência de 5.890 GHz. A altura das antenas frequentemente utilizada em simulações é padronizada em 1.5 metros, que é a altura média dos veículos. Usando esses valores na equação do TRG (detalhado em [14] foi obtido $d_c = 556\ metros$. Em condições reais, principalmente em ambientes urbanos, é improvável atingir essa distância, 250 m a 350 m são valores mais precisos de cobertura. Vale ressaltar que se o modelo TRG for usado em uma simulação de rede veicular e se as distâncias não ultrapassarem os 556 m, seria equivalente ao modelo FS.

Por outro lado, para obter os valores do modelo LNS foi utilizado o trabalho de [2]. Os autores caracterizam a perda de percurso com base em dados empíricos coletados a partir de medições em diferentes áreas geográficas. Neste trabalho foi escolhido o resultado de zona urbana e os valores utilizados foram: $\lambda = 1.68$ e $\sigma = 3.2$. Esses valores foram inseridos na equação do modelo conforme detalhado em [14].

Por último, foi detalhado o modelo NAK, para o qual foram utilizados os parâmetros apresentados em [1]. Nesse trabalho, os autores realizam medições em veículos em movimento em condições reais de condução na faixa de 5.9 GHz, para assim estimar o valor dos parâmetros de propagação. Foi escolhido o resultado do segundo conjunto de dados dos experimentos realizados, no qual foram determinados seis valores diferentes do fator de desvanecimento (m), para uma distância específica. Estes valores são mostrados na Tabela I apresentada a seguir.

TABELA I
VALORES DO FATOR DE DESVANECIMENTO M ATRAVÉS DA DISTÂNCIA.

DISTÂNCIA (em metros)	FATOR DESVANECIMENTO (m)
desde 0.0 até 4.7	3.01
desde 4.7 até 11.7	1.18
desde 11.7 até 28.9	1.94
desde 28.9 até 71.6	1.86
desde 71.6 até 177.3	0.45
desde 177.3	0.32

Em relação as caraterísticas dos nós, pode-se mencionar que a camada de aplicação foi configurada como segue: enviar um pacote por segundo durante 30 segundos com destino aleatório. Devido a aleatoriedade pode ocorrer que diferentes nós escolham o mesmo destino, ocasionando interferência e perda de pacotes. Uma vez finalizada a rajada de 30 segundos, se tem um tempo de pausa de 5 segundos. Após os 5 segundos de pausa, a rajada é ativada novamente e todo o processo é repetido até o final da simulação.

Em seguida, os protocolos de roteamento: AODV, DSR [7], DYMO [11] e OLSR foram testados com cada um dos modelos de propagação. As configurações dos protocolos mantêm os valores por "default" do pacote INET para redes ad hoc.

Assim, o cenário V2V foi utilizado para analizar os quatro modelos de propagação. Cada um dos protocolos de roteamento avaliados foi testado sobre os quatro modelos de propagação com a seguinte quantidade de veículos: 10, 25, 50, 75 e 100 veículos, totalizando 80 cenários avaliados. A Tabela II resume as principais caraterísticas da configuração avaliada.

TABELA II
CONFIGURAÇÃO DA SIMULAÇÃO

Versão do Omnet++	4.6
Versão do Sumo	0.22.0
Versão do INET	3.0
Área da simulação	1800 x 2800 metros
Quantidade de veículos	10, 25, 50, 75, 100
Velocidade	máx. 40 km/h (+/-10%)
Tempo da Simulação	650s
Protocolos de Roteamento	AODV, DSR, DSDV, OLSR
Modelos de Propagação	FS, TRG, LNS, NAK
Tamanho do Pacote	512 Byte
MAC Bit Rate	6 Mbps
Tipo de camada MAC	802.11p
Frequência de transmissão	5.890 GHz
Tipo de Tráfego	UDP
Tipo de Cenário	Urbano

IV. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos nas simulações. Para obter uma maior precisão nos resultados, foram realizadas vinte e cinco repetições para cada cenário (com sementes aleatórias). Os resultados mostram a média e o intervalo de confiança com 90%. As métricas para a avaliação usadas são: Taxa de entrega de pacotes (PDR) e Atraso médio fim a fim (E2ED).

A. Cenário AODV

A Figura 2 mostra como os resultados com o modelo TRG e FS têm o mesmo comportamento em relação a métrica de atraso (E2ED). Isto mostra que a maior parte do tempo, o comportamento dos modelos FS e TRG se equivalem neste cenário para o protocolo AODV. Para os modelos LNS e NAK, os resultados mostram o mesmo comportamento, mesmo quando o número de veículos no cenário é alterado, o que demostra que eles estão se comportando da mesma forma. Finalmente pode-se concluir que para o AODV, com uma quantidade baixa de nós é possível obter um atraso médio com comportamento similar independente dos modelos de propagação usados, apesar dos valores serem 50% menor para LNS e NAK. Por outro lado, a partir de 50 nós observa-se uma diferença nos comportamentos e valores, enquanto os modelos complexos diminuem sensivelmente o atraso, o modelos mais simples mantém os valores, apenas ocorrendo um pequeno aumento do atraso conforme a quantidade de nós aumenta.

Na Figura 3 é mostrado que a PDR (taxa de entrega) nunca excedeu os 20%. Isso pode ser justificado devido aos poucos enlaces de comunicação e pelo tempo curto de conexão, devido à velocidade dos veículos, o que dificulta a conectividade. Também pode-se observar o mesmo comportamento com valores semelhantes para os modelos TRG e FS que é semelhante ao LNS e NAK até 50 nós. Porém, acima desse valor a diferença entre os modelos fica evidente, enquanto nos modelos LNS e NAK a curva descreve, nos modelos FS e TRG essa curva aumenta.

Portanto, pode-se concluir que, em um ambiente urbano o impacto do FS para o protocolo AODV tem o mesmo padrão do TRG e apresenta uma tendência crescente para uma alta quantidade de nós. Por outro lado, o NAK e o LNS convergem para o mesmo valor com uma tendência decrescente conforme a quantidade de nós aumenta.

A diferença na taxa de entrega para o mesmo cenário variando apenas o modelo de propagação alcança aproximadamente 80% além de mostrar um comportamento diferente dependente da densidade de nós para o protocolo AODV.

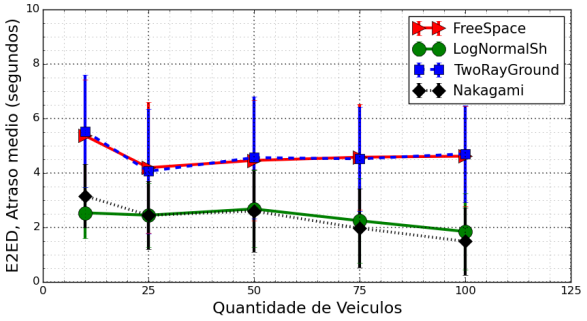

Fig. 2. Atraso médio fim a fim AODV em cenário V2V.

B. Cenário DSR

Nas Figuras 4 e 5 são mostrados os resultados para o protocolo DSR. É obtido o E2ED na Figura 4 e como pode ser visto, os resultados do E2ED mostram que todos os modelos apresentam o mesmo comportamento, pois o atraso diminue conforme a quantidade de nós aumenta. No primeiro casos para os modelos, TRG e FS, foi obtido o mesmo comportamento e resultado. No segundo, para o LNS

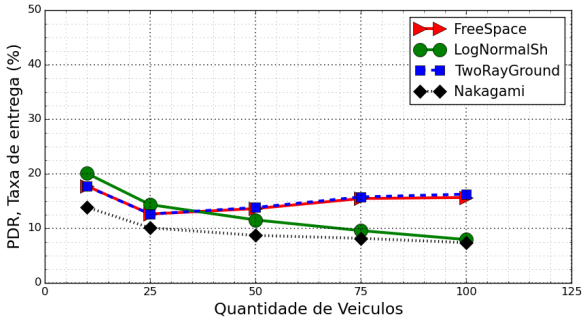

Fig. 3. Taxa de entrega de pacotes AODV em cenário V2V.

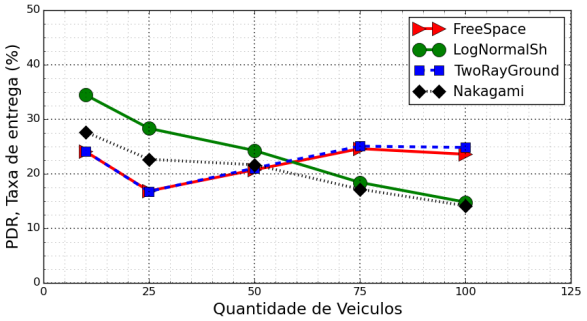

Fig. 5. Taxa de entrega de pacotes DSR em cenário V2V.

e o NAK outro comportamento foi apresentado com valores semelhantes, alcançando um atraso médio e um desvio padrão menor que 50% do primeiro grupo. Podemos observar que enquanto o número de nós aumenta, o que implica que o número de conexões também aumenta, o atraso reduz para os dois grupos. Seguindo a tendência decrescente dos resultados, pode se dizer que ao aumentar a quantidade de nós pode se obter uma convergência entre os valores dos modelos de propagação no caso do DSR.

A Figura 5 apresenta o PDR para o DSR. Por um lado, os modelos TRG e FS apresentam mais uma vez o mesmo comportamento com valores muito próximos, mostrando um ponto de inflexão com 25 nós, onde começa uma recuperacao no desempenho. Por outro lado, os modelos LNS e NAK têm resultados semelhantes e convergem conforme a quantidade dos nós aumenta.

Notamos que enquanto os modelos complexos LNS e NAK seguem uma tendência decrescente na entrega de pacotes com o aumento de nós, os modelos simples aumentam a entrega a partir dos 25 nós ficando mais estáveis e com a taxa de entrega de pacotes superiores a 40%, mostrando que a escolha do modelo influencia no comportamento do protocolo DSR.

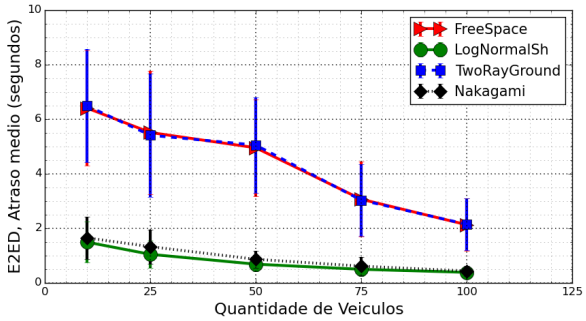

Fig. 4. Atraso médio fim a fim DSR em cenário V2V.

C. Cenário DYMO

Os resultados para o protocolo DYMO são ilustrados nas Figura 6 e 7. Dois grupos são formados, TRG com FS, e LNS e NAK, de modo semelhante aos resultados anteriores, a diferença entre o atraso nos dois grupos é de aproximadamente 60% com exceção na simulação com 25 veículos.

Em relação a taxa de entrega PDR, nota-se que a utilização do FS ou TRG apresenta o mesmo comportamento, como em resultados anteriores. Porém a forma da resposta para estes modelos é completamente oposta aos valores de LNS e NAK depois dos 50 nós, visto que é apresentado uma taxa de entrega próxima de 40%, enquanto os modelos complexos apresentam uma redução da taxa de entrega. Assim observamos que o DYMO tem uma alteração de comportamento quando usado o modelo FS ou TRG, em altas densidades.

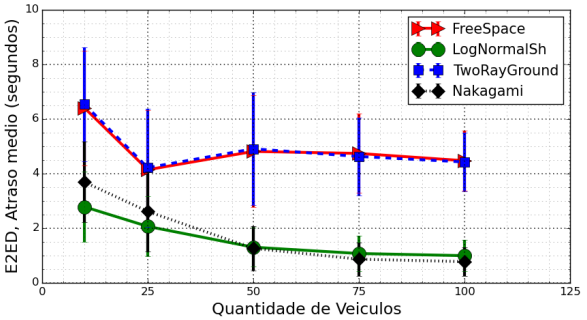

Fig. 6. Atraso médio fim a fim DYMO em cenário V2V.

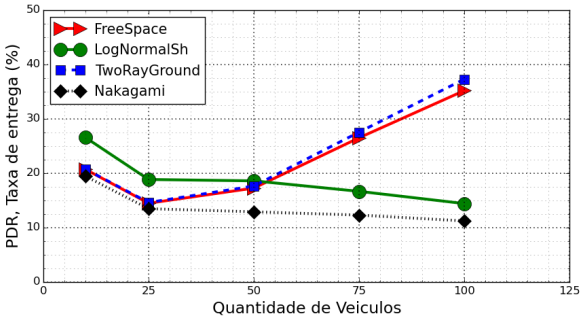

Fig. 7. Taxa de entrega de pacotes DYMO em cenário V2V.

D. Cenário OLSR

Finalmente, as duas últimas figuras desse cenário mostram os resultados para o protocolo OLSR. Por ser esse um protocolo proativo que mantém atualizadas suas tabelas de roteamento em todo momento, todos os nós sempre conhecem a atual topologia da rede. Isto resulta em um menor tempo de resposta E2ED para OLSR, como mostra a Figura 8, onde os resultados quando comparados com os outros protocolos de roteamento apresentam ganhos relevantes. Neste caso, o

atraso máximo foi de 0,2 segundos em contraste com os 4 a 6 segundos obtidos pelos protocolos reativos. Os modelos FS e TRG mostram mais uma vez um comportamento similar. Porém, o LNS e NAK nesse caso também mostram um comportamento semelhante. Como pode ser visto, o atraso aumenta conforme aumenta a quantidade de nós.

A Figura 9 mostra os resultados do PDR, onde podemos perceber um comportamento semelhante para todos os modelos de propagação. Todos os modelos usados com o OLSR convergem à medida que o número de nós aumenta, e pode-se falar que com 100 nós os resultados são independente do modelo de propagação utilizado.

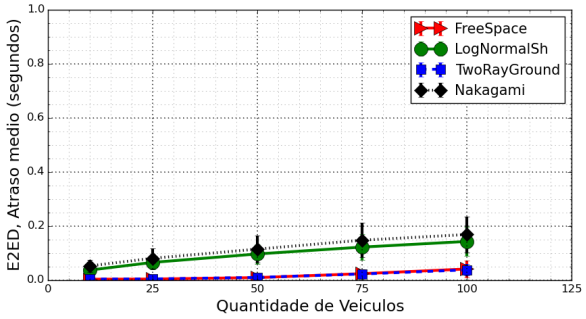

Fig. 8. Atraso médio fim a fim OLSR em cenário V2V.

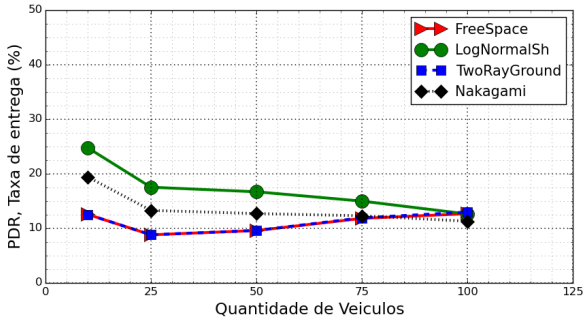

Fig. 9. Taxa de entrega de pacotes OLSR em cenário V2V.

Verificamos que com a escolha do modelo de propagação conseguimos alterar completamente os resultados de simulações para o mesmo cenário. Por exemplo se usarmos o modelo FS obetmos a melhor taxa de entrega para os cenários com 10, 25 e 30 nós com o protocolo de roteamento DSR e com o DYMO para os cenários com 75 e 100 nós. Prém se usarmos o modelo LNS, o DSR sempre obtem o melhor resultado. Por outro lado, vemos que o pior desempenho para o modelo FS sempre ficou com o OLSR. Mas se usarmos o modelo LNS, o pior resultado sempre fica com o AODV e em ambos os casos a diferença entre eles é de aproximadamente 20%.

Assim, podemos concluir que o modelo de propagação utilizado é muito importante e que pode alterar o comportamento final dos protocolos de roteamento estudados, além dos valores dos resultados apresentados nas avaliações.

V. Conclusões

Neste artigo foi avaliado o comportamento dos protocolos de roteamento Ad hoc sobre diferentes modelos de propagação configurados com valores reais em um cenário veicular urbano. Foi apresentada a variação dos resultados com os diferentes modelos, ressaltando o comportamento de cada um face aos valores reais da rede. Pode-se concluir que o impacto dos diferentes modelos no desempenho dos protocolos de roteamento é relevante e deve ser considerado nas avaliações. A utilização dos modelos simples pode ser uma boa opção, especialmente quando é necessário reduzir os recursos computacionais. Porém para isso é necessário ter um comportamento similar nas respostas do E2ED e do PDR, o que foi verificado somente no protocolo OLSR em todos os cenários. Vale ressaltar que com o OLSR, o impacto do modelo de propagação diminui com o aumento da rede, visto que as respostas têm uma certa semelhança nas métricas avaliadas. Os resultados apresentados neste trabalho mostram que o impacto sobre o comportamento e sobre os resultados dos protocolos de roteamento utilizados, são completamentes dependentes do modelo de propagação usado. A dependência verificada é tão grande que consegue alterar resultados e comportamentos fazendo um protocolo ter melhor ou pior resultado em um mesmo cenário.

Como trabalhos futuros, contempla-se realizar a comparação com outros protocolos de roteamento, a fim de verificar o comportamento desses novos protocolos em diferentes modelos de propagação.

Referências

[1] Lin Cheng and Henty, B.E. and Stancil, D.D. and Fan Bai and Mudalige, P., *Mobile Vehicle-to-Vehicle Narrow-Band Channel Measurement and Characterization of the 5.9 GHz Dedicated Short Range Communication (DSRC) Frequency Band*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, v. 25, n. 8, pp. 1501–1516, Oct. 2007.

[2] Onubogu, O. and Ziri-Castro, K. and Jayalath, D. and Ansari, K. and Suzuki, H., *Empirical vehicle-to-vehicle pathloss modeling in highway, suburban and urban environments at 5.8 GHz*. 8th International Conference on Signal Processing and Communication Systems (ICSPCS), pp. 1–6, Dec.2014.

[3] Dhoutaut, Dominique and Régis, Anthony and Spies, François, *Impact of Radio Propagation Models in Vehicular Ad Hoc Networks Simulations*. Proceedings of the 3rd International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (ACM VANET 2006), pp.40–49, 2006.

[4] Alam, M. and Sher, M. and Husain, S.A., *VANETs Mobility Model entities and its impact*. 4th International Conference on Emerging Technologies, 2008. IEEE-ICET 2008. Oct 2008.

[5] Khan, I. and Qayyum, A. *Performance evaluation of AODV and OLSR in highly fading vehicular ad hoc network environments*. IEEE 13th International Multitopic Conference, 2009. INMIC 2009. pp. 1–5, Dec 2009.

[6] S. M. Tornell and C. T. Calafate and J. C. Cano and P. Manzoni, *DTN Protocols for Vehicular Networks: An Application Oriented Overview*. IEEE Communications Surveys Tutorials, v.17, n.2, pp. 868–887, 2015.

[7] D. Johnson and Y. Hu and D. Maltz, *The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4*. RFC 4728, Feb 2007.

[8] T. Clausen and Ed. P. Jacquet, *Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)*. RFC 3626, Oct 2003.

[9] Bijan Paul and Md. Ibrahim and Md. Abu Naser Bikas, *VANET Routing Protocols: Pros and Cons.*. International Journal of Computer Applications, v.20, n.3, pp.28–34. April 2011.

[10] Dhyey Patel and Mohd. Faisal Khan and Priyanka Batavia and Sidharth Makhija and M. Mani Roja, *Overview of Routing Protocols in VANET*. International Journal of Computer Applications, v.136, n.9, pp.4–7. Feb 2016.

[11] Charles Perkins and Stan Ratliff and John Dowdell, *Dynamic MANET On-demand (AODVv2) Routing*. Internet Draft. Aug 2013.

[12] Charles E. Perkins and Elizabeth M. Royer, *Ad-hoc on-demand distance vector routing*. Proceedings Second IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Feb. 1999.

[13] Pranav Kumar Singh, *Influences of TwoRayGround and Nakagami Propagation model for the Performance of Adhoc Routing Protocol in VANET*. International Journal of Computer Applications, v.45, n.22, pp.1–6, May 2012.

[14] William Felix Angeles Galvan, *Estudo do impacto dos modelos de propagação no desempenho de protocolos Ad Hoc em um ambiente VANET urbano*, Dissertação de mestrado, CPGEI-UTFPR, Maio de 2016.