

# P-DSDV: um protocolo de roteamento eficiente para um backbone ad hoc móvel

Joilson Alves Junior e Emilio C. G. Wille

**Resumo**—As Redes Ad Hoc Veiculares (VANETs) *vehicle-to-vehicle* (V2V) fazem parte dos Sistemas Inteligentes de Transporte Terrestre e possuem como propósito a comunicação entre veículos para fornecer segurança e entretenimento a seus ocupantes. Nestas redes, os principais desafios da comunicação estão relacionados à falta de conectividade entre os veículos e ao baixo desempenho dos protocolos de roteamento. Este trabalho propõe um novo protocolo de roteamento chamado P-DSDV, que em conjunto com um *backbone* móvel formado pelos ônibus do transporte público, pode minimizar os efeitos da falta de conectividade e melhorar o desempenho da rede. Experimentos de simulação comprovam que o conjunto P-DSDV/*backbone* pode aumentar a taxa de entrega e a vazão dos pacotes de dados.

**Palavras-Chave** - VANETs, V2V, protocolos, roteamento, P-DSDV, conectividade, ônibus, *backbone*.

## I. INTRODUÇÃO

As redes veiculares (*Veicular Ad Hoc Networks* (VANETs)) são redes ad hoc móveis em que a comunicação é estabelecida entre veículos [1]. Quando a topologia da rede é totalmente dinâmica, a comunicação é conhecida como V2V (*Vehicle-to-Vehicle*). Entre os principais objetivos das VANETs estão o aumento da segurança em rodovias, disseminação de informações sobre condições de tráfego e entretenimento [2].

Redes V2V são redes móveis auto organizáveis e auto gerenciáveis com controle descentralizado. Elas caracterizam-se por serem construídas em qualquer lugar, pois independem da existência de infraestrutura fixa [3]. Os nós de tais redes se comunicam uns com os outros por meio de sinais de rádio - frequência. Como o alcance dos sinais de rádio é limitado, cada nó só pode se comunicar diretamente com nós que estiverem dentro do raio de alcance de seus sinais.

Para transmitir informações para outros nós que estão além do seu raio de alcance, os nós devem cooperar entre si agindo como roteadores, repassando as informações do nó origem ao nó destino [4]. Para que a informação possa ser transmitida do nó de origem até o destino, a rede deve possuir conectividade, ou seja, os nós da rede devem ser capazes de encontrar outros nós dentro do raio de alcance de seus sinais, de tal forma que a origem e o destino sempre encontrem uma rota para se comunicar.

As VANETs V2V são caracterizadas pela alta mobilidade dos nós (veículos), pela circulação dos nós na rede ser escassa ou desequilibrada e por estarem limitadas pela orientação das autoestradas ou das vias urbanas [1]. Nestas redes, os principais desafios da comunicação estão relacionados à falta

de conectividade entre os veículos e ao baixo desempenho dos protocolos de roteamento.

Atualmente, muitos estudos mostram que a utilização de infraestrutura fixa (normalmente criada por meio de pontos de acesso ou estações base) com protocolos clássicos pode prover conectividade e viabilizar a utilização das VANETs [5]. No entanto, o custo da infraestrutura para construção e manutenção destas redes é muito elevado, o que as torna impraticáveis na maioria das vezes [6]. Além disso, os protocolos clássicos apresentam dificuldades para lidar com a falta de conectividade.

Os protocolos de roteamento clássicos para redes V2V normalmente são classificados em dois grupos: proativos e reativos. Os protocolos proativos mantêm informações sobre a topologia da rede continuamente atualizadas em suas tabelas de roteamento, independente do uso das rotas armazenadas [7]. Os protocolos reativos não mantêm informações de roteamento atualizadas, eles descobrem rotas apenas quando um nó de origem precisa transmitir pacotes de dados para um nó de destino [8]. O procedimento de descoberta de rotas pode resultar na formação de uma ou mais rotas entre um nó de origem e um nó de destino. Os protocolos que descobrem apenas uma rota, como o *Ad-hoc On-demand Distance Vector* (AODV) (proativo) [8] e o *Destination-Sequenced Distance Vector Routing Protocol* (DSDV) (reativo) [7], são classificados como protocolos de rota única. Já os protocolos que descobrem mais de uma rota, como o *Ad hoc On-demand Multipath Distance Vector Routing* (AOMDV) (proativo) [9], são classificados como protocolos de múltiplas rotas.

O alvo deste trabalho consiste em manter as VANETs conectadas sem a utilização de infraestrutura fixa, aumentando o desempenho da rede com custo reduzido. Para isso, será utilizado um protocolo de roteamento clássico melhorado e um *backbone* ad hoc móvel (BMVA).

Conforme apresentado em [10] e [11], o BMVA é uma rede de transporte de dados ad hoc móvel, formada pelos ônibus da rede pública de transporte coletivo urbano, cuja função é prover conectividade e favorecer a troca de mensagens entre os veículos em uma determinada região. Uma rede de transporte coletivo urbano é um conjunto interligado de rotas ou vias em que circulam ônibus que transportam passageiros. Nestas redes, podem existir diversos tipos de ônibus e vias, sendo que o BMVA foi criando considerando os ônibus expressos que circulam em vias exclusivas. Tais vias possuem duplo sentido, permitem ultrapassagem e geralmente ligam os principais bairros ao centro da cidade [13]. A rede de transporte de dados é formada pelos ônibus que estão em frequente movimento por toda extensão das vias expressas, sendo desta forma

independente de infraestrutura fixa. Esta rede além de permitir a troca de informações entre os próprios ônibus, busca a troca de informações entre veículos separados por até dezenas de quilômetros. A Figura 1 ilustra a topologia da rede.

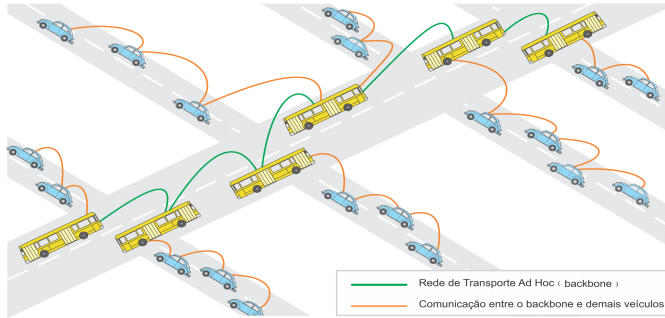


Figura 1: Topologia da rede de transporte de dados [10].

Para que a rede de transporte de dados possa ser utilizada para conectar veículos distantes, os ônibus que a compõem devem permanecer conectados durante o maior tempo, ou seja, devem possuir um elevado grau de conectividade. O trabalho realizado em [10] mostrou, por meio de estudos experimentais com dados reais, que o grau de conectividade no BMVA pode ser superior a 99%. O grau de conectividade é definido como o percentual de tempo em que a distância inter-veicular assume valor menor ou igual ao raio de transmissão do sistema sem fio.

O BMVA possui a capacidade de prover infraestrutura e aumentar a conectividade da rede. Porém, ele pode ser melhor explorado pelos protocolos de roteamento clássicos, os quais devem reconhecê-lo e utilizá-lo com a maior frequência possível. Desta maneira, este trabalho propõe a construção de um novo protocolo de roteamento, chamado de *Priority Destination-Sequenced Distance Vector Routing Protocol* (P-DSDV), o qual tem a capacidade de atuar em conjunto com o BMVA, minimizando os efeitos da falta de conectividade e melhorando o desempenho da rede. O P-DSDV é uma versão melhorada do protocolo DSDV [7].

O P-DSDV possui a capacidade de construir rotas realizando uma decisão custo e benefício entre diferentes métricas, como por exemplo, o número de saltos para o destino e o número de ônibus pertencentes à rota. Neste protocolo, as mensagens trafegam por rotas que possuem um equilíbrio entre estas duas métricas, apresentando desta forma um melhor desempenho. Além disso, este novo protocolo contribui significativamente para a integração de tecnologia entre protocolos de roteamento e o BMVA, tendo em vista que ele é reativo (outros protocolos testados com o BMVA são proativos [11], [12]).

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção II exibe o protocolo proposto; a Seção III mostra a avaliação do protocolo proposto utilizando um simulador de rede; e por fim a Seção IV apresenta a conclusão.

## II. PROTOCOLO PROPOSTO

O P-DSDV é uma modificação do protocolo DSDV. Ele foi desenvolvido para atuar em conjunto com o BMVA no momento em que os nós estão descobrindo as rotas, possuindo

assim a capacidade de construí-las realizando uma decisão custo e benefício entre as métricas número de saltos para o destino e número de ônibus expressos pertencentes a rota. Neste protocolo, as mensagens trafegam por rotas que possuem um equilíbrio entre estas duas métricas, apresentando desta forma um melhor desempenho (maior conectividade e maior confiabilidade). A modificação foi realizada principalmente no processo de manutenção/atualização das rotas do DSDV.

O DSDV é um protocolo tipo *Distance-Vector* [7], ao qual são acrescentados números de sequência. No DSDV, os nós da rede mantêm uma tabela de rotas com todos os destinos disponíveis, o número de saltos para alcançar o destino e o número de sequência associado. O número de sequência é usado para distinguir rotas velhas de novas, evitando assim a formação de laços (*loops*). A manutenção das tabelas de rotas é feita por meio do envio periódico de mensagens de atualização, informando se ocorreram alterações nas tabelas de roteamento. Quando os nós recebem as mensagens de seus vizinhos, eles comparam o número de sequência recebido com o número de sequência das suas próprias tabelas. Se este número for maior (mais recente), a atualização é feita independente de outros parâmetros. Se os números forem iguais, é utilizada a rota com a menor métrica (menor número de saltos para o destino) [7].

O recebimento de mensagens com o mesmo número de sequência é comum, uma vez que todos os nós fazem a difusão das mensagens de atualização por *broadcast*.

### A. Processo de manutenção/atualização das rotas do P-DSDV

O processo de manutenção de rotas do P-DSDV é semelhante ao do DSDV, os nós enviam periodicamente a seus vizinhos mensagens de atualização contendo informações sobre suas tabelas de rotas (variáveis com o endereço do nó destino, número de saltos, número de sequência, etc). A tabela de rotas do P-DSDV possui uma nova variável, chamada *cont\_bus*, cuja função é armazenar a quantidade de ônibus pertencentes ao BMVA que cada uma das rotas possui. A estrutura das tabelas de roteamento do DSDV e do P-DSDV é ilustrada na Tabela I.

Tabela I: Estrutura das tabelas de roteamento do DSDV e do P-DSDV.

DSDV	P-DSDV
Destino	Destino
Próximo	Próximo
Métrica (Número de saltos)	Métrica (Número de saltos)
Número de sequência	Número de sequência
	<b>cont_bus</b>

Deste modo, quando as mensagens de atualização estiverem sendo enviadas pela rede, elas também irão conter a variável *cont\_bus*, a qual será incrementada em uma unidade toda vez que o nó receptor verificar que a mesma está vindo de um ônibus pertencente ao BMVA. O método de incremento da variável *cont\_bus* ocorre da seguinte maneira: o nó recebe a tabela de seu vizinho, verifica se o vizinho é um ônibus do BMVA, atualiza a variável *cont\_bus* (incrementa em uma

unidade se necessário), grava as informações na sua tabela de roteamento e reenvia a tabela com as informações atualizadas para seus vizinhos. Assume-se que todos os nós da rede sabem identificar, por meio de um identificador único (ID), quem são os ônibus pertencentes ao BMVA.

Convencionalmente, no momento em que os nós recebem as mensagens de atualização de rotas, comparam os números de sequência (aqueles que possuem em suas tabelas com os que estão vindo nas mensagens de atualização), e se estes números forem iguais, a rota com a menor métrica (menor número de saltos para o destino) é utilizada. Porém, com a nova tabela de roteamento, quando os números de sequência forem iguais, o protocolo P-DSDV irá tomar uma decisão baseado em uma nova métrica ( $m_r(z)$ ) que leva em consideração o número de saltos e o número de ônibus do BMVA. O objetivo da nova métrica é encontrar rotas com bom desempenho, dado que o BMVA é um backbone confiável e o número de saltos é importante para o desempenho de protocolos de roteamento. Assim, será selecionada a rota que apresentar o menor valor para Equação 1

$$m_r(z) = n_{hops} + z.(n_{hops} - n_b), \quad (1)$$

onde  $n_{hops}$  é o número de saltos para uma rota qualquer,  $n_b$  é o número de nós pertencentes ao BMVA e  $z$  é uma variável de controle não negativa. Observa-se que  $(n_{hops} - n_b)$  é o número de nós comuns (veículos que não pertencem ao BMVA). A variável  $z$  está associada a uma punição aplicada às rotas que tiverem um número maior de nós comuns. Assim, em função do valor de  $z$ , o protocolo poderá utilizar rotas mais curtas e menos confiáveis (com um número menor de nós pertencentes ao BMVA) ou rotas mais longas e mais confiáveis (com um número maior de nós pertencentes ao BMVA).

### B. Análise da métrica $m_r(z)$

A métrica  $m_r(z)$  visa atender todos os cenários topológicos possíveis, a saber: existir somente nós comuns nas rotas; existir somente nós do BMVA nas rotas; existir nós comuns e nós do BMVA em todas as rotas (rotas mistas); existir rotas somente com nós do BMVA e rotas mistas; existir rotas somente com nós do BMVA e rotas somente com nós comuns.

A Figura 2 ilustra um exemplo do processo de atualização de rotas executado pelo protocolo P-DSDV. Neste exemplo, o nó  $E$ , após receber várias cópias de uma mensagem de atualização com o mesmo número de sequência, deve ser capaz de selecionar a rota mais apropriada. Considerou-se  $z = 1.5$ .

A Tabela II mostra os valores da Equação 1 para as três rotas descritas na Figura 2 (via nó  $D$ ,  $G$  e  $J$ ). Como pode ser notado, a rota em que  $m_r(z)$  assume o menor valor é a rota via nó  $G$ .

Como pode ser observado na Figura 2, inicialmente o nó  $A$  envia uma mensagem de atualização, a qual chega ao nó  $E$  via nó  $D$  (Fig. 2(A)). Na sequência, o nó  $E$  recebe uma nova mensagem, porém via nó  $G$  (Fig. 2(B)). Ao receber esta nova mensagem, o nó  $E$  aplica a Equação 1 para ambas as rotas

Tabela II: Exemplo da aplicação da métrica  $m_r(z)$ .

Rota	$n_{hops}$	$n_b$	$z$	$m_r(z)$
Via nó $D$	4	1	1.5	8.5
Via nó $G$	3	0	1.5	7.5
Via nó $J$	4	2	1.5	7

e compara os resultados. Como a rota via nó  $G$  apresenta o resultado com menor valor, ela é selecionada (a rota antiga é excluída da tabela, a rota nova é adicionada e uma mensagem de atualização de rotas é enviada imediatamente para os nós vizinhos). Por fim, o nó  $E$  recebe a mensagem de atualização via nó  $J$  (Fig. 2(C)), e novamente aplica a Equação 1 para a rota existente na tabela e a rota nova. Neste caso, a nova rota é a que apresenta a melhor métrica (menor valor para Equação 1). Desta forma, a rota utilizada para que o nó  $E$  encontre o nó  $A$  é via nó  $J$  ( $E \rightarrow J \rightarrow I \rightarrow H \rightarrow A$ ).

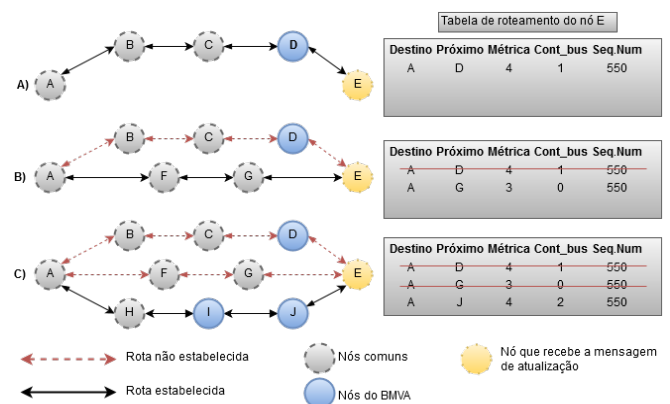


Figura 2: Exemplo da aplicação do processo de atualização de rotas executado pelo protocolo P-DSDV.

## III. AVALIAÇÃO DO P-DSDV

A avaliação do P-DSDV utilizando um simulador de rede consiste em verificar o quanto o conjunto P-DSDV/BMVA pode melhorar métricas de desempenho como a taxa de entrega e vazão. Para isso, o conjunto foi avaliado por meio de simulações usando o Network Simulator (NS) versão 2.35 [15] e o gerador de mobilidade veicular VanetMobiSim [14]. As avaliações de desempenho foram feitas por meio de comparações entre as seguintes situações: sem o BMVA e DSDV original (sem BMVA); com o BMVA e DSDV original (com BMVA); com o BMVA e P-DSDV (P-DSDV/BMVA).

### A. Ambiente de simulação

As simulações de rede buscam examinar a proposta em dois cenários. Conforme ilustrado na Figura 3, em todos os cenários a rede criada para as simulações é uma área retangular de 2000m x 500m dividida em quatro regiões: 1, 2, 3 e 4, com cinco veículos comuns distribuídos na região 1 e cinco veículos na região 3. Os veículos da região 1 se comunicam aleatoriamente com os veículos da região 3, fazendo com que

as mensagens passem necessariamente pelas regiões 2 e 4. As regiões 1, 2 e 3 são áreas comuns de uma cidade, e a região 4 representa as vias expressas do BMVA.

No Cenário 1, o alvo é investigar o comportamento da rede com a variação no número de veículos comuns. Assim, a rede possui 15, 25, 35, 45 ou 55 veículos distribuídos pelas regiões 1, 2, e 3 (veículos adicionais aos cinco já existentes nas regiões 1 e 3). Neste cenário, os veículos comuns transmitem seus sinais de radiofrequência em um raio de 300m [16] e os ônibus do BMVA em um raio de 500m (considerou-se um alcance maior, pois não há obstáculos entre os ônibus). No Cenário 2, o escopo é investigar o comportamento da rede com a variação do raio de alcance dos ônibus do BMVA, portanto os veículos comuns transmitem os sinais de radiofrequência em um raio de 300m e os ônibus do BMVA em um raio de 100m, 300m e 500m. Para o Cenário 2 existe um número fixo de 35 veículos distribuídos pelas regiões 1, 2, 3.

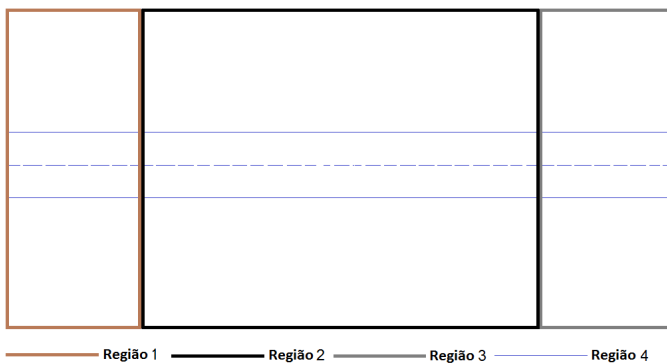


Figura 3: Topologia do cenário de simulação.

As simulações são realizadas por 600 segundos e todos os resultados apresentados são médias de 35 simulações com o mesmo modelo de tráfego, mas com diferentes cenários de mobilidade. Para estas simulações o intervalo de confiança considerado é de 95%. Os parâmetros configurados nas simulações estão resumidos na Tabela III.

Tabela III: Parâmetros para simulação.

Parâmetros	Valores(s)
Simulador	NS-2 (2.35)
Protocolo de roteamento	DSDV, P-DSDV
Área de simulação	2000m X 500m
Número de veículos	15,25,35,45,55
Densidade no BMVA	7 Ônibus/km
Modelo de mobilidade	VanetMobiSim
Raio de alcance dos veículos comuns	300m
Raio de alcance dos ônibus do BMVA	500m
Velocidade máxima dos veículos comuns	40km/h
Velocidade máxima do BMVA	54km/h
Padrão de tráfego	UDP/CBR com 4 mensagens/s
Conexões simultâneas	5
Tempo de simulação	600s
Modelo de propagação de rádio	twoRay ground
Especificações da camada MAC/PHY	IEEE 802.11p [17]

O conjunto BMVA/P-DSDV foi avaliado com base nas

seguintes métricas: Taxa de entrega de pacotes (TEP): é a razão entre os pacotes de dados entregues ao destino pela quantidade de pacotes de dados enviados pela origem, para cada origem e destino; Vazão dos dados (VDD): é a razão entre quantidade de dados transferidos entre dois nós pelo intervalo de tempo em que permanecem conectados, para cada origem e destino.

### B. Resultados de simulação

As Figuras 4 e 5 apresentam os resultados obtidos para a taxa de entrega e a vazão versus o número de veículos na rede (Cenário 1). É possível notar que a taxa de entrega e a vazão apresentam resultados superiores na maioria das vezes em que o BMVA é utilizado (com 15, 25, 35 e 45 veículos), sendo que a maior diferença é para 15 veículos, fato que demonstra a importância do BMVA em redes com pouca conectividade.

Os resultados são significativamente melhores onde o conjunto P-DSDV/BMVA é utilizado, com destaque para o aumento da taxa de entrega e da vazão independentemente do número de veículos comuns. Este fato decorre da confiabilidade do BMVA, independentemente do número de veículos, o que proporciona condições para que o P-DSDV possa priorizar rotas com melhor desempenho. Além disso, em alguns casos, o P-DSDV/BMVA com  $z = 0.5$  apresenta melhores resultados em relação a  $z = 1.5$ , o que significa que as rotas curtas com a presença de ônibus do BMVA tendem a ser melhores (valores maiores para  $z$  foram testados sem apresentar melhorias adicionais de desempenho). Além disso, nota-se que a redução do desempenho global (a partir de 25 veículos) é um comportamento padrão do protocolo DSDV.

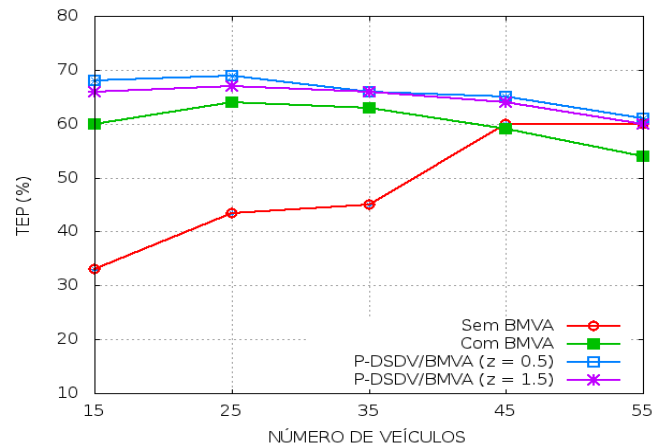


Figura 4: Cenário 1 - Taxa de entrega dos pacotes.

As Figuras 6 e 7 apresentam os resultados obtidos para a taxa de entrega e a vazão versus o raio de alcance dos ônibus do BMVA (Cenário 2). Como o objetivo é verificar o comportamento da rede com a variação do raio de alcance dos ônibus do BMVA, não foram realizadas simulações sem o BMVA. É possível notar que a taxa de entrega e a vazão aumentam com o acréscimo do raio dos ônibus do BMVA. Este fato pode ser observado pois quanto maior o raio de alcance, maior é a conectividade no BMVA e, conseqüentemente, maior o aproveitamento do P-DSDV na seleção das rotas. Entretanto, onde o conjunto P-DSDV/BMVA foi utilizado, os resultados



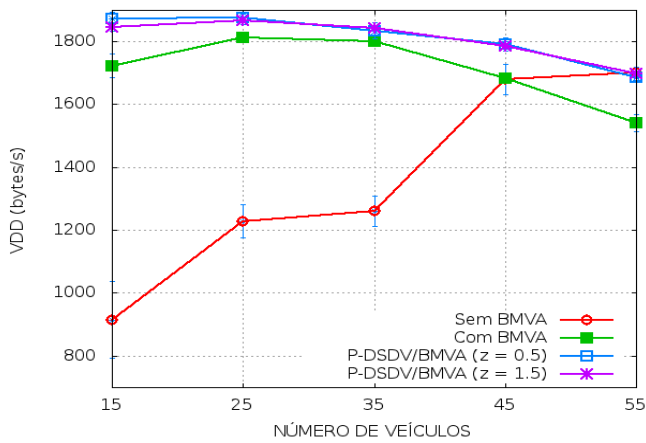


Figura 5: Cenário 1 - Vazão dos dados.

foram ainda melhores (a taxa de entrega e a vazão aumentam quando comparadas aos demais casos).

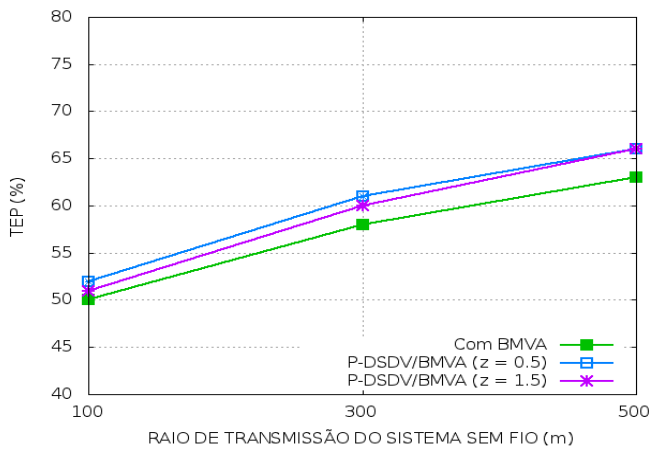


Figura 6: Cenário 2 - Taxa de entrega dos pacotes.

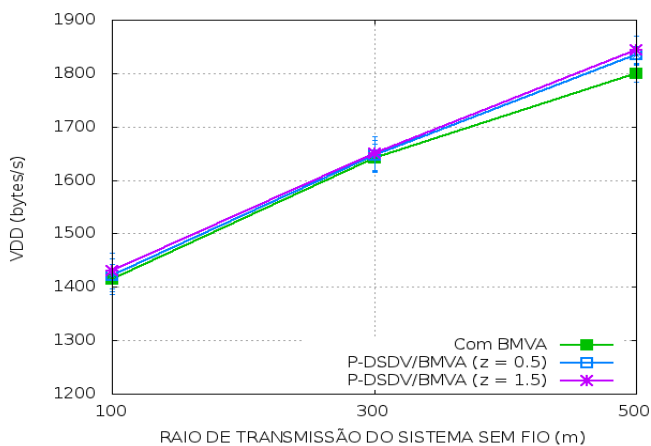


Figura 7: Cenário 2 - Vazão dos dados.

#### IV. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o P-DSDV, um novo protocolo de roteamento que, em conjunto com o BMVA, pode minimizar

os efeitos da falta de conectividade e melhorar o desempenho da rede. O BMVA é uma rede de transporte de dados móvel, formada pelos ônibus expressos da rede de transporte coletivo urbano, cuja função é prover conectividade e favorecer a troca de mensagens entre os veículos em uma determinada região.

O P-DSDV é um protocolo de roteamento capaz de explorar a conectividade fornecida pelo BMVA, de modo a aumentar o desempenho da rede. Ele foi desenvolvido para atuar em conjunto com o BMVA no momento em que os nós estão descobrindo as rotas, possuindo assim a capacidade de construí-las levando em consideração a quantidade de ônibus expressos e o número de saltos para o destino que cada rota possui. Com o P-DSDV, os pacotes trafegam principalmente por rotas conectadas e confiáveis. Um conjunto de simulações envolvendo a modificação de parâmetros como o número de veículos comuns e o raio de transmissão do sistema sem fio mostrou o desempenho superior da proposta P-DSDV/BMVA.

Trabalhos futuros incluem o desenvolvimento e análise de um conjunto mais extenso de simulações com o objetivo de verificar mais profundamente o efeito do parâmetro  $z$  no desempenho do protocolo proposto.

#### REFERÊNCIAS

- [1] F. Li, Y. Wang. *Routing in vehicular ad hoc networks: A survey*. IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 2, no. 2, pp. 12-22, 2007.
- [2] S. Buchegger, T. Alpcan. *Security games for vehicular networks*. Communication, Control, and Computing, 46th Annual Allerton Conference on, pp. 244-251, 2008.
- [3] F. Santis, D. Malandrino. *QoS-Based Web Service Discovery in Mobile Ad Hoc Networks Using Swarm Strategies*. Journal of Computer Networks and Communications, article ID 450194, 2014.
- [4] V. N. Talooki, K. Ziarati. *Performance Comparison of Routing Protocols For Mobile Ad Hoc Networks*. Asia Pacific Conference. 2006.
- [5] S. Yousefi, E. Altmaiv, R. El-Azouzi, M. Fathy. *Connectivity in vehicular ad hoc networks in presence wireless mobile base-stations*. Telecommunications. ITST' 07. 7th International Conference on ITS, pp. 1-6, 2007.
- [6] N. Liu, M. Liu, W. Lou, G. Chen, J. Cao. *PVA in VANETs: Stopped Cars Are Not Silent*. IEEE INFOCOM, pp. 431-435, 2011.
- [7] A. E. Perkins, P. Bhagwat. *Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers*. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 24, no. 4, pp. 234-244, 1994.
- [8] C. Perkins, E. M. Royer. *Ad-hoc on-demand distance vector (AODV) routing*. IEEE WMCSA 99 pp. 90-100, 1999.
- [9] M. K. Marina, S. R. Das. *On-demand Multipath Distance Vector Routing in Ad Hoc Networks*. In Proceedings of IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP) pp. 14-23, 2001.
- [10] J. Alves Junior, E. C. G. Wille. *Improving VANETs Connectivity with a Totally Ad Hoc Living Mobile Backbone*. Journal of Computer Networks and Communications, vol. 2015, article ID 273031, 2015.
- [11] J. Alves Junior, E. C. G. Wille. *Increasing Connectivity in VANETs using Public Transport Backbones*. Latin America Transactions, IEEE, vol. 50, no. 10 pp. 3421-3431, 2015.
- [12] J. Alves Junior, E. C. G. Wille. *P-AOMDV: Um protocolo de roteamento para comunicação V2V baseado na infraestrutura de transporte público*. XXXIV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBRT 2016), 2016.
- [13] URBS Curitiba. [www.urbs.curitiba.pr.gov.br](http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br).
- [14] VanetMobiSim. <http://vanet.eurecom.fr>.
- [15] The network simulator. <http://www.isi.edu/nsnam>.
- [16] T. Jochle, B. Wiedersheim, F. Schaub, M. Weber. *Efficiency analysis of geocast target region specifications for VANET applications*. Vehicular Networking Conference (VNC), IEEE, pp. 250-257, 2012.
- [17] IEEE. *Draft Amendment for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)*, IEEE Std. P802.11p/D3.0, Julho, 2007.