

# Emprego de redes tolerantes a atrasos e desconexões em cenários de emergência

*Gil Ristow Branco\**

*Marcus Vinicius Batella Medeiros\*\**

*e Ronaldo M. Salles\*\*\**

## **RESUMO**

*Em situações de desastre, as redes convencionais estão sujeitas a instabilidades, mudanças de topologia e interferências ou podem ser inexistentes. Surgem então as redes tolerantes a atrasos e desconexões (Delay and disruption Tolerant Networks – DTN) como uma solução para transmissão de mensagens em sistemas com grandes atrasos e frequentes desconexões. Quando implementadas na forma de redes Ad Hoc móveis (Mobile Ad Hoc Network – MANET), tornam-se uma solução autossustentável de comunicações. O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho dos protocolos básicos de roteamento de uma MANET-DTN em um cenário de atendimentos de emergência em três bairros da cidade do Rio de Janeiro. Aplicações dessa tecnologia em outros cenários similares, por exemplo em operações militares, também são vislumbradas.*

## **PALAVRAS-CHAVE**

*Redes tolerantes a atrasos e desconexões; Protocolos de roteamento; Cenários de emergência.*

## **INTRODUÇÃO**

Uma rede *ad hoc* móvel (*mobile ad hoc network* – MANET) é um sistema autônomo de nós móveis conectados por ligações sem fio. Não há infraestrutura estática de comunicações como nos roteadores das redes sem fio estruturadas ou na estação rádio base (ERB) da telefonia móvel celular. Nas MANET, todos os nós são livres para se des-

locarem aleatoriamente, mudando assim a topologia da rede de forma dinâmica.

As redes tolerantes a atrasos e desconexões (*Delay and disruption Tolerant Networks* – DTN) são redes criadas para trabalhar em cenários em que as desconexões são tão frequentes que, na maior parte do tempo, não existe um caminho completo entre uma origem e um destino [1]. A união dessas duas tecnologias em uma MANET-DTN

\* Aluno do Curso de Mestrado em Sistemas e Computação do IME. Email: gbranco@gmail.com

\*\* Maj COM do Exército Brasileiro, mestre em Engenharia de Defesa pelo IME. Email: marcus.medeiros@ime.eb.br

\*\*\* Maj QEM do Exército Brasileiro, Ph.D., professor e coordenador da Pós-graduação em Sistemas e Computação do IME. E-mail: salles@ime.eb.br.

cria um sistema de comunicações autossustentável, versátil e passível de transmitir mensagens sem a necessidade de um caminho fim a fim estabelecido.

Este artigo apresenta um estudo em que se busca avaliar o desempenho de uma rede MANET-DTN implementada para operar em um cenário típico de desastre ou emergência.

O cenário simulado é composto por um centro de comando e controle, que concentra todas as informações e decisões; hospitais, que fazem o papel de pontos de atendimento; e ambulâncias, que desempenham o papel de nós móveis e realizam as operações de socorro, resgate e transporte. O sistema de comunicações MANET-DTN fica completamente embarcado nessa infraestrutura.

Por meio de simulações do sistema para três diferentes bairros da cidade do Rio de Janeiro, são avaliados os seguintes parâmetros de desempenho: percentual de mensagens entregues pela rede e o retardo médio de entrega do sistema.

O restante do trabalho está organizado da forma descrita adiante. A Seção II aborda os trabalhos relacionados com o tema em questão. A seção III mostra as tecnologias, protocolos e padrões de movimento típicos de redes MANET-DTN. A seção IV faz breve resumo sobre o simulador utilizado no trabalho (*opportunistic network environment simulator*), os parâmetros de simulação e as características dos cenários adotados. Os resultados obtidos nas simulações são apresentados na Seção V, e o trabalho, concluído na Seção VI.

## TRABALHOS RELACIONADOS

Apesar do desenvolvimento de sistemas de comunicações cada vez mais eficientes, que propiciam maior largura de banda e menor taxa de erros, existem cenários nos quais tais sistemas não podem ser empregados. Isso ocorre em regiões como a

Amazônia, em virtude de suas características geográficas [2], em sistemas de comunicações militares [5] ou em situações de desastre ou calamidade, quando a infraestrutura de telecomunicações pode ter sido parcialmente ou totalmente destruída [3] [4].

Para esses cenários, quando as opções de meios de comunicação são restritas, uma solução de sistema autossuficiente é a utilização de redes *ad hoc* com características de tolerância a atrasos e conexões.

Diversos protocolos têm sido propostos para aplicação nas MANET-DTN, sempre na tentativa de se conseguir o melhor desempenho com a menor alocação de recursos possível [6]. O estudo dos protocolos Primeiro Contato [5], Entrega Direta [5], Epidêmico [7] e PRoPHET [8] se faz necessário não apenas para a compreensão do funcionamento dos protocolos específicos de roteamento, mas também para a obtenção de referenciais de desempenho para novos modelos de protocolos.

O simulador ONE (*Opportunistic Network Environment Simulator*) [9], desenvolvido pela *Helsinki University of Technology*, tem sido uma referência nos trabalhos sobre MANET-DTN, sendo amplamente utilizado pela comunidade acadêmica para análise de desempenho de protocolos de roteamento, como por exemplo, em [4], [10] e [11].

Esse simulador foi escolhido por ter seu código aberto (*open-source*) e porque foi desenvolvido com o propósito de melhor avaliar cenários DTN. Seus desenvolvedores incluíram, na distribuição original, os quatro protocolos testados.

## TECNOLOGIAS, PROTOCOLOS E PADRÕES DE MOVIMENTO EM MANET - DTN

### Delay and disruption tolerant networks

Nas MANET tradicionais, os protocolos de roteamento visam estabelecer caminhos fim a fim

para comunicação, pelos contatos oportunistas. Estes ocorrem diante de encontros não programados entre os nós. Quando adicionamos às MANET as características das redes tolerantes a atrasos e desconexões, a camada de agregação (*bundle layer*) e a propriedade de receber-armazenar-encaminhar mensagens (*store-carry-forward*) [5], fazemos com que o sistema se torne assíncrono e, conseqüentemente, com uma melhor acessibilidade, em particular para ambientes com poucos nós [11].

Na propriedade receber-armazenar-encaminhar, um nó pode armazenar uma mensagem até encontrar outro nó propício para o encaminhamento em direção ao destinatário. A decisão de para qual nó repassar uma mensagem é a principal característica de um protocolo de roteamento para DTN [11].

Quando a tecnologia DTN é utilizada em redes onde há movimentação dos nós, como nas MANET, a comunicação entre um par de nós em um determinado instante somente é possível quando a distância entre eles é menor do que o alcance da transmissão. O tempo de duração da transmissão é determinado pelo período em que a mobilidade permite que os nós permaneçam ao alcance recíproco de transmissão.

### Protocolos de Roteamento

O roteamento de uma MANET é realizado pela própria mobilidade dos nós na rede, mediante contatos oportunistas [11].

Os protocolos de roteamento de uma MANET-DTN podem utilizar dois princípios básicos de funcionamento: o repasse e a cópia de mensagens (replicação).

O repasse é a transmissão da mensagem recebida para um único nó. Essa abordagem tenta reduzir o uso de *buffer* e o número de mensa-

gens transferidas, mas sofre de grandes atrasos e baixa taxa de entrega.

Quando o nó faz múltiplas cópias das mensagens recebidas e, conseqüentemente, múltiplos repasses, o sistema alcança atrasos mais baixos e maior taxa de entrega [11]. Nesse sistema, a utilização do *buffer* é intensa e, normalmente, várias mensagens são descartadas pelos diversos nós por falta de espaço de armazenamento.

O mais simples dos algoritmos de roteamento, para o qual quase nenhuma informação sobre a topologia da rede é necessária, é o algoritmo de Primeiro Contato (*First Contact* – FC). Nele, o nó simplesmente encaminha a mensagem a um de seus vizinhos, aleatoriamente. Se o nó não possui contato com algum vizinho, ele armazena a mensagem e a envia ao primeiro nó com o qual vier a estabelecer contato. Dessa forma, a única informação da rede que o algoritmo FC utiliza é a conectividade local [5].

No protocolo de Entrega Direta (*Direct Delivery* – DD), a fonte mantém os dados até ao momento em que entrar em contato com o destino. O DD utiliza recursos mínimos, dado que cada mensagem é transmitida no máximo uma vez. No entanto, pode incorrer em atrasos longos [5] e frequentemente mostra baixo desempenho.

No protocolo Epidêmico, quando um nó entra no alcance de transmissão de outro nó, uma conexão é estabelecida. Em seguida, os nós trocam suas listas de mensagens armazenadas. Desse modo, as mensagens da lista recebida são comparadas com as mensagens presentes no nó, para determinar quais mensagens o nó não possui. Feito isso, o nó solicita o envio de cópias dessas mensagens. O processo de troca de mensagens se repete toda vez que um nó estabelece contato com um novo nó, o que permite que as mensagens sejam rapidamente distribuídas pela rede. As-

sim, quanto mais cópias de uma mesma mensagem forem encaminhadas na rede, maior será a probabilidade de essa mensagem ser entregue ao destinatário, e menor será o atraso. Esse foi o primeiro protocolo de roteamento proposto para as redes DTN [7], e tem como característica o intenso uso dos *buffers*, além da demanda elevada de tempo de transmissão.

O protocolo de roteamento probabilístico (*Probabilistic Routing Protocol using History of Encounters and Transitivity* - PROPHET) [8] usa uma métrica que indica a probabilidade de um nó entregar uma mensagem a um destinatário, denominada previsibilidade de entrega. De acordo com [8], quando dois nós se encontram, uma mensagem é enviada para o outro nó se a previsibilidade de entrega ao destino for mais alta no outro nó. Contudo, como o nó que repassou a mensagem pode encontrar um nó melhor ou o próprio destino final no futuro, a mensagem repassada não é removida do nó, mas fica armazenada em *buffer*, desde que haja espaço disponível. Além disso, uma função de transitividade também é usada [11].

### **Padrão de movimento**

O modelo Movimento de Caminho Mais Curto Baseado em Mapa (*Shortest Path Map Based Movement* – SPMBM) faz uso de dados cartográficos como base. Os nós escolhem um destino no mapa, selecionando aleatoriamente um ponto dentre aqueles previamente designados. O nó calcula o caminho mais curto para o destino utilizando o algoritmo de *Dijkstra*. O número de pontos do mapa depende da construção do mapa e da seleção prévia de pontos de interesse ou relevância para o cenário. Uma área onde as estradas foram construídas com muitos pontos no mapa será mais fácil de atrair os nós. Portanto, é possível que dois mapas idênticos, mas com pontos

distribuídos de diferentes formas, produzam diferentes movimentos [12].

O padrão de movimento SPMBM foi selecionado por ser o que mais se aproxima do utilizado pelas viaturas dos órgãos de apoio à defesa civil em deslocamentos entre dois pontos de interesse. As semelhanças são devidas às necessidades de objetividade na utilização da malha viária, com a escolha da rota viável mais curta entre dois pontos.

### **Simulações**

Como estudo de caso de utilização de uma MANET-DTN como sistema de comunicações para cenários de emergência, utilizamos três bairros do Rio de Janeiro em cartas topográficas, retiradas do site da prefeitura da cidade. A edição da carta e a transformação das coordenadas geográficas em parâmetros aceitos pelo simulador foram feitas no *software* OpenJump, em sua versão 1.3.

As áreas utilizadas em cada simulação foram de 3.391x5.348 metros (18,1km<sup>2</sup>) para o bairro de Botafogo (Figura 1), 7.535x4.586 metros (34,6km<sup>2</sup>) para o bairro do Méier (Figura 2) e 9.304x11.198 metros (104,2km<sup>2</sup>) para o bairro da Ilha do Governador (Figura 3).

Os cenários de simulação foram inicialmente montados com o centro de comando e controle situado próximo do centro geométrico dos mapas enquanto os hospitais foram posicionados nos extremos, buscando criar um cenário desfavorável, no que se refere à distância entre os hospitais e o centro de controle, como pode ser observado nas Figuras 1, 2 e 3. Os nós móveis representam as mulas de dados, que serão montadas nas viaturas (ambulâncias) utilizadas nas operações de socorro, resgate e transporte.

Para avaliação dos protocolos de roteamento, foi utilizado o simulador ONE (*Opportunistic Network*

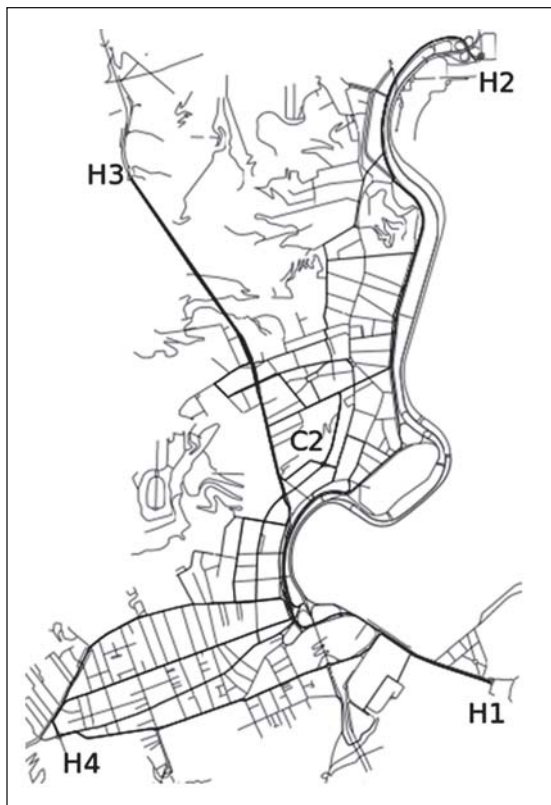


Figura 1 – Cenário do bairro Botafogo

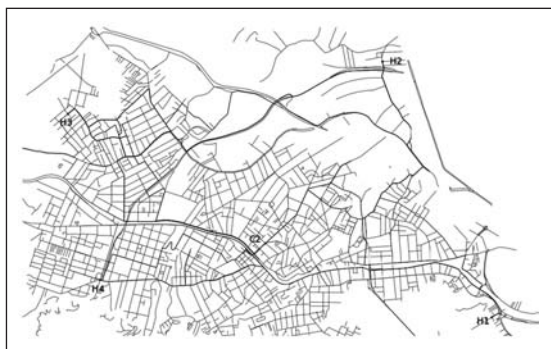


Figura 2 – Cenário do bairro Méier

*Environment Simulator*) [9]. O ONE é um simulador fundamentado em eventos discretos, específico para MANET-DTN. Ele combina modelagem de mobilidade, roteamento DTN, visualização da simulação e um conjunto de relatórios em um programa escrito em Java. Todos os nós móveis utilizam o pa-

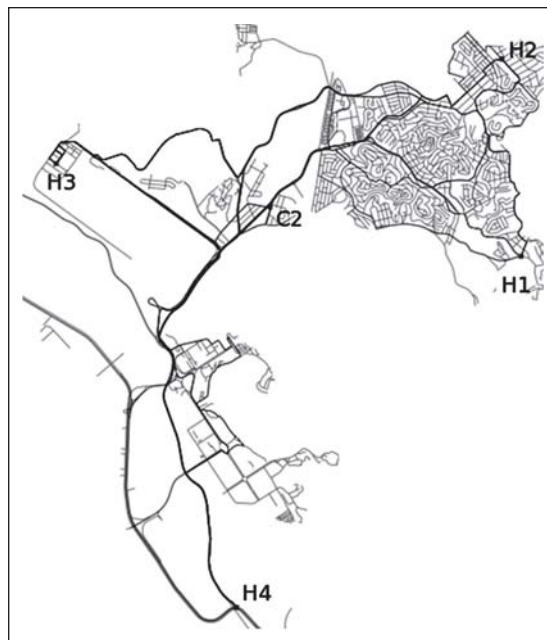


Figura 3 – Cenário do bairro Ilha do Governador

**Tabela 1 – Parâmetros das simulações**

Padrão de transmissão:	IEEE 802.11g
Velocidade de transmissão	54Mbps
Tamanho da mensagem	1 a 2MB
Número de nós fixos	5
Centro de comando e controle (C2)	1
Hospitais	4
Tamanho do <i>buffer</i> dos nós fixos	2.100MB
Alcance de transmissão C2	300m
Alcance de transmissão hospitais	200m
Números de nós móveis	Variado (4 a 35)
Tamanho do <i>buffer</i> do nó móvel	999MB
Velocidade do nó móvel	20 a 60km/h
Alcance de transmissão	100m

drão de mobilidade *Shortest Path Map Based Movement*, e suas velocidades foram ajustadas para tráfego “em situação de desastre”, ou seja, compatível com o tipo de pavimentação irregular passível de ser

encontrada em uma situação de desastre e a malha viária da região.

Foram realizadas simulações, cujos principais parâmetros de configuração de cada sistema podem ser vistos na Tabela 1.

Na simulação, o tamanho das mensagens e do *buffer* dos nós torna possível que todos os nós sejam capazes de suportar cópias de todas as mensagens geradas, impedindo assim o descarte de mensagens. O número de nós móveis variou entre 4, 8, 15, 20, 25 e 35, com a finalidade de se determinarem as alterações de desempenho do sistema com a alteração da quantidade de nós.

Todas as simulações foram realizadas em um período equivalente a 12 horas, com a criação de aproximadamente 480 mensagens (40 mensagens por hora), com origem e destino selecionados aleatoriamente.

Cada simulação foi executada cinco vezes, utilizando sementes de geração de números aleatórios diferentes, de modo que a adição de novas rodadas apenas alteraria a terceira casa decimal da média dos resultados. Os resultados apresentados na seção seguinte são os valores médios das cinco rodadas.

### Análise dos resultados

As médias dos resultados das latências das simulações, por bairro, podem ser vistas nas tabelas 2, 4 e 6. As figuras 4, 6 e 8 mostram os gráficos de comportamento das latências médias.

Nas Tabelas 3, 5 e 7, são apresentados os valores médios das probabilidades de entrega, enquanto as Figuras 5, 7 e 9 mostram graficamente o comportamento desse parâmetro.

### Botafogo e Adjacências

Os valores das Tabelas 2 e 3, juntamente com os gráficos das Figuras 4 e 5, mostram que,

para o cenário Botafogo, que abrange uma área de 18,1km<sup>2</sup>, o comportamento das latências médias dos protocolos *Epidemic* e PRoPHET são muito semelhantes a partir de 8 *hosts* móveis por hospital.

**Tabela 2 – Latências médias em minutos – Botafogo**

Protocolo	Direct Delivery	Epidemic	First Contact	PRoPHET
4 Hosts	NA	73.03	143.37	94.27
8 Hosts	90.93	29.41	81.37	31.01
15 Hosts	42.31	11.34	57.92	12.98
20 Hosts	37.15	7.97	49.15	8.87
25 Hosts	33.01	5.95	48.31	6.78
30 Hosts	28.36	5.60	47.37	6.42
35 Hosts	27.19	4.66	49.91	5.49

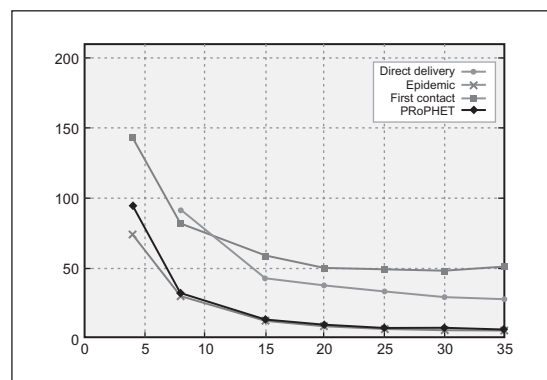


Figura 4 – Latência média – Botafogo

**Tabela 3 – Probabilidades de entrega – Botafogo**

Protocolo	Direct Delivery	Epidemic	First Contact	PRoPHET
4 Hosts	0,00%	78,96%	40,00%	83,19%
8 Hosts	27,92%	96,18%	62,24%	95,35%
15 Hosts	58,67%	98,47%	78,51%	98,30%
20 Hosts	72,23%	98,92%	84,55%	98,79%
25 Hosts	78,01%	99,38%	87,51%	99,25%
30 Hosts	78,26%	99,45%	86,07%	99,28%
35 Hosts	79,50%	99,37%	87,36%	99,29%



A latência, nesses protocolos, reduz à medida que a quantidade de nós aumenta. A latência média dos protocolos *Direct Delivery* e *First Contact* são sensivelmente maiores, e dispares dos anteriores,

como esperado. Contudo pode-se perceber um aumento na latência do protocolo *First Contact*, o que está de acordo com as observações de Medeiros e Salles em [13].

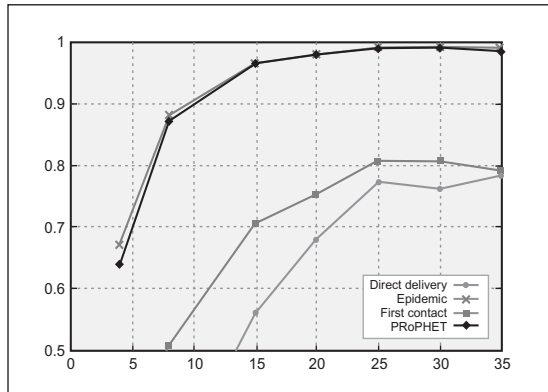


Figura 5 – Probabilidade de entrega – Botafogo

### Méier

Os valores apresentados nas Tabelas 4 e 5, combinados com os gráficos das Figura 6 e 7, revelam o comportamento dos protocolos no ambiente simulado Méier, que abrange uma área de 34,6km<sup>2</sup>. Novamente o protocolo *First Contact* apresenta um aumento da latência para as maiores quantidades de *hosts* móveis. Os protocolos *Epidemic* e *PRoPHET* apresentam um comportamento muito semelhante, com pequena vantagem a favor do *Epidemic*.

Tabela 4 – Latências médias em minutos – Méier

Protocolo	Direct Delivery	Epidemic	First Contact	PRoPHET
4 Hosts	NA	129.31	205.61	140.72
8 Hosts	98.97	70.47	135.69	69.88
15 Hosts	47.39	20.36	86.42	24.31
20 Hosts	41.20	15.97	79.01	18.97
25 Hosts	36.41	11.58	71.24	13.06
30 Hosts	34.60	9.99	71.81	11.52
35 Hosts	35.02	9.35	71.48	10.65

Tabela 5 – Probabilidades de entrega – Méier

Protocolo	Direct Delivery	Epidemic	First Contact	PRoPHET
4 Hosts	0,00%	67,05%	26,06%	63,94%
8 Hosts	27,88%	88,13%	50,83%	87,26%
15 Hosts	56,10%	96,80%	70,62%	96,68%
20 Hosts	67,93%	98,19%	75,28%	98,03%
25 Hosts	77,30%	99,05%	80,75%	98,96%
30 Hosts	76,14%	99,02%	80,76%	98,94%
35 Hosts	78,37%	98,79%	79,16%	98,45%

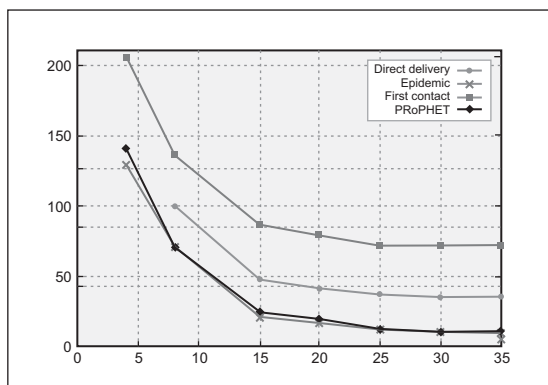


Figura 6 – Latência média – Méier

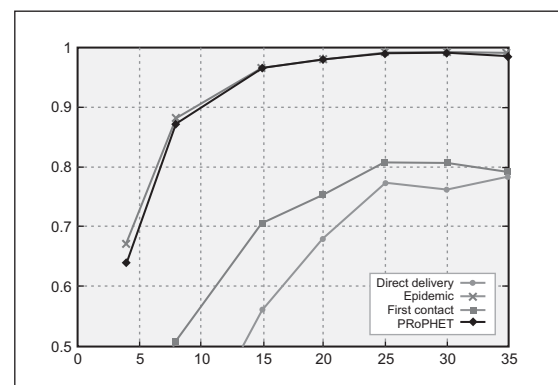


Figura 7 – Probabilidade de entrega – Méier

## Ilha do Governador

Em razão de um comportamento não previsto, detectado nas simulações realizadas no ambiente Ilha do Governador, foram efetuadas simulações extras com 50 e 90 unidades móveis. Os gráficos dessas simulações são apresentados nas Figuras 8 e 9, estando os valores obtidos nas Tabelas 6 e 7.

A relativa baixa *performance* dos protocolos nesse ambiente simulado deve-se ao grande isolamento dos nós. A configuração das rotas não permitiu, em grande parte, que houvesse rotas suficientemente próximas, nos raios de transmissão das unidades móveis. Assim, os protocolos

contaram somente com oportunidades de encontro das unidades móveis que fossem ao longo das rotas, quer nos arredores dos pontos fixos, o centro de comando e controle e os hospitais, quer nos poucos entroncamentos das rotas.

Mesmo assim, o comportamento do protocolo P<sub>Ro</sub>PHET foi muito próximo do *Epidemic*, perseguindo esse último assintoticamente.

Por força das características peculiares da topologia do mapa de rotas, o protocolo DD apresentou um desempenho, no que se refere à probabilidade de entrega, superior ao P<sub>Ro</sub>PHET, aproximando-se do protocolo de referência, *Epidemic*, quando são consideradas 90 unidades móveis.

Tabela 6 – Latências médias em minutos – Ilha do Governador

Protocolo	Direct Delivery	Epidemic	First Contact	P <sub>Ro</sub> PHET
4 Hosts	NA	139.03	198.67	133.44
8 Hosts	87.73	66.37	126.31	68.45
15 Hosts	65.62	34.23	102.42	33.80
20 Hosts	56.36	27.65	93.38	25.71
25 Hosts	53.76	23.34	95.60	22.71
30 Hosts	48.95	20.36	95.10	19.83
35 Hosts	48.83	18.04	97.17	17.70
50 Hosts	44.79	15.21	100.13	14.60
90 Hosts	40.63	12.31	100.84	11.96

Tabela 7 – Probabilidades de entrega – Ilha do Governador

Protocolo	Direct Delivery	Epidemic	First Contact	P <sub>Ro</sub> PHET
4 Hosts	0,00%	56,68%	31,48%	52,97%
8 Hosts	35,96%	82,41%	51,90%	80,86%
15 Hosts	61,73%	86,89%	67,84%	85,57%
20 Hosts	73,32%	89,20%	73,22%	86,81%
25 Hosts	77,34%	88,98%	74,91%	85,52%
30 Hosts	78,87%	89,94%	74,84%	87,03%
35 Hosts	81,03%	89,33%	75,31%	87,01%
50 Hosts	85,90%	90,59%	76,62%	85,86%
90 Hosts	88,34%	89,16%	74,33%	85,21%

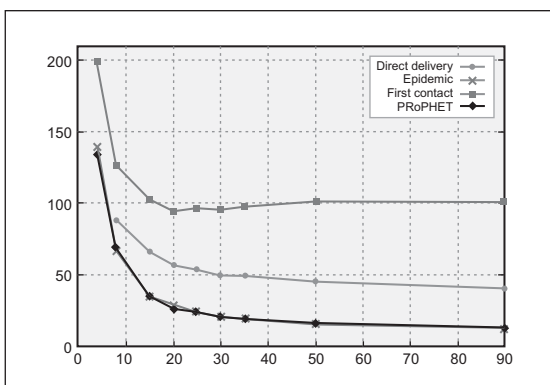


Figura 8 – Latência média – Ilha do Governador

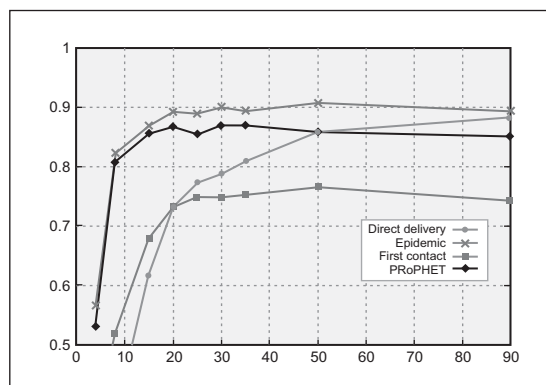


Figura 9 – Probabilidade de entrega – Ilha do Governador



Para 50 unidades móveis, pode-se observar grande aproximação nas probabilidades de entrega dos protocolos DD e P<sub>Ro</sub>PHET.

Contudo, a latência para 50 e 90 nós móveis teve o comportamento previsto, ficando seu valor bem acima dos valores obtidos para os protocolos P<sub>Ro</sub>PHET e *Epidemic*.

## CONCLUSÃO

Da análise dos resultados das simulações, podemos concluir que os protocolos que replicam mensagens, como o Epidêmico e o P<sub>Ro</sub>PHET, possuem desempenho adequado para uso em situações de desastre, desde que o sistema esteja ajustado para que haja um número relativamente pequeno de descarte de mensagens.


A proximidade dos resultados dos protocolos Epidêmico e P<sub>Ro</sub>PHET induz à utilização do P<sub>Ro</sub>PHET, por ser um protocolo com menor número de replicações de mensagens e, conseqüentemente, menor uso dos recursos do sistema. Tais características o tornam mais econômico no que se refere a gasto de energia de transmissão e custo de armazenagem.

De acordo com [13] a manutenção do equilíbrio entre o tamanho das mensagens e o tamanho dos buffers permite a obtenção do desempenho

esperado do sistema, fazendo-se necessário o conhecimento do tamanho dos buffers dos nós e o acompanhamento do tamanho médio das mensagens expedidas.

Além disso, o estabelecimento, minimamente conveniente de rotas que se aproximam, independente das dimensões da área de abrangência na qual o sistema atua, com possibilidade do aumento de rotas entre os pontos fixos, é fator importante de análise. O mapa de rotas utilizado nas simulações da Ilha do Governador impactou, com grande abatimento, na performance de todos os protocolos utilizados. Aumentar o raio de transmissão das unidades móveis pode não ser uma solução ótima, visto que aumenta o consumo de energia pelos transceptores.

Assim, ficou indicado a superioridade dos protocolos replicadores, Epidêmico e P<sub>Ro</sub>PHET, em relação aos protocolos que utilizam o repasse das mensagens como forma de propagação de dados.

Com base nos estudos que deram suporte para este trabalho, é possível afirmar que, em situações de desastre, a utilização de MANET-DTN com o protocolo de roteamento P<sub>Ro</sub>PHET é a solução mais indicada, em virtude de baixos custos envolvidos no armazenamento e transmissão das mensagens e à baixa latência apresentada pelas simulações. 

## REFERÊNCIAS

- [1] Z. Zhang, "Routing in intermittently connected mobile ad hoc networks and delay tolerant networks: overview and challenges", *Communications Surveys & Tutorials*, IEEE, vol. 8, nr. 1, 2006, pg 24-37.
- [2] S. S. Cardoso, R. M. Salles, P. C. S. Vidal, R. D. Ribeiro, "Escalonamento em Redes de Missão Crítica", *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, 25, 2007, Fortaleza, CE, Brasil.
- [3] L. Bertini, O. Loques, J. C. B. Leite, "Replicação de Dados em Redes *Ad Hoc* para Sistemas de Apoio em Situações de Desastres", *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, 25, 2007, Fortaleza, CE, Brasil.
- [4] V. F. S. Mota, T. H. Silva, J. M. S. Nogueira, "Introduzindo Tolerância a Interrupção em Redes *Ad hoc* Móveis para Cenários de Emergência", *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, 27, 2009, pgs 671-684, Recife, PE, Brasil.
- [5] C. T. Oliveira, "Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões", *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, 25, 2007, pgs 203-256, Belém, PA, Brazil.

- [6] A. Balasubramanian, B. Levine, and A. Venkataramani, "DTN Routing as a Resource Allocation Problem," In Proceedings of the Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications, 2007, pages 373–384, New York, NY, USA. ACM.
- [7] A. Vahdat, D. Becker, "Epidemic routing for partially connected ad hoc networks," CS-200006. Duke University, 2000, Tech. Rep.
- [8] A. Lindgren, A. Doria, O. Schelén, "Probabilistic routing in intermittently connected networks," In Proceedings of the First International Workshop 2004 on Service Assurance with Partial and Intermittent Resources (SAPIR 2004).
- [9] A. Keränen, J. Ott, "Increasing reality for DTN protocol simulations," Networking Laboratory, Helsinki University of Technology, 2007, Tech. Rep.
- [10] C. A. V. Campos, R. M. S. Fernandes e L. F. M. Moraes, "Uma avaliação das redes tolerantes a atrasos e desconexões através de traces reais de mobilidade humana," Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 27, 2009, Recife, PE, Brasil.
- [11] Cristina M. Nunes, Fernando Luís Dotti, "Uma Nova Estratégia de Roteamento para Redes Tolerantes a Atrasos," Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 27, 2009, Recife, PE, Brasil.
- [12] F. Ekman, "Mobility models for mobile ad hoc network simulations," Master's thesis, Helsinki University of Technology, May 2008.
- [13] Marcus B. Medeiros, Ronaldo M. Salles, "Utilização de MANETS – DTN em Sistemas de Comunicações Militares," 8th International Information and Telecommunication Technologies Symposium, I2TS'09, Florianópolis, Brasil, 2009.