

Avaliação de Protocolos de Roteamento em Redes Tolerante a Atrasos e Desconexões (DTN)

Débora Cabral Nazário¹, Cinara Menegazzo¹, Nathalia Locatelli Cezar¹, João Vitor Pereira¹, Luiz Carlos Pessoa Albini²

¹Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) – Joinville – SC – Brasil

²Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Curitiba – PR – Brasil

{debora.nazario,cinara.menegazzo,nathalia.lc23}@udesc.br,
joao_vitor_pereira@hotmail.com,albin@inf.ufpr.br

Abstract. *Routing in Delay-Tolerant Networks (DTN) is challenging because of frequent and long duration periods of non-connectivity. The network behavior depends on a variety of parameters that change over the time and poses important challenges the communication and routing. Several routing protocols for DTNs can be found in the literature based on strategies ranging from flooding to opportunistic approaches. All these protocols have strengths and weaknesses depending on the usage scenario. We evaluate the protocols Epidemic, PROPHET, Spray and Wait e RAPID through simulations, to verify their feasibility and significant efficiency on reducing the network resource consumption some critical parameters.*

Resumo. *O roteamento em redes Delay-Tolerant Networks(DTN) é um desafio devido aos frequentes e longos períodos de não conectividade. O comportamento da rede depende de uma variedade de parâmetros que mudam ao longo do tempo e geram desafios importantes na comunicação e no roteamento. Vários protocolos de roteamento em DTN podem ser encontrados na literatura, baseados em estratégias que vão desde inundações até abordagens oportunistas. Todos esses protocolos têm pontos fortes e fracos dependendo do cenário de uso. Neste estudo, foram avaliados os protocolos Epidemic, PROPHET, Spray-and-Wait e RAPID através de simulações, a fim de verificar seus desempenhos, considerando alguns parâmetros críticos.*

1. Introdução

Delay Tolerant Networks (DTNs) são redes oportunistas compostas por nós móveis sem uma conexão persistente entre eles. O roteamento representa um desafio para DTNs, uma vez que o caminho de comunicação da origem para um destino está intermitentemente conectado. A entrega de mensagens depende de uma sequência prevista de oportunidades de comunicação, que é definida como um contato. Assim, os protocolos de roteamento devem ser capazes de encaminhar, armazenar e entregar mensagens sem qualquer garantia de contato, visando maximizar a entrega de dados e minimizar o atraso. Um fator chave para protocolos de roteamento em DTNs é a seleção do melhor nó candidato para armazenar e transportar mensagens durante seu trajeto até o destino. Assim, as informações da rede têm um impacto significativo no desempenho do roteamento.

Os protocolos de roteamento para DTNs, tal como *Epidemic* [Vahdat and Becker 2000], *Spray-And-Wait* (SPW) [Spyropoulos et al. 2005], *RAPID* [Balasubramanian et

al. 2007] e *Probabilistic Routing using History of Encounters and Transitivity* (PRoPHET) [Lindgren et al. 2003], consideram o histórico de contatos ou o número de mensagens simultâneas na rede como parâmetros para escolher melhor o próximo salto e encaminhar a mensagem. Uma mensagem numa rede DTN pode ser um bloco inteiro de dados de um aplicativo, por exemplo. Embora esta informação de contexto não seja suficiente para alcançar uma visão satisfatória da rede, encaminhar mensagens sem considerar a disposição do nó em contribuir no processo de entrega, pode desperdiçar recursos da rede de forma desnecessária. Além disso, os protocolos citados se concentram em alcançar um bom desempenho em cenários/contextos específicos e podem comportar-se abaixo das expectativas em diferentes situações. Por outro lado, considera-se que as informações de contexto da rede, como a densidade e a qualidade da conectividade podem afetar o desempenho do roteamento. Essas informações podem ser usadas para escolher o melhor candidato do próximo salto para encaminhar as mensagens.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a metodologia utilizada nesta pesquisa. A Seção 3 caracteriza as redes DTNs. A Seção 4 descreve os protocolos de roteamento para DTNs estudados: *Epidemic*, *Spray-and-Wait* (SPW), PRoPHET e RAPID. A Seção 5 avalia o impacto de diferentes contextos nestes protocolos em seis cenários diferentes. Conclusões e trabalhos futuros são apresentados na Seção 6.

2. Metodologia

A metodologia utilizada nesta pesquisa começa por uma revisão da literatura em DTN e o estudo de seus protocolos de roteamento, concentrando-se nos seguintes: *Epidemic*, PRoPHET, SPW e RAPID. Todos os protocolos foram simulados na ferramenta *The ONE Simulator* em seis cenários diferentes. Os parâmetros de rede considerados nas simulações foram: densidade (área), TTL (*Time to Live*), número de *hosts*, velocidade dos nós, tamanho de *buffer* e da mensagem. O desempenho de cada protocolo foi avaliado com relação à entrega de mensagens, atraso de entrega e taxa de *overhead* na rede, através de gráficos para cada cenário.

3. Redes *Delay Tolerant Networks* - DTN

A comunicação humana foi transformada pela quantidade de tecnologia disponível. Atualmente, uma comunicação eficiente é medida por sua capacidade em fornecer serviços otimizados. Garantir eficiência de comunicação em contextos de rede que se alteram constantemente é um desafio. Portanto, é necessário adaptar os parâmetros impostos por cada cenário em busca de otimização no serviço de roteamento. A multiplicação de contextos desafiadores pelos quais passam os dispositivos de rede originou as chamadas *Delay and Disruption Tolerant Networks* (DTNs). DTNs são redes oportunistas compostas por nós móveis sem uma conexão persistente entre eles. Nesta rede, a decisão de roteamento é tomada nó a nó de forma autônoma, sem um caminho pré-definido que conecte a origem ao destino.

O roteamento representa um desafio para DTNs, uma vez que o caminho de comunicação de uma origem para um destino está intermitentemente conectado. A entrega de mensagens depende de uma sequência prevista de oportunidades de comunicação, que é definida como contato [Cerf et al. 2007]. Assim, os protocolos de roteamento devem ser capazes de encaminhar, armazenar e entregar mensagens sem qualquer garantia de contato, visando maximizar a entrega de dados e minimizar o atraso.

Um fator chave para protocolos de roteamento em DTNs é a seleção do melhor nó candidato para armazenar e transportar mensagens para o destino durante seu trajeto. Um nó é uma entidade que implementa a camada de agregação, uma camada adicional na arquitetura TCP/IP [Socolofsky and Kale 1991] para possibilitar os serviços em DTN. Os nós, neste tipo de rede, precisam armazenar a mensagem até que a conexão possa ser restabelecida. Em DTNs, as aplicações sofrem com endereçamento, atraso longo/variável, altas taxas de erro, confiabilidade, segurança e cenários extremamente heterogêneos. Exemplos de DTNs são redes interplanetárias, redes de sensores, redes terrestres sem fio em áreas remotas, redes de satélites, redes terrestres entre outras.

Em DTN, o comportamento da rede emerge de uma variedade de características, como mobilidade, restrições de recursos, alta heterogeneidade e/ou falhas de recursos. Essas características têm um impacto direto na robustez, confiabilidade e desempenho dos serviços prestados. No roteamento, o impacto pode ser medido pelo atraso e quantidade de mensagens entregues ao destino. Além disso, como o ambiente DTN é altamente dinâmico, a solução para contornar essas mudanças é usar protocolos de roteamento otimizados para cada cenário específico, alcançando um desempenho aceitável para o referido contexto.

A identificação de um contexto requer regras específicas para detectar e analisar as informações de desempenho da rede para permitir a tomada de decisões. Nesta pesquisa considera-se que qualquer informação ou fragmentos podem descrever o comportamento da rede. O contexto é composto por um conjunto de pares de informações de atributo-valor que podem afetar o desempenho do roteamento. Um contexto é formalmente definido como um vetor c dos atributos, tal que $c = (c_1, \dots, c_n)$, onde $c_i \in C_i$ e $C = C_1 \times \dots \times C_n$ representam os valores de espaço de busca em potencial de um contexto. Através da avaliação de atributos relevantes, é possível criar heurísticas para implementar a adaptação do protocolo de roteamento. Em DTN, o contexto pode considerar vários atributos como capacidade de armazenamento, densidade, energia do dispositivo, largura de banda da rede, etc.

4. Protocolos de Roteamento para DTN

O roteamento corresponde a determinação de um caminho para transferência ou transporte de dados de uma origem para um destino. O problema de rotear mensagens em DTN inclui considerar que os nós participantes do trajeto de uma mensagem precisam apresentar capacidade de armazenamento e cada um deve tomar suas próprias decisões sobre os próximos saltos. Várias propostas na literatura classificam estratégias de roteamento DTN. [Zhang et al. 2007] fornecem uma classificação com duas categorias principais, determinísticas e estocásticas. Por sua vez, [Jain et al. 2004] classificaram o protocolo pelo conhecimento exigido em categorias de inundações, história e dispositivos especiais. Mais recentemente, [Spyropoulos et al. 2010] agrupou as propostas de acordo com a troca de mensagens em encaminhamento, replicação e codificação.

Na sequência, são descritos os protocolos de roteamento para DTNs estudados e utilizados nas simulações desta pesquisa.

4.1. Epidemic

O protocolo *Epidemic* foi proposto por [Vahdat and Becker 2000] e tornou-se a principal proposta de disseminação para cenários estocásticos. Este protocolo baseia-se na

mobilidade dos nós e adota a forma mais simples de comunicação em redes intermitentes, a replicação de todas e quaisquer mensagens de um nó para todos os nós em sua área de cobertura.

Durante o processo de encaminhamento, cada nó mantém uma lista de todas as mensagens que carrega e que ainda não foram entregues no destino. Se uma conexão entre dois nós for estabelecida, ambos trocam as mensagens que não têm em comum. Assim, todas as mensagens estão espalhadas por todos os que fizeram contato. As mensagens a serem replicadas são armazenadas em cada nó como um *Summary Vector (SV)*. Em vários cenários de DTN, o protocolo *Epidemic* alcançou uma proporção eficiente de mensagens entregues sem reconhecer a topologia da rede. Ele diminui o atraso de entrega, no entanto depende do tamanho do *buffer* disponível.

4.2. *Spray and Wait: SPW*

O protocolo SPW [Spyropoulos et al. 2005] integra uma família de protocolos chamada *Spray*. Além disso, os protocolos *Spray and Focus* [Spyropoulos et al. 2007] e *Binary Spray and Wait* [Xue et al. 2009] são partes desta família. O processo de controle de encaminhamento para esses protocolos estima o número de réplicas necessárias para alcançar o destino de uma mensagem, com base no número de nós e na velocidade da rede.

O esquema do protocolo SPW é composto por duas fases. Na fase de pulverização, o nó de origem envia n cópias da mensagem para todos os nós conectados, exceto para ele mesmo. Se o nó de destino não estiver nos n nós conectados, o protocolo irá para a fase de espera. Nesta fase, os nós encontrados repassam a mensagem apenas se encontrarem o nó de destino. Os protocolos da família *Spray* sofrem com problemas de estagnação de repasses em determinados cenários.

4.3. *Probabilistic Routing using History of Encounters and Transitivity: PRoPHET*

O protocolo PRoPHET, assim como o *Epidemic*, é bem conhecido e utilizado em DTN, baseado em probabilidade [Lindgren et al. 2003]. Este protocolo considera que os nós estão se movendo aleatoriamente o tempo todo com movimentos que podem ser estimados. Assim, ele gera um algoritmo de roteamento probabilístico que usa uma métrica chamada previsibilidade de entrega, com base na predição para encontrar o destino no nó em contato. O PRoPHET é indicado para cenários com baixa mobilidade e ambientes mais esparsos, devido ao custo envolvido.

4.4. *Resource Allocation Protocol for Intentional DTN: RAPID*

O protocolo RAPID [Balasubramanian et al. 2007] trata o roteamento como um problema de alocação de recursos, com base na utilidade. Deriva uma função de utilidade para uma mensagem por uma métrica de roteamento para cada oportunidade de transferência. Considera-se dois nós x, y , uma mensagem i e uma métrica de roteamento para minimizar o atraso médio das mensagens, como um exemplo de métrica para o algoritmo RAPID. Portanto, o protocolo replica o pacote que resulta na maior diminuição do atraso. O RAPID também leva em consideração no cálculo de utilidade, a quantidade de replicação de mensagens. Na sua heurística, a mensagem que tem mais réplicas tem menor utilidade.

Um canal de controle dentro da banda é usado para trocar informações de estado da rede entre os nós. Com base nessas informações, seu processo de roteamento calcula

o efeito de replicação na métrica de roteamento enquanto contabiliza restrições de recursos. Uma mensagem é replicada até que uma cópia dela encontre o destino. RAPID é um protocolo direcionado apenas a uma métrica por utilidade e, para tanto, precisa estimar probabilidades a partir de informações conhecidas e processos ocorridos no passado.

5. Impacto de diferentes contextos sobre protocolos de roteamento em DTN

Esta seção demonstra o impacto de diferentes contextos em quatro protocolos de roteamento em DTN: *Epidemic*, PROPHET, SPW e RAPID. A análise desses protocolos tem as implicações: demonstrar que cada protocolo supera o outro em um cenário específico; estabelecer o limite do desempenho do protocolo e encontrar o contexto que resulta no menor custo na entrega de mensagens para cada protocolo.

Todos os protocolos de roteamento são implementados e simulados no *The ONE simulator* [Keränen et al. 2009], de acordo com os valores dos parâmetros de contexto mostrados nas Tabelas 1 e 2, em duas rodadas de simulações. O padrão de mobilidade utilizado para as simulações aqui descritas, refere-se ao modelo *Random Waypoint* (RW), em que os nós randomicamente se movem para o destino por um caminho em forma de zig-zag, baseado no mapa da cidade de Helsinkin. As mensagens são geradas nas simulações em intervalos de 1 a 10 segundos até que quantidade de 2173 mensagens seja atingida. A rede é composta por nós móveis equipados com uma interface de rede WiFi 802.11 com velocidade de transmissão de 1375 Kbps e faixas de transmissão de 50m.

Tabela 1. Parâmetros dos cenários – Rodada 1

Parâmetros	Valores
Área ($m \times m$)	800×800, 5000×5000, 30000×30000
Duração (<i>sec</i>)	10800
Velocidade dos Nós (<i>Mbps</i>)	(1-11), (1-21), (10-21)
Nós	30, 50, 100
Tamanho do Buffer (<i>Mb</i>)	1, 15, 24, 600
Tamanho da Mensagem (<i>Kb</i>)	10, 100, 200, 1000
TTL (<i>min</i>)	600, 1000, 2000

Tabela 2. Parâmetros dos cenários – Rodada 2

Parâmetros	Valores
Área ($m \times m$)	2000×2000, 5000×5000, 10000×10000
Duração (<i>sec</i>)	10800
Velocidade dos Nós (<i>Mbps</i>)	(1-11), (1-21), (10-21)
Nós	10, 50, 150
Tamanho do Buffer (<i>Mb</i>)	3, 10, 30
Tamanho da Mensagem (<i>Kb</i>)	100, 500, 1500
TTL (<i>min</i>)	10, 100, 1000

Na simulação foram considerados seis cenários, os quais se diferenciam pela alteração de um parâmetro de rede e os demais são fixados, conforme Tabelas 1 e 2 (área, velocidade dos nós, quantidade de nós, tamanho do *buffer*, tamanho da mensagem e TTL). Na primeira rodada utilizou-se os valores da Tabela 1, com os valores fixados de acordo com a Tabela 3, idem para segunda rodada.

Os protocolos foram avaliados usando três métricas: taxa de entrega de mensagens, atraso médio e taxa de sobrecarga na rede (*overhead*). O índice de entrega é definido como a proporção dos pacotes recebidos com sucesso no destino para o total de

pacotes gerados nas fontes [Abdulla and Simon 2007], o atraso indica o atraso médio durante o trajeto para todos os pacotes recebidos com sucesso no destino, e o índice de sobrecarga é calculado como o número de mensagens introduzidas na rede pelo protocolo, a fim de entregar as mensagens [Balasubramanian et al. 2007]. Os resultados obtidos nas simulações são apresentados nas seções seguintes e resultam de uma média de 10 repetições, mostrados em gráficos de mensagens entregues em quatro dos cenários simulados, nas duas rodadas.

Tabela 3. Valores de Parâmetros Fixos por rodada

Parâmetros	Rodada 1	Rodada 2
Área ($m \times m$)	5000×5000	5000×5000
Duração (sec)	10800	10800
Velocidade dos Nós (Mbps)	(1-21)	(1-21)
Nós	50	50
Tamanho do Buffer (Mb)	30	10
Tamanho da mensagem (Kb)	100	500
TTL (min)	1000	100

5.1. Cenário A: O efeito do tamanho da mensagem

A Figura 1 representa a taxa de entrega para os quatro protocolos avaliados nas duas rodadas. Conforme tabelas anteriores, nas simulações da rodada 1 foram utilizadas mensagens de 10Kb até 1000Kb, sendo os demais valores dos parâmetros fixos (tabela 3). Já na rodada 2, o tamanho das mensagens variou de 100Kb até 1500Kb, com demais valores fixos de acordo com a última coluna da tabela 3.

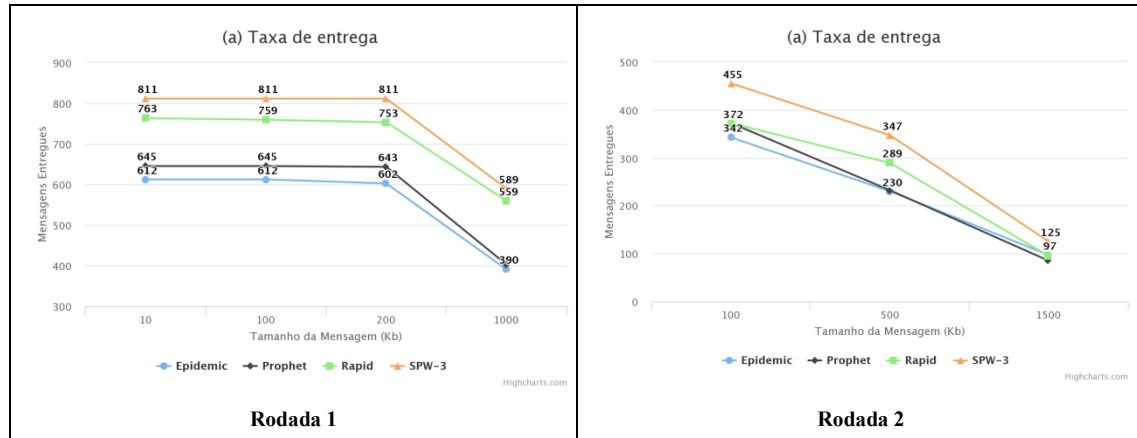


Figura 1. Desempenho dos protocolos com variação do tamanho da mensagem

O principal objetivo deste cenário é examinar o desempenho dos protocolos com o aumento do tamanho da mensagem, na tentativa de identificar um tamanho apropriado ou ideal para cada situação.

Como pode ser visualizado na Figura 1, a variação no tamanho da mensagem interfere substancialmente no desempenho dos protocolos a partir de 200Kb na rodada 1, e diminuiu progressivamente na rodada 2. De acordo com os demais resultados neste cenário, pode-se verificar que o protocolo SPW pode gerenciar melhor a falta de armazenamento dos nós para fornecer entrega de mensagens maiores dentro de um prazo. O roteamento pelo protocolo RAPID produz o atraso de entrega mais longo e requer maior número de transmissões em comparação com todos os outros protocolos. O

protocolo *Epidemic* produz a sobrecarga mais alta para enviar uma mensagem, devido à inundação na rede. Sua sobrecarga é, em média, 35% maior do que a SPW-

5.2. Cenário B: O impacto do tamanho do *buffer* no cenário

Em seguida, é avaliado o requisito de tamanho de *buffer* no desempenho dos quatro protocolos. Seus desempenhos são examinados em cenários com diferentes capacidades de *buffer*. Na rodada 1, o espaço de *buffer* foi variado de 1 Mb (capacidade limitada) até 600 Mb (alta capacidade) com uma carga de tráfego constante, em média, 45 mensagens geradas por nó. Os outros parâmetros são definidos de acordo com a Tabela 3.

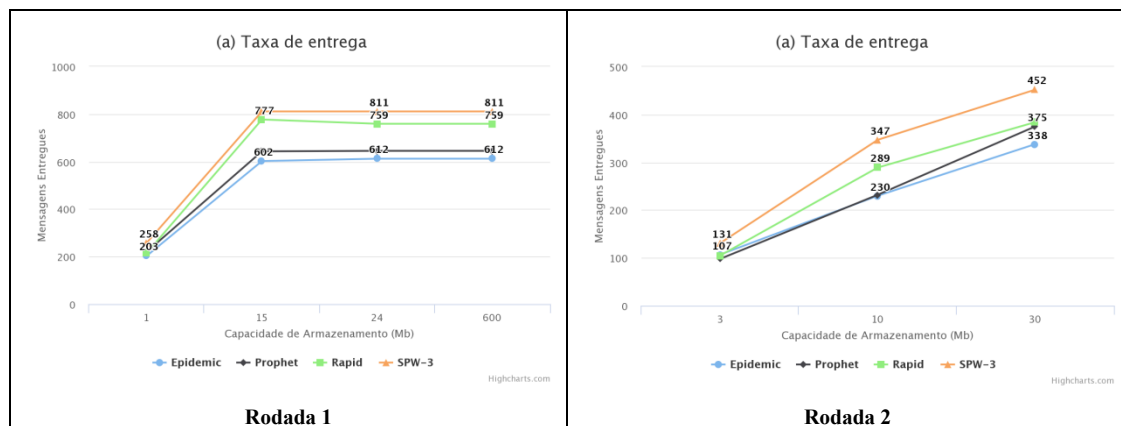


Figura 2. Desempenho dos protocolos com variação do tamanho do *buffer*

Conforme representado na Figura 2, quando os recursos da rede são suficientes para garantir o armazenamento (mais de 15 Mb), a taxa de entrega é melhorada para todos os protocolos e, em seguida, mantida constante. Já a rodada 2 explora uma variação na limitação do armazenamento, entre 3 e 30 Mb, para os valores fixados da tabela 3. Percebe-se que a quantidade de mensagens entregues continua crescendo, ou seja, o aumento do *buffer* neste caso ainda pode trazer melhora no desempenho dos protocolos (maior entrega), o que não é verificado na rodada 1. Observou-se ainda que o protocolo SPW supera os demais protocolos neste cenário.

5.3. Cenário C: O impacto da densidade – Área

Este cenário é usado para demonstrar a influência da densidade do nó nos protocolos *Epidemic*, PROPHET, SPW e RAPID. A área de simulação é então variada para examinar seu impacto na eficácia dos protocolos. Nas configurações da rodada 1, considerada como densa, a área definida foi 800m × 800m, enquanto que o cenário esparsa foi composto por uma área de 30km × 30km e o alcance da transmissão fixado em 50m. Na rodada 2, a variação da área se deu entre 2km × 2km e 10km × 10km, conforme mostrado na Figura 3. A segunda rodada é sempre usada para explorar mais os resultados obtidos na rodada anterior.

Com os resultados obtidos nas simulações, observou-se que em cenários mais esparsos o protocolo *Epidemic* tem um desempenho superior aos demais protocolos na relação de entrega com menor atraso. Isso ocorre devido à diminuição dos encontros e o fato deste protocolo aproveitar todas as oportunidades de contato.

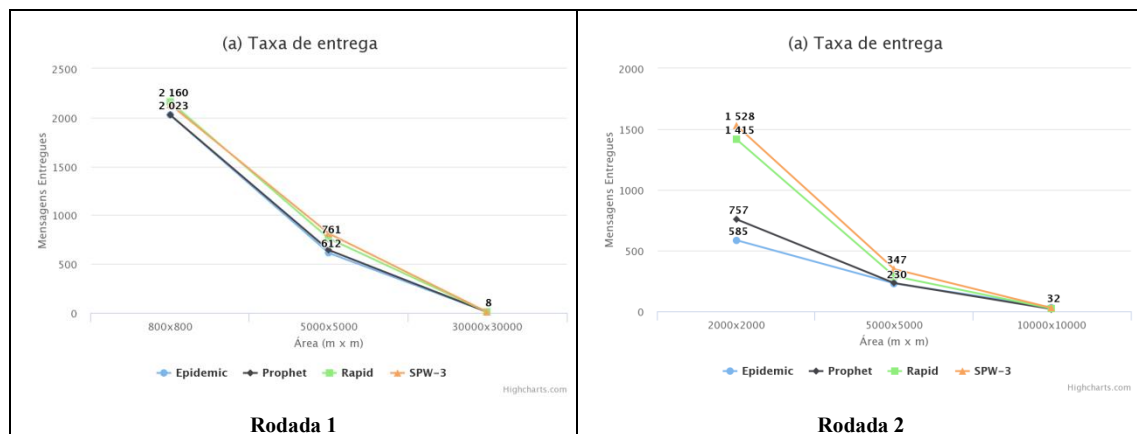


Figura 3. Desempenho dos protocolos com variação da densidade (área)

5.4. Cenário D: O impacto da densidade – Números de nós

Nesta seção, a densidade foi avaliada para todos os protocolos com diferentes quantidades de nós, os outros parâmetros de rede foram fixados de acordo com a Tabela 3. O número de nós variou na rodada 1 entre 30 e 100 nós. Já na rodada 2, a faixa de testes foi aumentada entre 10 a 150 nós.

Nos cenários mostrados pela Figura 4, a disponibilidade de vizinhos aumenta o índice de entrega e diminui o atraso para todos os protocolos. Considerando a entrega individual para cada mensagem, *Epidemic* e *PROPHET* produzem o maior atraso e requerem um maior número de transmissões em comparação com os outros protocolos. A sobrecarga do protocolo *Epidemic* é 100% maior que do *RAPID*, sobre o mesmo cenário. Um fator bastante interessante neste cenário é observado, com o aumento da quantidade de nós, o protocolo *RAPID* entrega mais mensagens do que o protocolo *SPW* com o mesmo atraso. O *RAPID* prioriza o atraso como uma métrica de desempenho.

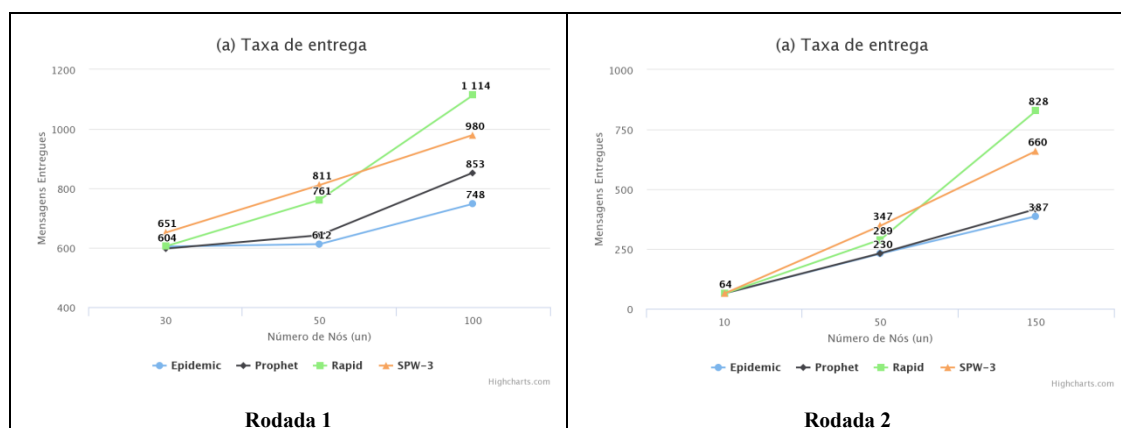


Figura 4. Desempenho dos protocolos com variação da densidade (nós)

6. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Em DTN, o contexto computacional é investigado sobre os vários parâmetros de rede como tamanho da mensagem, capacidade de armazenamento, densidade, quantidade de contato, velocidade do nó, tempo de tráfego da mensagem, energia restante, largura de banda da rede, entre outros. Neste artigo demonstrou-se o impacto de diferentes contextos em quatro protocolos de roteamento em DTN: *Epidemic*, *PROPHET*, *SPW* e *RAPID*. Os

protocolos foram simulados no *The ONE simulator* e avaliados através de três métricas: taxa de entrega de mensagens, atraso médio e taxa de sobrecarga. Os cenários avaliados nas simulações expõem diferentes valores para os parâmetros: tamanho da mensagem, capacidade de armazenamento, quantidade de nós, velocidade dos nós, densidade (área) e TTL.

As primeiras simulações executadas dizem respeito aos valores indicados nas Tabelas 1 e 3. Após análise destes resultados, uma segunda rodada de simulações foi realizada seguindo os valores das tabelas 2 e 3. Vale ressaltar alguns resultados observados nas simulações. Para a maioria dos cenários simulados, o protocolo SPW alcançou melhor taxa de entrega de mensagens, o protocolo de roteamento RAPID obteve os maiores atrasos para entrega das mensagens e o protocolo *Epidemic* produziu a sobrecarga mais alta.

Em relação à variação do tamanho da mensagem, observou-se que o desempenho dos protocolos foi afetado principalmente a partir de 200Kb, diminuindo a medida que o tamanho da mensagem era aumentada. Observou-se também que o aumento na capacidade de armazenamento do nó (superior a 15 Mb) não melhora o desempenho dos protocolos na rodada 1. Em cenários mais esparsos (área maior), o protocolo *Epidemic* supera os outros protocolos na relação de entrega com menos atraso. Por outro lado, para cenário denso (maior quantidade de nós), o protocolo RAPID entrega mais mensagens do que o SPW.

Para os outros dois cenários simulados e não descritos na seção anterior, verificou-se que a taxa de entrega para os protocolos não é melhorada pelo aumento no TTL. Para TTL em mais de 1000 unidades de tempo, apenas o PROPHET entrega um pouco mais de mensagens. E como esperado, a taxa de entrega aumenta à medida que a velocidade dos nós, também aumenta. Além disso, o atraso e a sobrecarga diminuem [Menegazzo et al. 2017].

Com relação ao comportamento dos protocolos sobre os cenários com variação de parâmetros de contexto, é possível observar que todos eles apresentam alteração de desempenho para os parâmetros de rede que foram avaliados, exceto para o TTL. Então, inferimos que, através do uso do contexto, é possível minimizar o consumo de recursos, como processamento e comunicação, possibilitando o fornecimento de serviços mais precisos e dinâmicos.

Como trabalho futuro pretende-se, através da avaliação do desempenho de cada protocolo e dos parâmetros da rede, estabelecer um contexto para garantir um menor custo na entrega de mensagens em diferentes cenários, reduzindo o consumo de recursos da rede, que são críticos em DTNs. Portanto, serão avaliados outros parâmetros como energia e faixa de transmissão para estabelecer um contexto mais abrangente. Após estas etapas, avaliar os parâmetros através do uso de métodos de Qualidade de Contexto (QoC). A avaliação da QoC tem como objetivo detectar anomalias ou inconsistências no ambiente, gerar alertas e outras ações. Isso se torna um aspecto promissor para adaptar o serviço de roteamento de forma precisa e autônoma. Assim, a tomada de decisão durante o processo de roteamento não sobrecarrega os serviços de rede e não requer interferência especializada, especialmente quando as decisões envolvem situações de risco ou perigo para o usuário.

Referências

- Abdulla, M. and Simon, R. (2007). The Impact of the Mobility Model on Delay Tolerant Networking Performance Analysis. In *Simulation Symposium, 2007. ANSS '07. 40th Annual*.
- Balasubramanian, A., Levine, B. and Venkataramani, A. (2007). DTN Routing As a Resource Allocation Problem. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, v. 37, n. 4, p. 373–384.
- Cerf, V., Burleigh, S., Hooke, A., et al. (2007). Delay-Tolerant Networking Architecture. Request for Comments. IETF.
- Jain, S., Fall, K. and Patra, R. (2004). Routing in a delay tolerant network. *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, v. 34, n. 4, p. 145–158.
- Keränen, A., Ott, J. and Kärkkäinen, T. (2009). The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques (SIMUTools)*.
- Lindgren, A., Doria, A. and Schelén, O. (2003). Probabilistic routing in intermittently connected networks. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, v. 7, n. 3, p. 19–20.
- Menegazzo, C. T., Nazário, D. C., Cezar, N. L., et al. (2017). An Evaluation about Routing Protocols in Delay-Tolerant Networks (DTNs) to apply Quality of Context (QoC). In *International Conference on Information Systems and Technology Management - CONTECSI*.
- Socolofsky, T. and Kale, C. (1991). TCP/IP tutorial.
- Spyropoulos, T., Psounis, K. and Raghavendra, C. S. (2005). Spray and wait: an efficient routing scheme for intermittently connected mobile networks. In *Proceedings of the 2005 ACM SIGCOMM workshop on Delay-tolerant networking (WDTN)*.
- Spyropoulos, T., Psounis, K. and Raghavendra, C. S. (2007). Spray and Focus: Efficient Mobility-Assisted Routing for Heterogeneous and Correlated Mobility. In *Pervasive Computing and Communications Workshops, 2007. PerCom Workshops '07. Fifth Annual IEEE International Conference on*.
- Spyropoulos, T., Rais, R. N. Bin, Turletti, T., Obraczka, K. and Vasilakos, A. (2010). Routing for disruption tolerant networks: taxonomy and design. *Wireless Networks*, v. 16, n. 8, p. 2349–2370.
- Vahdat, A. and Becker, D. (2000). Epidemic routing for partially connected ad hoc networks.
- Xue, J., Fan, X., Cao, Y., Fang, J. and Li, J. (2009). Spray and Wait Routing Based on Average Delivery Probability in Delay Tolerant Network. *Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing, 2009. NSWCTC '09. International Conference on*, v. 2, p. 500–502.
- Zhang, X., Kurose, J. K., Levine, B. N., Towsley, D. and Zhang, H. (2007). Study of a bus-based disruption-tolerant network: mobility modeling and impact on routing. *Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Mobile computing and networking - MobiCom '07*, p. 195.