

# Estudo comparativo de métricas de roteamento utilizando VoIP em redes *Mesh* em área periférica

André F. Riker<sup>1</sup>, Elisangela Aguiar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – Universidade Amazônia (UNAMA)  
Belém – PA – Brasil

and\_rik@hotmail.com, eaguiar@unama.br

**Abstract.** *This article presents a case study of three routing protocols used in Mesh networks, they are: (Ad Hoc On-Demand Distance Vector), OLSR (Optimized Link State Routing) and OLSR-MD (Optimized Link State Routing – Minimum Delay). The analysis was based on simulation performed in Network Simulator 2.33 taking into account in setting the urban population of low income. The data show similar results between protocols AODV and OLSR-MD.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta um estudo de caso de três protocolos de roteamento utilizados em redes em malha sem fio, também denominadas de Redes Mesh, são eles AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector), OLSR (Optimized Link State Routing) e OLSR-MD (Optimized Link State Routing – Minimum Delay). A análise foi feita com base em simulação realizada no Network Simulator 2.33 levando em consideração um cenário urbano de população de baixa renda. Os dados obtidos mostram resultados semelhantes entre os protocolos OLSR-MD e AODV.*

## 1. Introdução

As redes em malha sem fio (*Wireless Mesh Network*), conhecidas também como Redes *Mesh*, se apresentam como uma tecnologia de baixo custo por não necessitar tanto do uso de cabos como em redes *Wi-Fi* (*Wireless Fidelity*) infraestruturadas ou redes cabeadas. Isto se dá devido à formação do *backbone* sem fio que provê comunicação entre os nós da malha estabelecida.

Decorrente deste atrativo econômico, pode-se citar o projeto [ReMesh 2007] como um dos que utilizam-se deste tipo de rede para fornecer acesso à Internet banda larga a estudantes universitários e a áreas residenciais.

Segundo [Ramanathan et al, 2002] em uma rede *Mesh* os roteadores *mesh* estão fixos e formam o *backbone* da malha sem fio. Os clientes de uma rede em malha sem fio podem usufruir da infraestrutura estabelecida pelos roteadores *Mesh*, enviando seus próprios pacotes, ou desempenhar o papel de encaminhamento de pacotes que não são seus para os demais nós da rede [Albuquerque 2006].

Este trabalho colaborativo entre os nós da rede estendem a cobertura de pontos de acesso sem ser necessário que procedimentos de configuração sejam realizados pelos usuários. Isto ocorre devido à característica de auto-organização e auto-configuração das redes *Mesh*.

Ao se propor a disponibilizar Internet em universidades, colégios, escolas, hospitais e áreas residenciais, as redes em malha sem fio poderiam além de ser um

grande instrumento de inclusão digital, ser simultaneamente uma forma de reduzir custos em serviços de telefonia utilizando-se da tecnologia VoIP (Voz sobre IP). Além disso poderia ser um grande instrumento para a criação de cidades digitais [Abelém et al, 2007].

No entanto, é um grande desafio transmitir dados em tempo real, como voz, devido à sua alta sensibilidade ao atraso. Quando a aplicação VoIP é utilizada em um ambiente *mesh* aumenta-se ainda mais a probabilidade de que os pacotes sofram grande atraso e afetem a qualidade de transmissão da voz. Isto ocorre nas redes em malha sem fio devido aos múltiplos saltos executados para encaminhar os dados entre remetente e destinatário.

O protocolo de roteamento é o responsável por determinar as rotas e consequentemente os saltos que os pacotes devem percorrer em suas transmissões do nó origem ao nó destino [Kurouse 2006]. Sendo assim, o protocolo de roteamento utilizado na rede exerce uma função crucial na qualidade de serviço (QoS – *Quality of Service*) da aplicação VoIP requerida pelo usuário.

Devido à semelhanças entre as redes *Mesh* e as redes MANET (*Mobile Ad hoc Network*) alguns protocolos de roteamento originalmente projetados para cenários *Ad Hoc* são frequentemente acrescidos de extensões e otimizações para atuarem nas redes em malha sem fio e obter maior conformidade com as características *Mesh* e assim fornecer maior qualidade de serviço às aplicações de áudio e vídeo.

Basicamente a tarefa de acrescentar extensão ou otimização à um protocolo de roteamento significa adaptar as métricas utilizadas pelo algoritmo de tal protocolo. Estas métricas consistem em parâmetros utilizados nos cálculos de roteamento para eleger qual a melhor rota para os dados viajarem da origem até o destino. Um exemplo de métrica é eleger a melhor rota aquela que possuir menor número de saltos entre remetente e destinatário.

Para apresentar uma comparação entre diferentes métricas de protocolos usados nas redes *Mesh* utilizando fluxos de dados VoIP, este artigo está organizado de forma a explicar na seção 2 conceitos de protocolos e métricas, a seção 3 apresenta trabalhos relacionados, na seção 4 o estudo de caso e resultados são abordados e por último, a seção 5 apresenta as considerações finais.

## **2. Protocolos e métricas de roteamento**

Segundo [Przybysz et al, 2007] os protocolos de roteamento podem ser divididos em: pró-ativos, reativos e híbridos.

Os protocolos pró-ativos, também conhecidos como globais, são aqueles que possuem as tabelas de roteamento constantemente atualizadas contendo dados sobre a topologia da rede. Neste artigo serão considerados os protocolos OLSR (*Optimized Link State Routing*) e seu variante OLSR-MD (*Optimized Link State Routing – Minimum Delay*), ambos pró-ativos.

O protocolo OLSR guarda informações dos enlaces e para tanto envia periodicamente pacotes de estado de enlace a todos os outros nós da rede. A mensagem denominada *hello*, é transmitida via endereço *broadcast* e deve ser entendida pelos vizinhos que este nó encontra-se ativo. Além disso, na resposta do nó que recebeu o *hello* deve constar quais são os seus nós vizinhos e os enlaces aptos para uso.

A mensagem TC (*Topology Control*) contém os estados de enlace do OLSR. Cada nó da rede seleciona um conjunto de MPRs (*MultiPoint Relays*) a fim de reduzir a sobrecarga da rede com estas mensagens de controle. Desta forma, quando um nó transmite uma mensagem *broadcast*, dentre todos os vizinhos deste nó, somente os seus MPRs devem encaminhar a mensagem. Outra característica importante é quando há difusão das listas de nós MPRs. Quando isto ocorre cada nó da rede reconhece por qual MPR um determinado nó pode ser alcançado [Przybysz et al, 2007].

A métrica padrão do OLSR é o número de saltos, entretanto vendo a possibilidade de alcançar melhores resultados com outras métricas sugeriram variantes deste. Pode-se citar OLSR-MD que como parâmetro principal para a escolha da melhor rota, escolhe o caminho que fornecer menores valores de atraso. Esta adaptação é muito útil quando se trata de transmissão de fluxos de dados em tempo real tendo em vista a sua sensibilidade ao atraso.

Os protocolos reativos são caracterizados por possuírem o descobrimento de rotas sob demanda e atuam de forma descentralizada, ou seja, são implementados mecanismos dinâmicos para levar dados de um nó origem que não possua rota direta para um nó destino. Como representante da técnica reativa, o presente artigo analisará o protocolo AODV (*Ad Hoc On-Demand Distance Vector*) [Przybysz et al, 2007].

Neste protocolo, quando um nó necessita transmitir para um nó destino e este não está em sua tabela de rotas, inicia-se um processo de descobrimento de rota. Para isto é transmitido um pacote *route request* a todos os vizinhos, que por sua vez realizam o mesmo. As mensagens ocorrem até que o nó destino seja alcançado.

Uma mensagem *route reply* é emitida assim que a rota até o destinatário é conhecida. Existe um campo correspondente ao número de saltos na mensagem *route reply* que é incrementado a medida que um nó intermediário a recebe e a retransmite. A transmissão desta mensagem em questão só acaba quando a mesma chega na origem.

A mensagem *hello* também está presente no protocolo AODV e possui a função de manter atualizados os vizinhos da existência ou não de uma determinada rota. Isto significa que quando determinado nó não recebe por determinado período de tempo uma mensagem *hello*, infere-se que algum enlace da rota em questão tornou-se inválido.

Outra categoria de protocolos são os denominados híbridos. Estes unem as melhores características dos protocolos pró-ativos e dos reativos. Neste tipo de atuação existe um mecanismo responsável por determinar em cada situação qual tipo de algoritmo deve ser utilizado. A forma como esta alternância de algoritmos é feita varia conforme o tipo de resultados que se busca.

### 3. Trabalhos relacionados

[Broch et al. 1998] realiza um estudo comparativo entre os protocolos DSDV (*Destination-Sequenced Distance-Vector Routing*), TORA (*Temporally Ordered Routing Algorithm*), DSR (*Dynamic Source Routing*) e AODV sob os aspectos: *overhead*, razão entre pacotes recebidos e pacotes enviados, menor caminho.

Em [Munaretto et al. 2003], encontra-se o funcionamento do protocolo QOLSR (*QoS routing over OLSR*) que se propõe escolher o menor caminho que possua maior largura de banda e menor atraso.

[Aguiar et al, 2007] se propõe a analisar comparativamente os protocolos AODV e OLSR no fornecimento de QoS (*Quality of Service*) para aplicações em tempo real como VoIP (*Voice over Internet Protocol*). Entretanto diferentemente do que é apresentado em [Aguiar et al, 2007] neste estudo considera-se também o protocolo OLSR-MD e um cenário diferente, também considerando área de periferia.

#### 4. Estudo de caso

Como é ilustrado na figura 1, o cenário avaliado está localizado aos arredores da Universidade da Amazônia (UNAMA). A configuração geográfica do local é formada basicamente por prédios, poucas árvores e um canal de saneamento.

A área é situada em meio a residências de baixa renda, escolas e hospitais públicos. Este estudo se propõe a analisar a viabilidade da implantação de uma rede em malha sem fio com objetivo de levar às populações carentes e aos prédios públicos do local acesso à Internet sem fio e VoIP.

A aplicação VoIP é caracterizada por exigir parâmetros a serem satisfeitos para que o desempenho da aplicação seja satisfatório ao usuário. Os três parâmetros de desempenho da aplicação VoIP analisados neste trabalho são: vazão, atraso e probabilidade de bloqueio [Aguiar et al, 2007].

Na simulação realizada caracterizou-se a transmissão de voz no ambiente de simulação *ns* (*Network Simulator*), na sua versão 2.33, como sendo uma fonte constante de bits de transmissão (*Constant Bit Rate- CBR*) com 8Kbps, pois esta taxa corresponde ao *codec* G.729.

Justifica-se o uso de tal *codec* pois segundo [Callado et al, 2007] este possui a característica de usar baixa largura de banda e boa qualidade de áudio devido à técnica de supressão do silêncio.

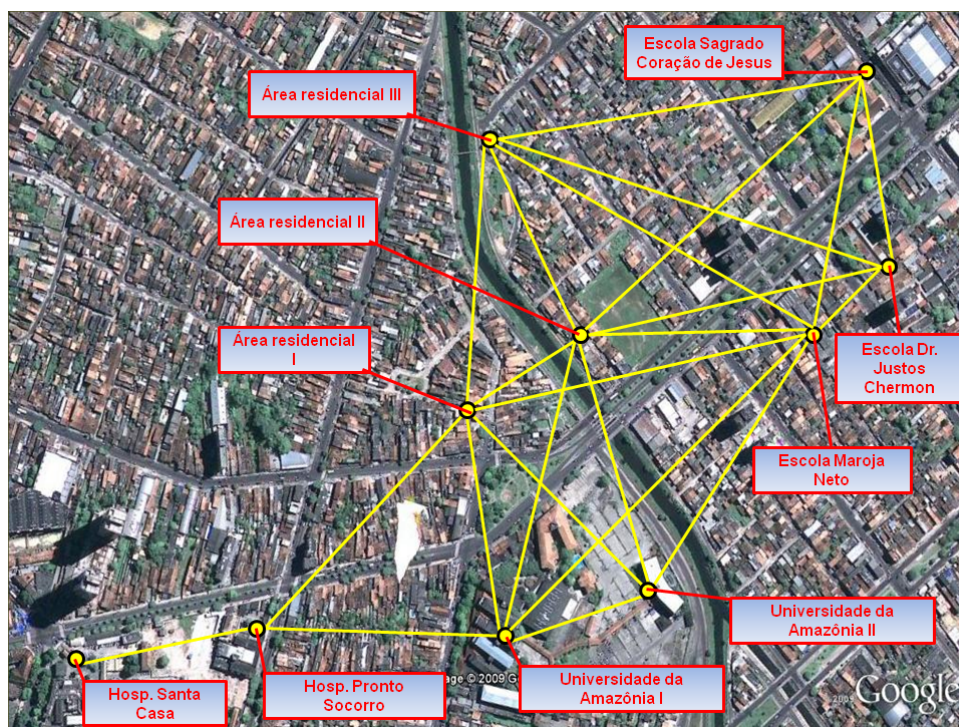


Figura 1: Cenário proposto

Para que a simulação retratasse um cenário real, um tráfego de dados de *background* usando o protocolo de transporte TCP (*Transmission Control Protocol*) foi gerado simultaneamente às chamadas VoIP usando o protocolo de transporte UDP (*User Datagram Protocol*).

Este tráfego paralelo é crucial para obtenção de resultados válidos, visto que sua função é deixar a rede congestionada. Caracterizou-se este fluxo de dados como uma aplicação FTP (*File Transfer Protocol*) de transmissão em rajadas e utilizou-se o modelo de Pareto [NS-2006] com valores padrões.

Nas simulações não foi utilizado nenhum tipo de técnica especial para entrega de pacotes VoIP. Assim simula-se o serviço de melhor esforço presente na Internet. Vale destacar que o serviço de melhor esforço executa o processo de entrega de dados sem fazer nenhuma distinção entre os pacotes, ou seja, todos os dados devem ser transportados o mais rápido possível. Como os protocolos de transporte TCP e UDP executam sobre IP, nenhum desses protocolos oferece garantia contra atraso às aplicações requisitantes [Kourouse et al, 2006].

Além dessas características, utilizou-se um intervalo de confiança de 90 % para análise dos resultados [Jain 1991]. A tabela 1 apresenta as informações gerais da simulação.

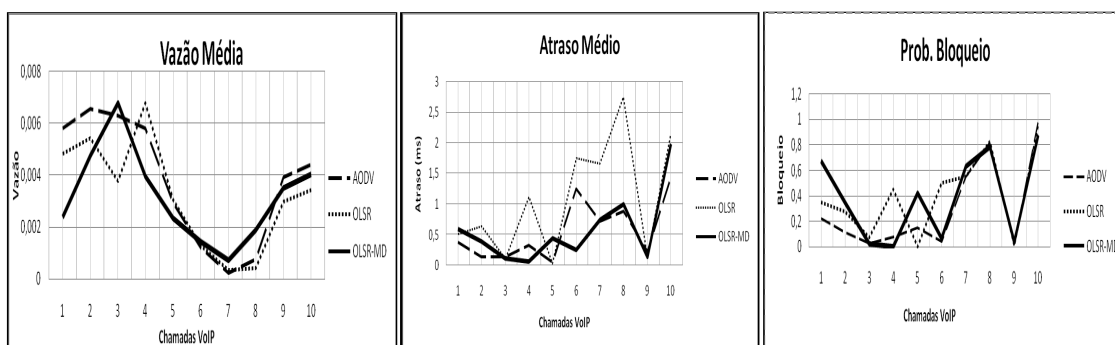
**Tabela 1: Informações gerais**

Parâmetro	Valor	Descrição
Duração	50	Unidades de simulação
Frequência	2.4 Ghz	Frequência de transmissão
Área simulada	1000mx1000m	Área de cobertura do cenário
Nº de roteadores <i>Mesh</i>	10	Pontos de roteamento
Padrão utilizado	IEEE 802.11b	Suporta até 11 Mbps
Modelo de propagação	<i>Shadowing</i>	Modelo nativo do NS de sobreamento
Antenas	Omnidirecionais, 18 dB de ganho a 15 metros de altura	Transmissão em todas as direções
<i>Path Loss Exponent</i>	2.7	Padrão indicado para simulação de ambientes urbanos
<i>Shadowing Deviation</i>	4.0 dB	Caracterização de ambiente <i>outdoor</i>
VoIP	Taxa 8Kbps	Codec G.729
	Pacote de 40 bytes	RTP + UDP + <i>payload</i>
FTP	Taxa 200 Kbps	Modelo pareto <i>default</i> de tráfego de <i>background</i>
	Pacote de 210 bytes	
	Duração da rajada e de inatividade = 500 ms	
Protocolos	AODV, OLSR e OLSR-MD	Protocolos pró-ativos e reativos

Na figura 2a são apresentados os valores de vazão média referentes às 5 ligações VoIP que compreendem 2 fluxos cada. Nota-se que não houveram grandes diferenças entre os protocolos usados pois como em [Aguiar et al, 2007] não foi aplicado nenhuma técnica de QoS para priorização do uso de largura de banda.

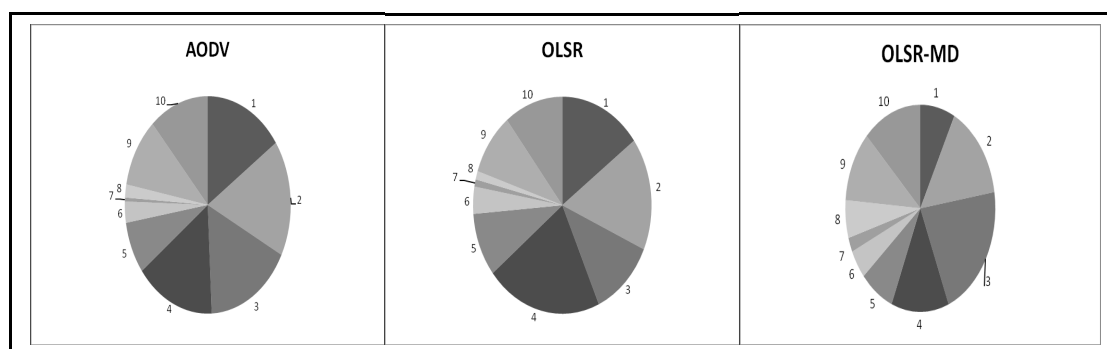
A figura 2b revela que os valores de atraso do protocolo OLSR utilizando-se da métrica de mínimo atraso (*Minimum Delay* - MD) sofrem grande melhoria comparado ao protocolo OLSR original que utiliza a métrica de menor número de saltos. Seu desempenho também é melhor quando comparado ao protocolo reativo AODV pois o OLSR-MD não apresentou valores maiores que 2 ms. No geral os valores de atraso não foram superiores às recomendações de [Walker et al, 2002] onde é estabelecido um limite de 150 ms de atraso fim-a-fim. Caso este limite seja ultrapassado começa-se a sentir perda.

Os valores de probabilidade de bloqueio (representada pela razão entre o número de pacotes descartados e o número de pacotes enviados) são apresentados na figura 2c retratando os protocolos que tiveram menor perda de pacotes. Neste quesito o protocolo AODV oferece um melhor resultado do que protocolo OLSR-MD, apesar de notar-se que quando há transmissões com maior número de saltos os protocolos se comportam de maneira semelhante. Os valores de probabilidade de bloqueio ainda são muito altos, visto que ultrapassam o limite máximo de 0,03 estabelecido por [Walker et al, 2002] e ainda estão longe de atingir o valor ideal de 0,005.



**Figura 2: a) Vazão média, b) Atraso médio e c) Probabilidade de bloqueio.**

A figura 3 ilustra como se dá a divisão da banda da rede para cada fluxo VoIP numerado de 1 até 10, comprovando que quanto menor a distância da chamada maior é a banda. Este gráfico revela que o protocolo OLSR-MD provê uma divisão de banda na rede mais igualitária.



**Figura 3: Distribuição da banda**

Conclui-se que o protocolo OLSR-MD possui melhores resultados do que o protocolo OLSR original por causa de sua técnica de escolher o menor caminho que possua menor atraso.

Quando comparado ao protocolo reativo AODV, ambos possuem desempenhos semelhantes. Uma boa característica apresentada pelo protocolo OLSR-MD é a sua boa divisão de banda entre os fluxos de chamadas.

Entretanto os valores de probabilidade de bloqueio, que consiste na razão entre o número de pacotes descartados e o número de pacotes enviados, ainda apresentaram-se muito acima do valor ideal esperado para transmissões VoIP de qualidade.

Além disso, é possível notar que apenas melhorias nos protocolos de roteamento não são soluções suficientes para o problema da transmissão de dados multimídia. É preciso haver algum tipo de classificação dos serviços, onde os pacotes prioritários poderiam receber tratamento especial.

Contando apenas com o serviço de melhor esforço, a rede ainda gera muita perda de dados e altos valores de atraso, tornando a qualidade do serviço do ponto de vista do usuário prejudicada.

## **5. Considerações finais**

O principal atrativo das redes em malha sem fio está no fornecimento de banda larga sem fio a baixo custo a comunidades carentes. Através desta tecnologia pode-se levar conectividade à áreas de difícil acesso, onde não seria viável altos investimentos em redes que necessitam de uma grande implantação de infra-estrutura.

A construção da rede *Mesh* pode representar uma boa alternativa para fornecimento de ligações VoIP em ambientes públicos à medida que novas métricas de roteamento e técnicas de QoS forem capazes de fornecer melhores desempenho dos parâmetros analisados neste estudo.

Muitos grupos de pesquisas estão atuando no desenvolvimento das redes em malha sem fio principalmente pelas características de baixo custo de instalação e alta flexibilidade da malha.

Porém vale ressaltar que ainda é necessária a definição de uma padronização quanto aos produtos *pré-mesh* que já são oferecidos por algumas empresas. E este é um fator determinante para que a tecnologia possa alcançar mercado e torne-se presente em áreas corporativas, empresariais, residenciais e governamentais.

Análises comparativas utilizando-se outros modelos de propagação desenvolvidos especificamente para áreas urbanas podem ser feitos em trabalhos futuros. Outro estudo futuro possível é a comparação entre os protocolos reativos e pró-ativos em um cenário de maior escala com maior número de nós e chamadas VoIP.

Além disso, outras aplicações devem ser estudadas, como por exemplo *videostreaming* e IPTV (*Internet Protocol Television*). Podem ser utilizadas além do QoS, medidas de qualidade do ponto de vista do usuário denominada de QoE (*Quality of Experience*).

## Referências

- Abelém, A. J. G., Albuquerque, C. V. N., Saade, D. C. M., Aguiar, E. S., Duarte, J. L., Fonseca, J. E. M., Magalhães, L. C. S. (2007) “Redes Mesh: Mobilidade, Qualidade de serviço e comunicação em grupo”, In: Livro de minicursos do SBRC 2007. 1ª ed. Belém : Editora da UFPA , v1, p. 51-107.
- Aguiar, E.; Bittencourt, P.; Moreira, W.; Abelém, A. G. (2007). “Estudo comparativo de protocolos de roteamento para redes Mesh na região Amazônica”. 2007. 6f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade do Pará, Belém.
- Akyildiz, I. F. e Wang, X. (2005) “A survey on wireless mesh networks”. IEEE Communications Magazine, vol. 43, no. 9, p. S23–S30. Setembro.
- Albuquerque de, Célio Vinícius Neves. (2006) “GT-Mesh - Proposta de Projeto Piloto” Grupo de Trabalho - Segunda Fase, Rede Nacional de Pesquisas. Setembro.
- Boulic, R. and Renault, O. (1991) “3D Hierarchies for Animation”, In: New Trends in Animation and Visualization, Edited by Nadia Magnenat-Thalmann and Daniel Thalmann, John Wiley & Sons Ltd., England.
- Broch, J., Maltz, D., Johnson, D., Hu, Y.; Jetcheva, J. (1998) “A performance comparison of multihop wireless ad hoc network routing protocols”. 4th ACM/IEEE. MobiCom'98, p. 85–97. Outubro.
- Callado, Arthur; Fernandes, Gabriel; Silva, Auristela; Barbosa, Rodrigo; Sadok, Djamel; Kelner, Judith. (2007) “Construção de redes de voz sobre IP” . Mini-curso: 25º simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos.
- Jain, R. (1991), “The art of computer systems: techniques for experimental design, measurement, simulation, and modeling”. John Wiley & Sons, New York.
- Kurose, F. James; Ross, W. Keith. (2006) “Redes de computadores e a Internet, uma abordagem top-down”. Terceira edição. Pearson Education do Brasil, São Paulo.
- Munaretto, A., Badis, H., Al Agha, K. e Pujolle, G. (2003) “QOLSR: QoS routing over OLSR protocol”. 5ème Rencontres Francophones sur les aspects Algorithmiques des Télécommunications, Banyuls-sur-mer.
- Network Simulator (2006) Home Page, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- Przybysz, A. L.; Luiz, O. J. (2007) “Infra-estrutura e Roteamento em Redes Wireless Mesh”. 10f. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2007.
- Ramanathan, R.; Redi, J. (2002) “A Brief Overview of Ad-Hoc Networks: Challenges and Directions”. IEEE Communications Magazine – 50th Anniversary Commemorative Issue, p. 20-22.
- ReMesh (2007), Projeto ReMesh, URL: <http://mesh.ic.uff.br>.
- Walker, J. Q and Hicks, J. T. (2002): “The essential Guide to VoIP Implementation and Management”, NeqIQ Corporation.