



MONTAGEM E CONFIGURAÇÃO DE UM LABORATÓRIO DE REDE MESH OUTDOOR COMO SUPORTE AO ENSINO E À PESQUISA NA ÁREA DE COMUNICAÇÃO WIRELESS

Rothschild Alencastro Antunes – rothschild.antunes@cba.ifmt.edu.br

Rafael Bezerra Scarselli- rafael.scarselli@cba.ifmt.edu.br

Ruy de Oliveira – ruy@cba.ifmt.edu.br

Valtemir Emerêncio Nascimento – valtemir.nascimento@cba.ifmt.edu.br

Ed'Wilson Tavares Ferreira – edwilson.ferreira@cba.ifmt.edu.br

IFMT/DAI/NPGA/GPRS

Rua Professora Zulmira Canavarros, 95, Centro

78005-200 – Cuiabá – Mato Grosso

Ailton Akira Shinoda – shinoda@dee.feis.unesp.br

UNESP/FEIS

Avenida Brasil, 56 – Centro

15385-000 - Ilha Solteira – SP

Resumo: *A utilização da tecnologia de redes sem fio tem ganhado espaço em diversas aplicações na área de Engenharia nos últimos anos, entre os mais recentes encontra-se o uso de rede sem fio em conjunto com as redes smartgrid. Este trabalho apresenta a concepção de uma rede sem fio em malha (mesh), montada para proporcionar uma ferramenta de aprendizado aos alunos, que faz uma associação da teoria abordada em sala de aula com a prática de redes sem fio em um ambiente de testes real.*

Apresenta-se aqui os procedimentos seguidos na montagem e as configurações de um laboratório de rede em malha sem fio padrão 802.11a. Esta visa melhorar o aprendizado de alunos na área de redes de computadores e áreas afins do IFMT (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso), bem como consolidar a pesquisa nesta área.

Especificamente este trabalho detalha os desafios inerentes que foram superados na implementação de uma rede mesh, em uma área metropolitana. Demonstrem-se formas otimizadas de se instalar e configurar antenas nessas redes. Dessa maneira, este trabalho esclarece alguns aspectos importantes na montagem e configuração, normalmente não encontrados na literatura, para esse tipo de implementação.

Testes de avaliação do desempenho da rede também foram realizados e os resultados obtidos mostraram-se importantes na complementação do conteúdo teórico ministrado em sala de aula. Enfim, trata-se de um laboratório “outdoor” em rede mesh para desenvolvimento de atividades práticas no campo que vem contribuindo com a formação de alunos da instituição de origem.

Palavras-chave: *Redes em malha sem fio, Mesh, Configuração, 802.11a, ad hoc.*

Realização:



Organização:





1. INTRODUÇÃO

Atualmente, nos cursos de graduação em Engenharia e áreas tecnológicas do país, os alunos dos últimos semestres tem dificuldade em encontrar temas para o trabalho de conclusão de curso, disciplina quase sempre obrigatória. Além dessa dificuldade, os alunos também enfrentam problemas de recursos materiais e infraestrutura para implementar um projeto prático que tenha sido escolhido.

Para auxiliar e fomentar a pesquisa no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) foi criado o Grupo de Pesquisa em Rede Sem Fio, onde estão sendo desenvolvidos vários projetos de pesquisa com o propósito de ajudar os alunos da graduação e também da pós-graduação a desenvolverem trabalhos com infraestrutura e recursos tecnológicos, um desses trabalhos é na área de rede sem fio metropolitana.

Quando se fala em redes sem fio metropolitana, é comum se pensar em uma estrutura ponto-multiponto, na qual existe um ponto de acesso e vários clientes conectados a esse ponto de acesso. Um exemplo clássico de rede ponto-multiponto refere-se ao modelo usado pelas empresas que fornecem Internet sem fio residencial. Entretanto, existe outro modelo de rede chamado *ad hoc*, ou rede sob demanda (JOHNSON et al, 2000) (HAUENSTEIN, 2002).

Diversas universidades e pesquisadores realizam projetos e estudos sobre a tecnologia de redes em malha sem fio, provendo acesso às redes universitárias para usuários que estejam próximos do campus universitários, e principalmente, auxilia e incentiva alunos a pesquisar, proporciona ferramentas pedagógicas teóricas e práticas e recursos materiais para implementação de projetos de pesquisa. Alguns desses projetos de redes *mesh* são descritos a seguir.

O projeto RoofNet do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) foi desenvolvido para prover acesso de uma rede *mesh* a usuários em Cambridge (BICKET et al, 2005). Nesse projeto foram utilizados roteadores sem fio WGT634U (Netgear). O Projeto da Universidade Federal Fluminense (UFF), a rede denominada ReMesh (ALBUQUERQUE, 2006), onde foram utilizados roteadores WRT54G (Linksys). E por fim o Projeto Tiradentes Digital de rede *mesh* realizado na cidade de Tiradentes (Minas Gerais), que utilizou equipamentos e software Cisco (TECNOLOGIA CISCO PROMOVE INCLUSÃO DIGITAL NA HISTÓRICA CIDADE DE TIRADENTES MG, 2011).

Uma das grandes dificuldades encontradas na implementação de uma rede *mesh* em área metropolitana é a instalação dos rádios, que são normalmente colocados no topo de prédios ou casas. Devido à diferença de alturas entre os prédios, podem ocorrer problemas significativos na qualidade de sinal entre os rádios provocando falhas de comunicação.

Este artigo se propõe a delinear o processo de construção e configuração de uma rede *mesh* em área metropolitana, utiliza equipamentos de baixo custo e software livre, auxiliando na aplicação de conceitos teóricos com a finalidade de melhorar o ensino e aprendizado dos alunos.

Para isso, são mostrados detalhes importantes na construção dessas redes, como o tipo de hardware (rádios e antenas) a ser usado em uma área metropolitana e o tipo de antena adotado para cada ambiente, pois existe grande diferença de altura entre os prédios onde os rádios ficam instalados. Informações que são imprescindíveis para o bom desempenho de rede *mesh*, normalmente omitidas na literatura e não observadas em estudo de caso realizado através de simuladores.

Os trabalhos que utilizam simuladores necessitam cada vez mais de confirmação experimental em razão da possibilidade destes não abranger fielmente todas as variáveis possíveis em cenário real. Sendo assim, este trabalho tem o objetivo de auxiliar os alunos e



pesquisadores na montagem de rede *mesh* em áreas metropolitanas, e na obtenção de resultados em rede real.

Este projeto detalha os procedimentos que devem ser seguidos a fim de se evitar problemas básicos na implementação real de rede *mesh* em área metropolitana e completa os trabalhos descritos nesta seção, fornecendo informações de montagem, instalação e configuração da rede e seus principais problemas. A rede metropolitana estudada nesse artigo foi denominada de rede “*Stormesh*”.

Deve-se atentar para a escolha de equipamentos, softwares e frequências a serem utilizados nesse tipo de rede. Neste projeto, foi adotado equipamento radiotransmissor com tecnologia *outdoor*, não sendo necessária a utilização de caixas herméticas como ocorreu na maioria dos trabalhos citados nesta seção. Outro diferencial deste trabalho é a adoção do padrão 802.11a (IEEE Standards, 1999), utilizando a frequência de espectro de 5.8GHz, diferentemente dos trabalhos anteriores, que adotaram a faixa de 2.4GHz. A idéia foi utilizar a maior banda passante deste padrão (54 Mbps) e evitar o espectro saturado de 2.4 Ghz.

Com a finalidade de aplicar o conhecimento adquirido em sala de aula, o laboratório vem para melhorar o processo de ensino-aprendizagem e incentivar a atividade de pesquisa. Alguns alunos do curso de graduação tecnológica de redes de computadores participaram da implantação desse laboratório e aplicaram o material desenvolvido na pesquisa como ferramenta de apoio didático.

O laboratório de redes criou interesse dos alunos que continuam no grupo como pesquisadores da especialização de redes de computadores do IFMT e em outros programas no país que trabalham com pesquisas na área de rede *mesh*.

Dessa forma, faz se necessário apresentar as características da topologia, a configuração de equipamentos e alguns resultados na avaliação de desempenho da rede Stormesh obtidos com a implantação dessa rede.

2. TOPOLOGIA E CONFIGURAÇÃO DA REDE STORMESH.

Antes de entrar no cenário de instalação é necessário conhecer e entender os padrões de rede sem fio.

Os padrões 802.11 referem-se às redes locais sem fio (wireless local área network – WLAN) e são divididas em 802.11a, 802.11b, 802.11g e 802.11n (IEEE 802.11), esses padrões são os mais populares em todo o mundo. Certamente a diminuição significativa nos preços dos equipamentos tenha contribuído para esta proliferação. Suas aplicações são inúmeras, podem ser usadas para uso empresarial, doméstico, educacional ou governamental.

Independente do crescimento futuro de equipamentos sem fio para internet, fica claro que as redes sem fio e os serviços móveis relacionados que elas possibilitam vieram de forma definitiva (KUROSE & ROSS, 2010).

Existe uma tendência mundial em utilizar padrão 802.11 para oferecer acessos à internet e serviços de forma gratuita em ambientes públicos. Esse padrão é definido na IEEE por dois modos de operação, o modo infra-estrutura e o modo *ad hoc*.

Nas redes *ad hoc*, ou rede sob demanda, cada nó funciona como dispositivo final (*host*), trocando mensagens com outros nós na rede, e também como roteador, encaminhando o tráfego de nós que estejam próximos.

Em sua concepção inicial, as redes *ad hoc* foram criadas com a finalidade de atender uma necessidade momentânea de compartilhamento de recursos, por isso essas redes geralmente têm um escopo de poucos usuários conectados. Como cada usuário se conecta diretamente nos demais nós, sem a necessidade de um ponto central, para que a comunicação aconteça



com sucesso entre vários usuários, se faz necessário o uso de protocolos de roteamento (CLAUSEN & JACQUET, 2003).

Recentemente, as redes *ad hoc* têm se tornado objeto de estudo por muitos pesquisadores em razão do grande interesse pelas redes *mesh*, (SAADE et al, 2007) e (CISCO WIRELESS MESH NETWORKING SOLUTION OVERVIEW, 2011). Trata-se de um tipo de rede *ad hoc* em que se têm alguns nós fixos, cada um cobrindo uma área adjacente até seu vizinho, resultando numa grande área de cobertura para a rede. A topologia de uma rede *mesh* sem fio é parecida com a de um tecido, por isso o nome de rede em malha (PASSOS et al, 2006).

As principais vantagens das redes em malha são o baixo custo, a alta tolerância a falhas e a independência de cada nó em relação aos demais (SAADE et al, 2007).

O baixo custo se deve ao fato de que os equipamentos radiotransmissores utilizados nessas redes custam o equivalente a um modem usado no acesso à Internet através de uma operadora de acesso convencional.

Nas redes em malha cada nó funciona também como roteador e se comunicam de forma cooperativa encaminhando a mensagem através de múltiplos saltos até chegar ao destino. Isso faz que ela seja altamente tolerante a falhas, pois caso uma rota deixe de existir pela ausência de um nó da rede, automaticamente o protocolo (CLAUSEN & JACQUET, 2003) recalcula uma nova rota através de outro caminho.

Esse tipo de rede está sendo muito estudada atualmente, porém não se encontra na literatura material que demonstre os principais pontos importantes na sua montagem e implementação para melhor compreensão de alunos e pesquisadores na estruturação desta rede em malha.

Dessa forma são apresentados a seguir os procedimentos de instalação e configuração da rede em malha de área metropolitana, onde serão mostrados o cenário da instalação, os hardwares e softwares utilizados, bem como alguns resultados preliminares da instalação inicial.

2.1 Cenário para instalação

A topologia da rede montada é mostrada na Figura 1. Nessa figura pode-se ver a localização dos pontos instalados na cidade de Cuiabá, Mato Grosso, no campus central do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) e em alguns prédios próximos.

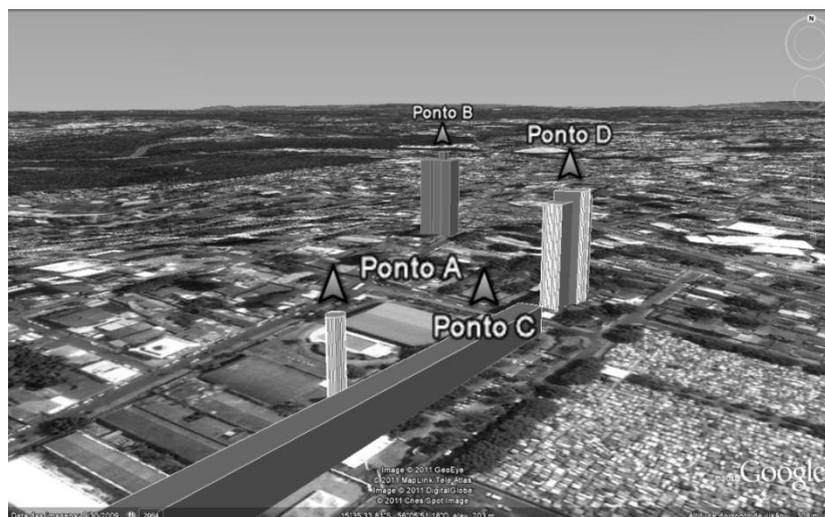


Figura 1. Localização dos pontos A, B, C e D da rede Stormesh



Dentro deste cenário, foi criada uma rede em malha com vários nós espalhados pela região próxima ao campus do IFMT, que opera em modo *ad hoc* com protocolo de roteamento OLSR (CLAUSEN & JACQUET, 2003). Esse protocolo foi escolhido por ser um dos mais utilizados nas áreas de pesquisa nos últimos anos (TSARMPOPOULOS et al, 2005) e (ALBUQUERQUE, 2006), e por isso consolidou-se como um protocolo já bem estável.

O protocolo OLSR (Optimized Link State Routing) é um protocolo de roteamento pró-ativo que estabelece suas rotas através de parâmetros baseados no estado do link entre os nós.

2.2 Hardware Radio e Antena 5.8 Ghz

O rádio escolhido para ser instalado é o Nanostation 5 (UBIQUITI NETWORKS, 2011). Possui cápsula protetora própria para ambiente externo à prova d água, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2. Nanostation e Antena 8dB

Existe uma saída para antena externa e uma saída para cabo de rede UTP, que também serve de alimentação através de módulo PoE (Power Over Ethernet) que vem incluso no rádio juntamente com a fonte de energia. A configuração de hardware do equipamento é de 4MB de memória flash e 16MB de memória RAM, com CPU Atheros de 180MHZ.

A antena escolhida foi da fabricante Hyperlink. Esta é omnidirecional de 8dbi de ganho com ângulo vertical de propagação de 16°, ângulo horizontal de propagação de 360°, impedância de 50 Ohm e potência máxima de saída 100 watts por ser facilmente encontrada no mercado nacional.

Esse tipo de antena omnidirecional escolhida tem a característica de possuir a melhor abertura de propagação horizontal de 16°. Na avaliação de resultados será possível observar que o ângulo de abertura da antena em área metropolitana é muito importante, onde existem prédios de diferentes tamanhos, informação que é pouco destacada na literatura e em estudos teóricos sobre rede em malha, assim também como a preocupação com a escolha do tipo de



antena a ser usada. Outro ponto importante que se tem poucos fornecedores de antenas 5 GHz homologado pela Anatel.

2.3 Sistema Operacional e suas Configurações

Para que os rádios funcionassem com o protocolo OLSR, foi necessária a troca do sistema operacional dos equipamentos, pois o firmware padrão (UBIQUITI NETWORKS, 2011) não suporta este protocolo nem sua instalação. Entre os vários sistemas existentes, optou-se pelo OpenWRT (OPENWRT PROJECT, 2011), por este suportar o protocolo OLSR (CLAUSEN & JACQUET, 2003), e oferecer uma interface intuitiva de fácil configuração.

O OpenWRT corresponde a uma distribuição Linux adaptada para dispositivos embarcados sem fio, e tem uma comunidade que provê suporte ao firmware. Após instalação do OpenWRT no rádio, devem-se configurar os parâmetros relativos ao modo de operação e à interface da rede.

Em seguida, é possível avaliar em alguns resultados importantes para bom funcionamento da rede e funcionabilidade dessa rede em produção, para isso foram avaliados alguns cenários.

3. AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE SINAL E BANDA PASSANTE DA REDE.

Diversos cenários foram avaliados para verificação de funcionamento da rede, objeto deste estudo, relativos à utilização das antenas:

- I. Utilização somente de antenas omnidirecional;
- II. Ponto A com antena omnidirecional e os outros pontos utilizando modo adaptativo;
- III. Todos os rádios em modo adaptativo.

Em todos os cenários foram medidos o nível de sinal entre cada nó da rede e o gateway (Ponto A).

As antenas omnidirecionais possuem ângulo vertical que limita o plano de propagação do sinal, 6° para a antena de 12dbi e 16° para as antenas de 8dbi.

Esse efeito não é percebido quando os nós estão no mesmo plano horizontal, ou com pouca variação de altura entre eles, porém na rede Stormesh foi percebida perda significativa do sinal, e acredita-se que tenha ocorrido justamente em função desta variação de altura em que os nós estão instalados.

Por fim, foi medido a largura de banda entre os nós da rede até o Ponto A.

A medição foi realizada através do software iPerf e pela interface do sistema operacional OpenWRT que faz as verificações de polarização e desempenho dos tipos de antenas utilizada. Estes resultados são discutidos na seção a seguir.

4.1 Resultados obtidos

Nos cenários avaliados, apresentados na seção anterior, foram realizadas medições para avaliar o ganho de sinal na rede Stormesh, em relação ao Ponto A. A Figura 3 mostra um comparativo das três opções de configuração.

Pode se verificar na Figura 3, através da comparação entre os três cenários avaliada, que o melhor resultado obtido foi com a utilização do modo adaptativo, com o uso de ambas as antenas: direcional e omnidirecional.

Com o modo adaptativo, o software do equipamento realiza medições utilizando as duas antenas, e escolhe a antena que apresentar melhor ganho para realização da transferência dos dados, com isso, torna-se fácil perceber que esta opção apresentou os melhores ganhos de sinal.

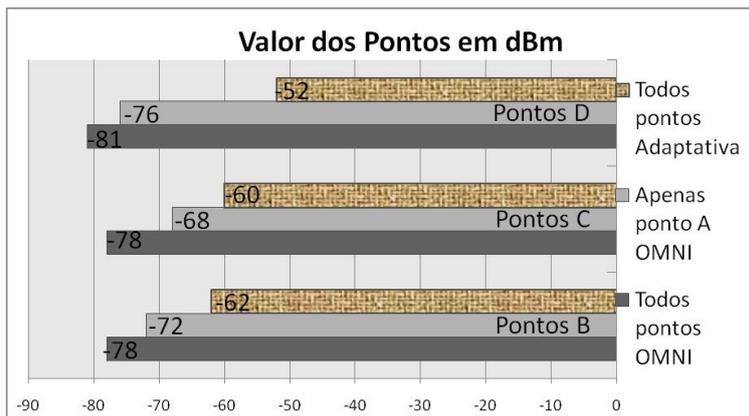


Figura 3. Nível de sinal em relação ao ponto A de acordo com as configurações de antenas utilizadas

Foi medida também a largura de banda passante disponível nos enlaces de rádio para os usuários. Isso ocorreu nos três cenários de mudanças das antenas e os resultados das medições são apresentados na Figura 4.

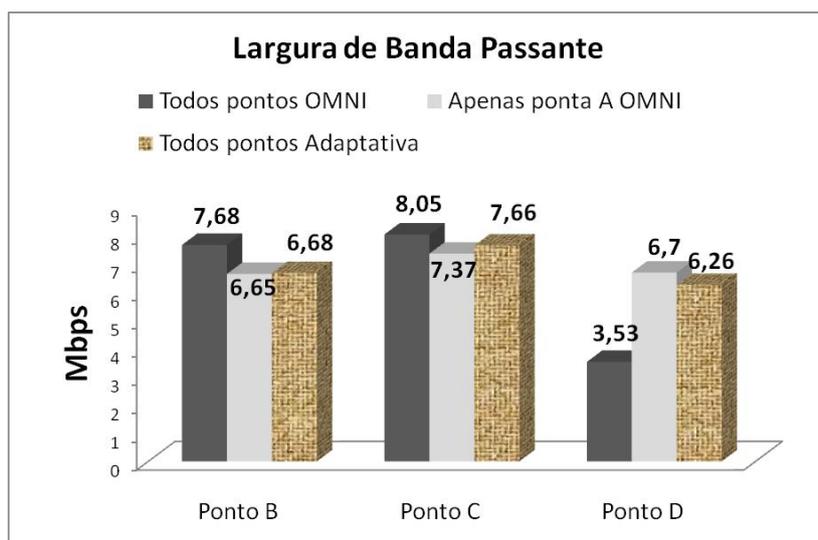


Figura 4. Medições comparando as três configurações de antenas quanto à largura de banda passante em relação ao ponto A.

As medições foram realizadas através do software iPerf, instalado em todos os nós da rede. O Ponto A foi configurado como servidor e os demais nós da rede, como clientes. Esta medição ocorreu em testes realizados durante 1800 segundos, em diferentes períodos do dia. Os resultados apresentados são oriundos da média aritmética destas medições. É importante ressaltar que ocorreu pouca variação destes valores no decorrer do período observado.

É possível observar na Figura 4, que a variação da largura de banda, disponível para os usuários, não foi significativa, mesmo ocorrendo grande variação do ganho do sinal, como apresentado na Figura 3. Esse fato demonstra que os equipamentos tem se comportado de maneira estável, quando existe a qualidade nos enlaces disponibilizados para os usuários, mesmo com sinais próximos a -74dbm, que é a sensibilidade mínima para o funcionamento com taxa de 54mbps (UBIQUITI NETWORKS, 2011). Acredita-se que tenha ocorrido este



fato em função do sinal ter alcançado o ganho mínimo para funcionamento dos equipamentos, não alterando a largura de banda disponível.

Quanto ao ponto D, o resultado obtido de 3,53Mbps de largura de banda, é provável que tenha ocorrido esta redução em função do número de saltos na rede, entre este ponto e o gateway (Ponto A).

4. CONCLUSÕES

O projeto de laboratório experimental em parceria com um grupo de pesquisa mostrou resultados significativos na formação de alunos do IFMT. O grupo de pesquisa proporcionou os recursos materiais na elaboração de trabalhos científicos de implementações práticas desses alunos.

Os alunos que participaram do laboratório de rede em malha sem fio desenvolveram maior interesse no curso e tiveram um melhor desempenho nas avaliações nos últimos semestres (período de estudo no laboratório). Além disso, esses alunos tiveram facilidade em encontrar temas para elaboração de trabalho de conclusão de curso pelo fato de constantemente participar de discussões a respeito do assunto no grupo de pesquisa.

Posteriormente, os estudantes desenvolveram trabalhos de iniciação científica e publicaram em eventos científicos regionais. Dentre esses alunos, vários deram continuidade à pesquisa em programas de pós graduação *latu sensu* e *strictu sensu* na própria instituição e em outros lugares do país.

O projeto Stormesh de implementação de laboratório prático de redes sem fio conseguiu demonstrar a viabilidade de instalação e configuração de uma rede em malha utilizando o padrão 802.11a, como uma rede de backbone metropolitana. Diferentemente dos trabalhos existentes que utilizaram o padrão 802.11 b com a frequência 2.4 GHz e com largura de banda de até 11 Mbps, os alunos identificaram que no cenário proposto seria mais interessante a utilização de uma frequência de 5 GHz, mais estável e menos poluída, com uma largura de banda de até 54 Mbps.

Outro diferencial deste trabalho em relação a experiências de outras universidades foi a utilização de rádio *outdoor*, que possui cápsula protetora própria para ambiente externo e não precisa ser montado em caixas herméticas. É importante salientar que muitos trabalhos existentes utilizam rádios *indoor*, montados dentro de caixas herméticas, que são fabricados para serem utilizados em ambientes de escritórios com ventilação e refrigeração.

Foi demonstrado na prática um resultado importante que é a necessidade de preocupação com o tipo de antena externa a ser usada em uma área metropolitana, devido a grande diferença de altura entre os prédios onde os rádios ficam instalados. Essa informação normalmente não é mencionada em trabalhos similares. Foi possível observar um bom desempenho na qualidade de sinal na rede Stormesh com uso de antena adaptativa devido ao ângulo de polarização vertical de 18°.

Há também a necessidade de se relatar a viabilidade técnica do projeto que utilizou software livre e equipamentos de baixo custo, sendo possível sua implantação em diversas instituições de ensino do país.

Ficou evidente que o laboratório de redes prático oferece um ganho favorável no ensino da disciplina de rede sem fio bem como no incentivo a pesquisa através da experimentação prática da teoria aplicada em sala de aula.

Foi reconhecido que as parcerias de projetos de pesquisa e laboratórios práticos estimulam o aprendizado de alunos em cursos da área de tecnologia, desenvolvendo uma necessidade do estudante de colocar em prática o conhecimento teórico e desenvolver



soluções através de trabalhos científicos, ambas estimuladas pela experimentação real da teoria abordada no ambiente acadêmico.

Esse laboratório *outdoor* está disponível para ser compartilhado com outras instituições de ensino e pesquisa da região.

AGRADECIMENTO

À FAPEMAT (Fundação de Apoio de Pesquisa do Estado de Mato Grosso). Os autores agradecem a professora Rosana Maria da Silva Santos pelas contribuições.

REFERÊNCIAS

802.11a. IEEE Standards, 1999.

ALBUQUERQUE, C. V. N. Rede *Mesh* de Acesso Universitário Faixa Larga Sem Fio. RNP, Brasil, 2006.

BICKET, J.; AGUAYO, D.; BISWAS, S.; MORRIS, R. Architecture and Evaluation of an Unplanned 802.11b *Mesh* Network, The Eleventh Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, Cologne, Germany, 2005.

Cisco Wireless Mesh Networking Solution Overview. Disponível em: <http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5679/ps6548/prod_brochure0900aecd8036884a.html> Acesso em: Abril 2011.

CLAUSEN, T.; JACQUET, P. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR). IETF RFC 3626, 2003.

HAUENSTEIN, Carlos Dionísio. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Instituto de Informática. Wireless LAN a Grande Questão: 802.11a ou 802.11b?, 2002. 90p, Dissertação (Mestrado) .

JOHNSON, D.; MALTZ, D.; BROCH, J.; DSR: the dynamic source routing protocol for multihop wireless *ad hoc* networks, *Ad Hoc Networking*, Addison-Wesley Longman Publishing Co, p. 139-172, 2000.

KUROSE, Jim; ROSS, Keith. Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down. 5 ed. São Paulo: Pearson, 2010. 640p.

OpenWRT Project. Disponível em: <<http://openwrt.org>> Acesso em: abril 2011.

PASSOS, D.; TEIXEIRA, D. V.; SAADE, D. C. M.; MAGALHÃES, L. C. S. Mesh Network Performance Measurements. **5th International Information and Telecommunications Technologies Symposium.** Cuiabá: MT, 2006.

SAADE, D. C.; ALBUQUERQUE, C. V. N.; MAGALHÃES, L. C. S.; PASSOS, D.; DUARTE, J.; VALLE, R. Redes em Malha: Solução de Baixo Custo para Popularização do Acesso à Internet no Brasil. XXV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações. Recife: PE, 2007.

Tecnologia Cisco Promove Inclusão Digital na histórica cidade de Tiradentes MG, Disponível em:

<<http://www.cisco.com/web/BR/microsites/ps/portugues/downloads/CaseTiradentes.pdf>>

Acesso em: Abril 2011.

TSARMPOPOULOS N.; KALAVROS, I.; LALIS, S.; A low-cost and simple-to-deploy peer-to-peer wireless network based on open source linux routers. Proceedings of the First International Conference on Testbeds and Research Infrastructures for the Development of NeTworks and COMmunities, Itália, 2005.



Ubiquiti Networks. AirOS V User's Guide. Disponível em: <http://ubnt.com/wiki/AirOS_5>
Acesso em: Abril de 2011.

Realização:



Organização:



**O ENGENHEIRO
PROFESSOR E O
DESAFIO DE EDUCAR**