



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GTL 24  
14 a 17 Outubro de 2007  
Rio de Janeiro - RJ

## **GRUPO XVI**

### **GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÕES PARA SISTEMAS ELÉTRICOS – GTL**

#### **USO DE REDES SEM FIO PARA LEITURA REMOTA DE MEDIDORES**

**Giordano Bruno Wolaniuk\*      Angelo Bannack**

**LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento**

## **RESUMO**

Este trabalho descreve as diversas topologias para utilização de redes sem fio, avaliando seu uso para leitura automática de medidores de energia elétrica. Propõe ainda uma abordagem de agregação de serviços à rede de comunicação criada, viabilizando-a economicamente.

Além disso, objetiva demonstrar um protótipo desenvolvido utilizando um medidor eletrônico com porta ótica ABNT 14522, um conversor para ethernet e um roteador WiFi 802.11. O roteador WiFi foi modificado para permitir a sua utilização em redes do tipo *mesh ad-hoc*, e um conversor de padrão ABNT 14522 para TCP/IP foi implementado para permitir a leitura dos dados do medidor de energia.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Redes sem Fio, Medidores de Energia Elétrica, Leitura Automática, WiFi, Ad-Hoc

## **1.0 - INTRODUÇÃO**

Em poucos anos as redes sem fio ocuparam um nicho significativo do mercado de redes locais. Hoje a maioria das organizações encontra nas redes sem fio um adjunto às redes tradicionais, para satisfazer requisitos de mobilidade, realocação e instalação onde pode ser difícil a inserção de cabeamento.

O sucesso das redes sem fio é dado ao desenvolvimento de um padrão pelo grupo de trabalho IEEE 802.11 [14]. O padrão adotado especifica o meio físico e as camadas mais baixas do protocolo (camadas 1 e 2 do modelo OSI [15]), de modo que as aplicações das camadas mais altas não sejam afetadas.

As redes sem fio são normalmente classificadas em duas categorias. A primeira abrange as redes com infraestrutura, nas quais toda a comunicação é realizada através de um ponto de acesso, como é o caso das redes celulares de telefonia. A segunda categoria engloba as redes sem infraestrutura, também denominadas redes ad hoc, nas quais as estações se comunicam diretamente umas com as outras, não existindo o ponto de acesso. Nas redes ad hoc de comunicação direta os nós podem se comunicar, única e exclusivamente, com os nós que estão dentro do seu raio de cobertura. Por sua vez, nas redes ad hoc de múltiplos saltos (*hops*), as estações da rede também se comportam como roteadores, permitindo a comunicação entre os nós cuja distância ultrapassa o raio de cobertura, mas em consequência, são bem mais complexas [3].

As redes ad hoc apresentam diversas vantagens como, por exemplo, a grande flexibilidade, pois podem ser formadas rapidamente mesmo em lugares ermos, o baixo custo de instalação e robustez, pois podem resistir a

(\*) Centro Politécnico da UFPR - LACTEC – Caixa Posta 19067 Curitiba, PR – Brasil  
Tel: (+55 41) 3361-6102 – Fax: (+55 41) 3361-6007 – Email: giordano@lactec.org.br

catástrofes da natureza e a situações de destruição por motivo de guerra. Desta maneira, as principais aplicações para redes ad hoc são em ambientes onde não há qualquer tipo de infra-estrutura de comunicação, ou esta seja economicamente inviável, ou ainda, caso a infra-estrutura existente não seja confiável, como é o caso de operações militares em território inimigo [3].

Todas estas vantagens fizeram com que equipamentos para se montar redes sem fio se tornassem muito atraentes ao consumidor final. A fabricação em massa destes equipamentos fez com que seus preços caíssem muito, e em muitos casos, sendo menor do que a instalação de cabos.

Os primeiros trabalhos sobre redes sem fio WiFi 802.11 mostravam que não havia qualidade suficiente para a transmissão de voz ou dados em redes do tipo ad hoc. Porém, nos últimos anos os estudos mostram que os equipamentos já conseguem fornecer serviços com qualidade suficiente para o uso em larga escala para transmissão de dados e voz. A tecnologia está madura e confiável. Jetcheva et al [6], analisa um caso de uma grande rede sem fio na modalidade ad hoc com cerca de 850 nós em uma área de 5 km<sup>2</sup>, com resultados muito satisfatórios. Em [7], Barrow et al analisa o uso de uma rede Wi-Fi ad hoc no centro urbano de Dublin, enfatizando todos os tipos de interferências que o ambiente urbano poderia trazer a uma rede deste tipo, como a existência de outras redes ou interferências como as de motores, por exemplo. Em ambos os estudos chega-se a conclusão de que quanto maior o número de nós, melhor e mais confiável é a rede.

Uma rede já implantada pode ser usada para diversas finalidades. A leitura remota de medidores poderia ser uma delas [8 e 9]. Mas esta mesma rede poderia fornecer serviços de Internet e transmissão de voz. Amodoi Jr aborda em [1] a aplicação de redes ad hoc em um sistema de TV Digital, e sugere que cada televisor seja um nó da rede. Este nó seria utilizado como um canal de retorno, ou interatividade. Em [3] é analisada a comunicação de voz em uma rede ad hoc, concluindo sua viabilidade e mostrando que a perda de pacotes IP é muito mais sensível em redes com poucos nós.

O que se propõe com este trabalho é o desenvolvimento de medidores de energia elétrica com capacidade de formar uma grande rede sem fio para que qualquer tipo de informação seja trafegada nesta rede.

Esta abordagem se mostra extremamente viável para implementação em regiões remotas, e mesmo em grandes cidades, especialmente quando se agregam serviços à rede, sendo o mais interessante deles a disponibilização de acesso à internet e tráfego de voz para os consumidores, permitindo à concessionária tornar-se fornecedora de serviços de dados e voz, além da energia elétrica.

## 2.0 - REDES SEM FIO E TOPOLOGIAS

A tecnologia WiFi se tornou um padrão mundial em redes de computadores sem fio, tanto domésticas quanto comerciais. Seu uso em larga escala, tem tornado o custo dos equipamentos necessários para sua utilização cada vez mais baixos, tornando-a extremamente atrativa, mesmo para países com poucos recursos financeiros como o nosso.

Wi-Fi, marca registrada pertencente à *Wireless Ethernet Compatibility Alliance* (WECA), abreviatura para "*wireless fidelity*", é uma tecnologia de interconexão entre dispositivos sem fio, usando o protocolo IEEE 802.11. O padrão Wi-Fi opera em faixas de frequências que não necessitam de licença para instalação e/ou operação. Este fato as torna atrativas. No entanto, para uso comercial no Brasil é necessária licença da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel).

Para se ter acesso à Internet através de uma rede Wi-Fi, deve-se estar no raio de ação de um ponto de acesso (normalmente conhecido por *hotspot*) ou local público onde opere uma rede sem fios e usar um dispositivo móvel, como um computador portátil, um Pocket PC ou um assistente pessoal digital com capacidades de comunicação Wireless.

Um *Hotspot* Wi-Fi é criado para estabelecer um ponto de acesso para uma conexão de Internet. O ponto de acesso transmite um sinal sem fio numa pequena distância – cerca de 400 metros. Quando um periférico que suporta Wi-Fi, como um Pocket PC, encontrar um *hotspot*, o periférico pode conectar na rede sem fio imediatamente. Muitos hotspots estão localizados em lugares que são confortavelmente acessíveis ao público, como aeroportos, cafés, hotéis e livrarias. Muitas casas e escritórios também possuem redes Wi-Fi. Enquanto alguns hotspots são gratuitos, a maioria das redes públicas é suportada por Provedores de Serviços de Internet (*Internet Service Provider* - ISPs) que cobram uma taxa dos usuários para conectar na Internet.

Praticamente todos os computadores portáteis vêm de fábrica com dispositivos Wireless 802.11b ou 802.11g. O que antes era acessório está se tornando item obrigatório, devido ao fato da redução do custo de fabricação e das vantagens de sua utilização.

Várias topologias podem ser utilizadas para se construir redes sem fio. A maior parte das configurações necessita de algum tipo de infra-estrutura, enquanto que em redes ad hoc, uma infra-estrutura é desnecessária, bastando somente os nós da rede. Em seguida descrevem-se as configurações básicas para redes sem fio.

### 2.1 Ponto-a-ponto

Redes ponto-a-ponto tem como característica a disposição em série dos equipamentos, assim, os dados passam por todas as estações que estiverem conectadas, mas apenas a receptora poderá reconhecê-los. São redes montadas para compartilhar dispositivos ou dados e não serviços. Também designadas por *store-and-forward*. Neste tipo de redes estabelece-se um caminho entre dois nós, podendo utilizar nós intermediários, os quais ignoram a mensagem, apenas repassando-a ao nó seguinte. Uma grande desvantagem deste sistema é que se um nó para de funcionar, toda a rede é prejudicada, o que impossibilita seu emprego em leituras remotas de medidores. A figura 1 abaixo ilustra esta topologia.

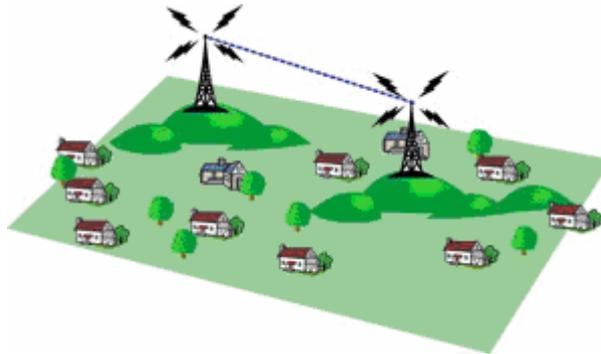


FIGURA 1 – Rede ponto-a-ponto

### 2.2 Multiponto ou estrela

A multiponto ou estrela é caracterizada por um determinado número de nós, conectados em uma estação controladora especializada em comunicações. Como a estação tem a responsabilidade de controlar os enlaces, esta deve possuir elevado grau de inteligência, uma vez que todo o controle de fluxo de mensagens através da rede deve ser por ela efetuado. Este tipo de rede é utilizado em comunicações do tipo celular. A figura 2 abaixo ilustra a comunicação multiponto.

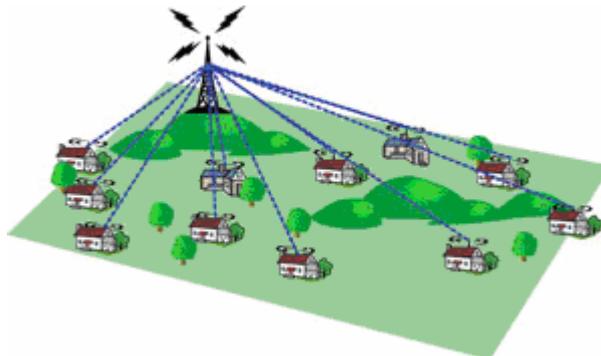


FIGURA 2 – Rede multiponto ou estrela

As controladoras mais evoluídas operam de forma a tornar a rede o menos vulnerável possível - em geral estas possuem duplicidade dos componentes mais críticos, pois sua interrupção pode causar a paralisação de toda a rede. Já as paralisações em nós adjacentes às controladoras poderão ser facilmente identificadas, e inclusive procedimentos de recuperação podem ser ativados automaticamente. Sua maior vantagem é que ela permite uma solução simples e econômica.

Numa rede sem fios com esta tecnologia, a estação controladora deve enviar sinais com potência o suficiente para alcançar todos os nós. Da mesma forma, os sinais dos nós devem possuir a mesma potência. A utilização deste

tipo de rede para a leitura de medidores implica na dificuldade de configuração do sistema e uso de canais privados de comunicação para a transmissão dos dados até a concessionária.

### 2.3 Mesh ad-hoc

Rede mesh ad-hoc, ou simplesmente ad-hoc, é uma outra forma de transmissão de dados e voz além das redes a cabo ou sem fio, ou seja, uma rede mesh é formada por vários nós, todos com função de roteadores e cada nó está conectado a um ou mais nós. Desta maneira é possível transmitir mensagens de um nó a outro por diferentes caminhos. Cada nó tem suas próprias conexões com todos os outros demais nós da rede. Redes do tipo mesh possuem a vantagem de serem redes de baixo custo, de fácil implantação e bastantes tolerantes a falhas. Um uso típico para estas redes, é o fornecimento de acesso à internet, através da utilização de roteadores sem fio instalados no topo de edifícios, comunicando-se entre si através de múltiplos saltos de forma a encaminhar mensagens aos seus destinos. Usuários nos edifícios podem se conectar à rede mesh de forma cabeada, tipicamente via Ethernet, ou de forma sem fio através de redes 802.11, formando um rede mista, com os roteadores sem fio formando a rede ad-hoc e as conexões até o roteador formando redes multiponto. A figura 3 ilustra as conexões de uma rede mesh ad-hoc.

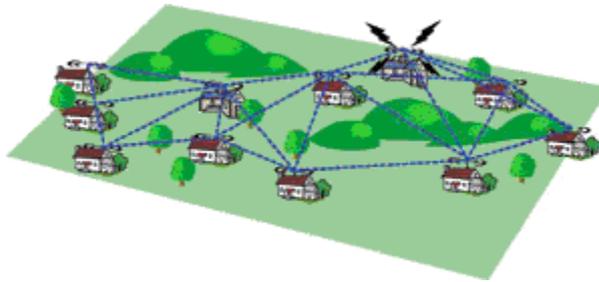


FIGURA 3 – Rede mesh ad hoc

## 3.0 - APLICAÇÃO DE REDES SEM FIO NA LEITURA REMOTA DE MEDIDORES

Há cerca de 15 anos iniciavam-se os primeiros trabalhos para a leitura remota de medidores de energia. Nestes sistemas os medidores eram dotados de um transmissor de rádio e veículos com leitores embarcados eram usados para a leitura remota dos medidores. As leituras eram feitas com maior agilidade.

Em uma segunda etapa, foram instaladas redes fixas por onde os dados dos medidores eram levados até a concessionária de energia. Um dos benefícios deste tipo de leitura foi a possibilidade de se armazenar dados de leituras feitas a cada instante de tempo, criando um histórico de consumo de cada consumidor. Porém o custo destas redes era alto, pois eram despadronizadas e utilizavam linhas de comunicação das operadoras de telefonia.

A possibilidade de indicação de queda, corte e religamento online, detecção de fraudes e verificação de perdas na transmissão são alguns dos benefícios trazidos pelo sistema de leitura remota. Outra possibilidade interessante é o pré-pagamento de energia nos mesmos moldes da telefonia celular.

### 3.1 Realidade Brasileira

No Brasil, redes sem fio são uma tendência ainda em fase de testes. Os problemas de uma rede sem fio em larga escala são a segurança física dos nós, a dificuldade e os custos de uma transposição do sistema atual para um sistema com medidores eletrônicos providos de interfaces de comunicação sem fio.

A popularização do sistema e a instalação dos equipamentos dentro dos muros das residências evitarão os problemas de segurança física. A troca do sistema atual de medidores por um novo sistema deverá ser analisada como um investimento em novos serviços por parte da concessionária.

### 3.2 Escolha da Topologia a ser utilizada

Para se escolher uma topologia, deve-se considerar características geográficas, morfológicas, de densidade demográfica e requisitos de segurança. A topologia mais interessante para esta aplicação é a ad-hoc, que traz mais qualidade e segurança a rede, pois cada nó é um caminho alternativo para a propagação das informações. Em locais onde a densidade demográfica é pequena pode ser necessário a instalação de nós intermediários, para evitar que partes da rede fiquem isoladas.

### 3.3 Segurança

Rede wireless são menos seguras do que redes físicas, pois a informação se propaga por um meio livre e pode ser copiada por dispositivos receptores ou prejudicada por estações que entram na rede sem permissão. Há diversos protocolos de segurança que podem ser adotados em redes sem fio com o propósito de tornar as redes sem fio tão seguras quanto em uma LAN fisicamente conectada. O WPA (*Wi-Fi Protected Access*) é o mais usado deles.

O rápido crescimento das redes ad hoc móveis nos últimos anos, provendo soluções satisfatórias para os problemas técnicos a que se propunham, leva a crer num futuro promissor para essa tecnologia. Em Fernandes et al [5] há uma análise completa dos riscos e uma série de técnicas de segurança em redes ad hoc.

## 4.0 - PROVA DE CONCEITO - PROTÓTIPO

Para testar a solução de leitura remota de medidores de energia elétrica utilizando redes ad-hoc, foi realizado um experimento utilizando-se os equipamentos listados e descritos abaixo.

### 4.1 Linksys WRT54G

Trata-se de um roteador capaz de gerenciar conexões de Internet de vários computadores a ele ligados via 802.3 (Ethernet) ou 802.11 b/g. Este dispositivo é famoso por ter sido o primeiro dispositivo de rede a ter disponibilizado o código fonte de seu firmware sob a licença GNU GPL. Isto permite que os programadores possam modificar este código, inserindo qualquer funcionalidade ao dispositivo. Vários projetos estão disponibilizados na Internet.

A versão original do WRT54G foi desenvolvido em 2003 e possui 4+1 portas Ethernet e duas antenas para 2.4GHz. Esta versão possui 4MB de memória FLASH, 16 MB de memória RAM e funciona com um processador de 125 Mhz.

### 4.2 OpenWRT

Redes ad-hoc permitem que os dispositivos se comuniquem entre si. Isto quer dizer que os nós da rede atuam como roteadores e podem enviar informações diretamente ou através de outros nós. Para que isto seja possível, é necessária a implementação de um protocolo de roteamento que permita estabelecer um caminho entre os nós da rede com um número mínimo de saltos e se adaptar a eventuais mudanças na topologia da rede. Um destes protocolos é o OLSR (*Optimized Link State Routing*), aceito como proposta na RFC 3626 [16].

O OpenWRT é um projeto iniciado em 2004 com o intuito de se inserir em um roteador de baixo custo as mesmas funcionalidades do melhor roteador do mercado. Este código é baseado em linux e suportado por diversas plataformas. A instalação do OpenWRT em um roteador o transforma em um pequeno computador com sistema operacional linux.

Enquanto que a maioria dos projetos para modificações de firmware do WRT54G trabalham com pequenas modificações no código do fabricante, para a inserção de algumas funcionalidades para atender uma demanda específica do mercado, o OpenWRT é uma modificação completa deste código. Uma das funcionalidades providas pelo OpenWRT é a capacidade de fazer parte de uma rede ad hoc utilizando o protocolo OLSR.

### 4.3 Conversor ABNT 14522 - TCP/IP

Como prova de conceito, foram conectados alguns medidores eletrônicos de energia elétrica dotados de porta ótica padrão ABNT 14522, a conversores de porta ótica ABNT 14522 para TCP/IP. Estes conversores lêem e armazenam as informações dos medidores. Esta leitura é feita a cada minuto e armazenada numa memória interna. Os dados são providos na forma de uma página HTML, assim cada residência seria provida de um portal WEB. Além do histórico de informações é possível também ler os dados instantâneos dos medidores. O conversor desenvolvido é mostrado



Figura 4 - Conversor ABNT14522 - TCP/IP (LACTEC – 2004)

#### 4.4 Protótipo

Os medidores, providos de conversores ABNT-TCP/IP, foram conectados a unidades WRT54G executando o OpenWRT. Assim criou-se uma rede heterogênea, com os medidores comunicando-se diretamente via rede de cabos com o WRT54G e o WRT54G convertendo tais sinais em sinais de rádio e formando uma rede ad-hoc. Desta forma, a partir de qualquer computador dotado de interface WiFi e executando o protocolo de roteamento OLSR, é possível obter os dados dos medidores. Os WRT54G são os responsáveis pela rede ad-hoc e de realizar o roteamento dos dados, dessa forma, pode-se montar uma grande rede com inúmeros WRT54G comunicando-se entre si e permitindo a coleta de dados a partir de qualquer ponto da rede. Ver Figura 5.



Figura 5 - Protótipo desenvolvido (LACTEC – 2006)

#### 5.0 - VIABILIDADE ECONÔMICA

Esta abordagem se mostra extremamente viável para implementação em regiões remotas, e mesmo em grandes cidades, especialmente quando se agregam serviços à rede, tais como a disponibilização de acesso à internet e tráfego de voz para os consumidores, permitindo à concessionária tornar-se fornecedora de serviços de dados e voz, além da energia elétrica. Para uma correta análise de viabilidade deve-se levar em consideração que um medidor com este sistema terá seu custo duplicado em relação a um medidor eletrônico de energia, porém o sistema também pode englobar os medidores de água e de gás.

A adoção deste sistema tornará viável a implantação de diversos projetos, como a inclusão digital e o fornecimento de serviços de telefonia e tráfego de dados em uma rede a prova de falhas. Em casos extremos, como o de uma guerra ou um desastre natural, esta rede de comunicação persistirá. Parcerias com empresas de segurança, seguradoras de veículos podem ser feitas para diminuir o tempo de resgate do investimento feito. A inclusão digital é um forte apelo político para a viabilização da implantação desta rede.

Um canal de retorno para um possível padrão brasileiro de TV Digital, como sugere Amodei et al [1], colocaria o Brasil na vanguarda desta tecnologia, pois proveria um canal extremamente barato para sua a interatividade, o que não ocorrem em outros países.

Além disso, com a disseminação da tecnologia, os preços dos componentes necessários para se montar o protótipo descrito ficou aquém do preço de qualquer sistema de leitura remota disponibilizado no mercado, que ainda necessitam da locação de um canal de comunicação de uma operadora de telefonia.

## 6.0 - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos por diversos trabalhos no estudo de implantação de redes ad hoc mostram que esta tecnologia é promissora e que quanto maior for o número de nós na rede, menos sensível a falhas ela é. O trabalho de Jetcheva et al.[6], mostra que mesmo em grandes redes os tempos de latência e taxa de entrega de pacotes chegam a níveis próximos aos de redes com fio (86ms e 96% em média, respectivamente).

As análises de qualidade de serviço na transmissão de voz nestas redes mostram que estas são viáveis. Os trabalhos na área de segurança de dados mostram que as implementações de métodos de segurança são muito satisfatórios.

Com o preço reduzido dos componentes necessários para se desenvolver uma rede sem fios, o protótipo desenvolvido mostrou-se competitivo frente a outros sistemas de leitura remota disponibilizados no mercado brasileiro.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Amodei Jr., A., Moraes, I. M., Cunha, D. O., Campista, M. E. M., Esposito, P., Costa, L. H. M. K., and Duarte, O. C. M. B. - "Uma Análise da Conectividade do Canal de Interatividade Ad Hoc para a TV Digital", in XXII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações – SbrT 2005.
- (2) Anton, E. R. and Duarte, O. C. M. B. - "Segurança em Redes Sem Fio Ad Hoc: Gerenciamento de Chave de Grupo", XIV Congresso Brasileiro de Automática, Natal, RN, Brazil, September 2002.
- (3) Velloso, P. B., Rubinstein, M. G., and Duarte, O. C. M. B. - "Uma Avaliação da Capacidade da Transmissão de Voz em Redes 802.11 em Modo Ad Hoc", Revista da Sociedade Brasileira de Telecomunicações, vol. 18, no. 2, pp. 186-197, ISSN 0102-986X, October 2003.
- (4) Rocha, L. G. S., Costa, L. H. M. K., and Duarte, O. C. M. B. - "Avaliação do Impacto da Ação Maliciosa de Nós no Roteamento em Redes Ad Hoc", Workshop em Segurança de Sistemas Computacionais - WSeg 2003, pp. 69-76, Natal, RN, Brazil, May 2003.
- (5) Fernandes, N. C., Moreira, M. D. D., Velloso, P. B., Costa, L. H. M. K., and Duarte, O. C. M. B. - "Ataques e Mecanismos de Segurança em Redes Ad Hoc", in Minicursos do Simpósio Brasileiro de Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais - SBSeg'2006, Santos, SP, Brazil, pp. 49-102, August 2006.
- (6) Jetcheva, J.G., Chauduri, S. P., Saha, A. K., Johnson, D. B. - "Design and Evaluation of a Metropolitan Area Multitier Wireless Ad Hoc Network Architecture", Mobile Computing Systems and Applications, Outubro/2003
- (7) Barrow, P., Weber, S., Clarke, S., Cahill, V. - "Experiences Deploying an Ad Hoc Network in an Urban Environment". Outubro/2005
- (8) ALLAN, Sharon. A Primer on Mesh Network Technology, Metering International 2/2005, [http://www.metering.com/archive/mi\\_2\\_2005/42\\_1\\_1.php](http://www.metering.com/archive/mi_2_2005/42_1_1.php)
- (9) MetroMesh and Automatic Meter Reading: A Winning Combination, Agosto/2005, [http://www.tropos.com/pdf/AMR\\_Tech\\_Brief.pdf](http://www.tropos.com/pdf/AMR_Tech_Brief.pdf)

- (10) OpenWRT, Linux Distribution for Wireless Routers , <http://openwrt.org>
- (11) OpenWRT, Seattle WirelessNet Project, <http://www.seattlewireless.net/index.cgi/OpenWrt>
- (12) <http://skynetbrasil.wordpress.com/rede-de-computadores/>
- (13) <http://wireless.com.pt/>
- (14) *Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks.* <http://www.ieee802.org/11/>.
- (15) *International Organization for Standardization. ISO 7498:1984 Open Systems Interconnection - Basic Reference Model, 1984.* <http://www.iso.org>.
- (16) Clausen , T. e Jacquet, P. - *Optimized link state routing protocol (OLSR).* <http://www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt>, Outubro 2003. Experimental RFC.

#### 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Giordano Bruno Wolaniuk

Nascido em 24 de dezembro de 1980 em Curitiba, PR.

Graduado em Tecnologia em Eletrônica pela UTFPR em 2001 e graduando em Ciências da Computação pela UFPR.

Empresa: LACTEC, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, (desde 2001).

Pesquisador na área de sistemas de medidas elétricas.

<http://lattes.cnpq.br/8892527971606738>

Angelo Bannack

Nascido em 06 de dezembro de 1978 em Rio Negro, PR.

Graduado em Bacharelado em Ciências da Computação pela UFPR em 2000.

Atual estudante do curso de Mestrado em Ciências da Computação pela UFPR

Empresa: LACTEC, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, (1999 - 2006).

Atual integrante da equipe de tecnologia e segurança do Tribunal de Justiça do Paraná

Pesquisador na área de sistemas de medidas elétricas e redes de computadores.

<http://lattes.cnpq.br/8294010680785961>