

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN
ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES**

**IMPLANTAÇÃO NO MEIO RURAL DE REDE DE DADOS DE LONGA DISTÂNCIA
USANDO PADRÃO 802.11**

**IMPLANTAÇÃO NO MEIO RURAL DE REDE DE DADOS DE LONGA DISTÂNCIA
USANDO PADRÃO 802.11**

Monografia apresentada ao curso de
Especialização em Redes de
Computadores da Faculdade Natalense
para o Desenvolvimento do Rio Grande
do Norte como requisito parcial para a
obtenção do título de Especialista em
Redes de Computadores.

Raimundo Nonato Bezerra Neto

Orientador

Aluizio Ferreira da Rocha Neto, M.Sc.

**NATAL/RN
2009**

RAIMUNDO NONATO BEZERRA NETO

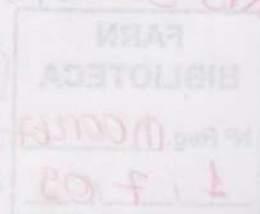
**IMPLANTAÇÃO NO MEIO RURAL DE REDE DE DADOS DE LONGA DISTANCIA
USANDO PADRÃO 802.11**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Redes de Computadores da Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Redes de Computadores.

Orientador:

Aluizio Ferreira da Rocha Neto, M.Sc.

**NATAL/RN
2009**



RAIMUNDO NONATO BEZERRA NETO

IMPLANTAÇÃO NO MEIO RURAL DE REDE DE DADOS DE LONGA DISTÂNCIA
USANDO PADRÃO 802.11

Catálogo na Publicação – Biblioteca da FARN
Setor de Processos Técnicos

Neto, Raimundo Nonato Bezerra.

Implantação no meio rural de rede de dados de longa distancia usando
padrão 802.11 / Ana Maria Dantas. – Natal: FARN, 2009.
41f.

Orientadora: Aluizio Ferreira da Rocha Neto, (Msc)

Monografia (Especialização em Redes de Computadores) – Faculdade
Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte.

1. Comunicação – Monografia. 2. Tecnologia – Monografia. 3. Segurança
em redes. 4. Custo benefício I. Título – Monografia.

RN/FARN/BC

CDU 004.7

RB-32.475

FARN
BIBLIOTECA
Nº Reg. 1000267
1, 7, 09

004.7
R 575i
2009
ex.01

NATAL
2009

RESUMO

Desde os primórdios, observa-se a capacidade comunicativa do homem. Os desenhos nas cavernas, o surgimento da escrita e a invenção do telefone revelam que o ser humano sempre teve a necessidade de comunicar-se. Essa monografia mostra a evolução da comunicação sem fio, detalhando o padrão 802.11 em um cenário corporativo, as dificuldades encontradas e as tecnologias utilizadas para solucionar problemas reais vividos em empresas que estão em constantes mudanças. É abordado também aspectos de segurança, desempenho, funcionalidade e custo benefício. Por fim, é mostrado todas as fases de implementação de uma rede sem fio de longa distância WAN, a realização de cálculos de enlace, as questões referentes à topografia do relevo, a obtenção das coordenadas geográficas e o melhoramento da eficiência do enlace por meio de programas específicos.

Palavras-chave: comunicação tecnologia, segurança em redes, custo benefício

Agradeço a todos que me ajudaram nesse trabalho em especial aos meus colegas de trabalho e minha família. Espero contribuir para a comunidade acadêmica na resolução de problemas semelhantes.

Desde os primórdios, observa-se a capacidade comunicativa do homem. Os desenhos nas cavernas, o surgimento da escrita e a invenção do telefone revelam que o ser humano sempre teve a necessidade de comunicar-se. Essa monografia mostra a evolução da comunicação sem fio, detalhando o padrão 802.11 num cenário corporativo, as dificuldades encontradas e as tecnologias utilizadas para solucionar problemas reais vividos em empresas que estão em constantes mudanças. É abordado também aspectos de segurança, desempenho, funcionalidade e custo benefício. Por fim, é mostrado todas as fases de implementação de uma rede sem fio de longa distancia WAN, a realização de cálculos de enlace, as questões referentes à topografia do relevo, a obtenção das coordenadas geográficas e o monitoramento da eficácia do enlace por meio de programas específicos.

Palavras-chave: comunicação.tecnologia.segurança em redes.custo benefício

Keywords: communication.technology security network cost benefit



ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

Since the beginning, there is the man's ability to communicate. The drawings in the caves, the emergence of writing and the invention of the phone shows that the human being has always been the need to communicate. This work shows the evolution of wireless communication, detailing the 802.11 in a corporate setting, the difficulties encountered and the technologies used to solve real problems experienced in companies that are in constant changings. It also addressed issues of safety, performance, functionality and cost effectiveness. Finally, it is shown all the stages of implementing a wireless network of long distance WAN, how to calculate the link between two points, the issues relating to the topography of the relief, to obtain the geographical coordinates and monitor the effectiveness of the link through programs specific.

Figura 10: Fazenda NH3	27
Figura 11: Planilha de Cálculo de Enlace	28
Figura 12: Cálculo da distância	29
Keywords: communication.technology.security network.cost benefit	30
Figura 14: Cálculo de enlace / Distância e Elevação	30
Figura 15: Iperf / Cálculo de banda passante	31
Figura 16: Iperf / Cálculo de banda passante	32
Figura 17: Serra de Vieira	32
Figura 18: Enlace Fazenda NH3 / Serra de Vieira / Serra Mossoró	33
Figura 19: Planilha de Cálculo de Enlace	34
Figura 20: Cálculo de enlace / Distância e Elevação	34
Figura 21: Planilha de Cálculo de Enlace	35
Figura 22: Cálculo de enlace / Distância e Elevação	35
Figura 23: Gráfico de eficiência de enlace	36
Figura 24: Iperf / Cálculo de banda passante	36
Figura 25: Monitoramento Cact Fazenda NH3 / NH3	37
Figura 26: Monitoramento Cact Fazenda NH3 / Serra de Vieira	37
Figura 27: Monitoramento Cact Serra de Vieira / Serra Mossoró	38
Figura 28: Rádio CISCO Aironet 1300	38
Figura 29: Antena diretiva Zirok WLL-GRID	39
Figura 30: Canopy 5700 SM e Refletor Parabol para Rádio acoplado	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Omini-Direcional e a forma de irradiação em 2D de uma antena dipolo	19
Figura 2: Diagrama de irradiação horizontal e vertical de uma antena semi-direcional	19
Figura 3: Antena Parabólica e Antena de Grade	20
Figura 4: Área de armazenamento da Nolem	22
Figura 5: Campo de plantação da Nolem	23
Figura 6: Ilustração do sistema de comunicação NH1 – NH3 – Mossoró	24
Figura 7: Pontos principais para a rede WAN da Nolem	25
Figura 8: Software de mapeamento geográfico Google Earth	26
Figura 9: Fazenda NH1	27
Figura 10: Fazenda NH3	27
Figura 11: Planilha de Cálculo de Enlace.....	28
Figura 12: Cálculo da distância	29
Figura 13: Cálculo de enlace / Distância e Elevação.....	30
Figura 14: Cálculo de enlace / Distância e Elevação.....	30
Figura 15: Iperf / Cálculo de banda passante	31
Figura 16: Iperf / Cálculo de banda passante	32
Figura 17: Serra de Vieira	32
Figura 18: Enlace Fazenda NH3 / Serra de Vieira / Serra Mossoró.....	33
Figura 19: Planilha de Cálculo de Enlace.....	34
Figura 20: Cálculo de enlace / Distância e Elevação.....	34
Figura 21: Planilha de Cálculo de Enlace.....	35
Figura 22: Cálculo de enlace / Distância e Elevação.....	35
Figura 23: Gráfico de cálculo de enlace	36
Figura 24: Iperf / Cálculo de banda passante	36
Figura 25: Monitoramento Cact Fazenda NH3 / NH1	37
Figura 26: Monitoramento Cact Fazenda NH3 / Serra de Vieira	37
Figura 27: Monitoramento Cact Serra de Vieira / Serra Mossoró.....	38
Figura 28: Rádio CISCO Aironet 1300	38
Figura 29: Antena diretiva Zirol WLL-GRID	39
Figura 30: Canopy 5700 SM e Refletor Passivo com Rádio acoplado	39

2.4.3 Omini-Direcionais (Dipolo)	18
2.4.3.1 Utilização.....	19
2.4.4 Semi-Direcionais	19
2.4.4.1 Utilização.....	20
2.4.5 Alinhamento-Direcionais.....	20
2.4.5.1 Utilização.....	20
3 - ESTUDO DE CASO	22
3.1 ESTRUTURA DA NOLEM	22
3.2 PROBLEMAS ENCONTRADOS	23
3.3 SOLUÇÃO UTILIZADA	24

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	10
1.2	OBJETIVOS.....	10
1.2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
1.3	JUSTIFICATIVA.....	11
2	REFERENCIAL TEORICO.....	12
2.1	TRANSMISSÃO EM REDES SEM FIO.....	12
2.2	OS PADRÕES PARA REDE SEM FIO.....	12
2.2.1	O Padrão IEEE 802.11.....	12
2.2.2	802.11b.....	13
2.2.3	802.11a.....	13
2.2.4	802.11g.....	14
2.2.5	802.11n.....	14
2.3	SEGURANÇA EM REDES SEM FIO.....	15
2.3.1	WEP.....	15
2.3.2	WPA.....	16
2.4	EQUIPAMENTOS PARA REDES SEM FIO.....	16
2.4.1	Ponto de Acesso (<i>Access Point</i>).....	16
2.4.1.1	Modos de Operação.....	17
2.4.2	Antenas.....	17
2.4.2.1	Visada Direta.....	18
2.4.2.2	Zona de Fresnel.....	18
2.4.3	Omni-Direcionais (Dipolo).....	18
2.4.3.1	Utilização.....	19
2.4.4	Semi-Direcionais.....	19
2.4.4.1	Utilização.....	20
2.4.5	Altamente-Direcionais.....	20
2.4.5.1	Utilização.....	20
3	ESTUDO DE CASO.....	22
3.1	ESTRUTURA DA NOLEM.....	22
3.2	PROBLEMAS ENCONTRADOS.....	23
3.3	SOLUÇÃO UTILIZADA.....	24

3.4 CÁLCULO DE ENLACE	26
3.5 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	38
4 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS	41

informações com soldados em combate, e que essa comunicação fosse ao mesmo tempo eficaz e segura. O tempo passou e a tecnologia evoluiu, deixando de ser restrita ao meio militar e tornando-se acessível a empresas, faculdades e ao usuário doméstico. O primeiro sistema a implantar a tecnologia sem fio para comunicação de dados foi o ALOHA na década de 70 quando as linhas telefônicas disponíveis eram de baixa confiabilidade e de custo elevado. Foi realizada a interligação de subredes de universidades a um centro de computação principal, instalando em cada estação um pequeno transmissor-receptor de rádio FM com transmissão a 9600 bps. Devido a limitações, tais como largura de banda e tecnologia de transmissão, na época de instalação da rede ALOHA, o uso da tecnologia sem fio não teve a agitação esperada.

Nos últimos anos a comunicação sem fio vem ganhando cada vez mais a adesão dos usuários, sendo uma alternativa bastante interessante em relação às redes cabeadas, em paralelo a esse fator e com os avanços tecnológicos, o padrão sem fio vem popularizando os seus valores tornando cada vez mais acessível a todos.

Também apostando nessa nova tecnologia, o IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) constituiu um grupo de pesquisa para criar padrões abertos que pudessem tornar a tecnologia sem fio cada vez mais realidade. Esse projeto, denominado de Padrão IEEE 802.11, nasceu em 1990, mas ficou inerte por aproximadamente sete anos devido a fatores que não permitiam que a tecnologia sem fio saísse da papel. Um dos principais fatores era a baixa taxa de transferência de dados que inicialmente a tecnologia oferecia, que era em torno de 1Kbps.

A medida que essa taxa de transmissão foi aumentando, o padrão começou a ser visto como uma tecnologia promissora e a receber ainda mais investimentos para a construção de equipamentos que possibilitassem a comunicação sem fio entre computadores. Essa tendência foi fortalecida pelo investimento de instituições e empresas no sentido de aplicar a transmissão sem fio em redes de computadores.

Hoje em dia o grande foco das redes de computadores sem fio se encontra no contexto das redes locais (*Wireless Local Area Network - WLAN*), das redes metropolitanas (*Wireless Metropolitan Area Network - WMAN*) e das redes geograficamente distribuídas (*Wireless Wide Area Network - WWAN*), isso vale tanto para o padrão IEEE como em

1 INTRODUÇÃO

Grande parte das tecnologias usadas atualmente teve sua origem no meio militar, e com a tecnologia sem fio foi a mesma coisa. Havia uma grande necessidade de trocar informações com soldados em combate, e que essa comunicação fosse ao mesmo tempo eficaz e segura. O tempo passou e a tecnologia evoluiu, deixando de ser restrita ao meio militar e tornando-se acessível a empresas, faculdades e ao usuário doméstico. O primeiro sistema a implantar a tecnologia sem fio para comunicação de dados foi o ALOHA na década de 70 quando as linhas telefônicas disponíveis eram de baixa confiabilidade e de custo elevado. Foi realizada a interligação de subredes de universidades a um centro de computação principal, instalando em cada estação um pequeno transmissor-receptor de rádio FM com transmissão a 9600 bps. Devido a limitações, tais como largura de banda e tecnologia de transmissão, na época de instalação da rede ALOHA, o uso da tecnologia sem fio não teve a aceitação esperada.

Nos últimos anos a comunicação sem fio vem ganhando cada vez mais à adesão dos usuários, sendo uma alternativa bastante interessante em relação às redes cabeadas, em paralelo a esse fator e com os avanços tecnológicos, o padrão sem fio vem popularizando os seus valores tornando cada vez mais acessível a todos

Também apostando nessa nova tecnologia, o IEEE (*Institute of Electrical and Eletronics Engineers*) constituiu um grupo de pesquisa para criar padrões abertos que pudessem tornar a tecnologia sem fio cada vez mais realidade. Esse projeto, denominado de Padrão IEEE 802.11, nasceu em 1990, mas ficou inerte por aproximadamente sete anos devido a fatores que não permitiam que a tecnologia sem fio saísse do papel. Um dos principais fatores era a baixa taxa de transferência de dados que inicialmente a tecnologia oferecia, que era em torno de 1Kbps.

À medida que essa taxa de transmissão foi aumentando, o padrão começou a ser visto como uma tecnologia promissora e a receber ainda mais investimentos para a construção de equipamentos que possibilitassem a comunicação sem fio entre computadores. Essa tendência foi fortalecida pelo investimento de instituições e empresas no sentido de aplicar a transmissão sem fio em redes de computadores.

Hoje em dia o grande foco das redes de computadores sem fio se encontra no contexto das redes locais (*Wireless Local Area Network - WLAN*), das redes metropolitanas (*Wireles Metropolitan Area Network - WMAN*) e das redes geograficamente distribuídas (*Wireles Wide Area Network - WWAN*), isso vale tanto para o padrão IEEE como em

soluções proprietárias. Inicialmente quem dominava esse nicho de mercado eram as soluções proprietárias, através de empresas como IBM, CISCO, Telecom e 3COM. Hoje essas e outras empresas baseiam seus produtos no padrão do IEEE, devido às inúmeras e já conhecidas vantagens que o padrão aberto oferece como interoperabilidade, baixo custo, demanda de mercado, confiabilidade de projeto, entre outras.

Seguindo essa tendência, esse trabalho pretende mostrar os padrões existentes para a tecnologia sem fio e sua implementação na empresa Nolem, interligando sua matriz, que fica na cidade de Mossoró com duas fazendas no estado do Ceará, abrangendo todo o aspecto de infra-estrutura, segurança, confiabilidade e mostrando os benefícios propiciados por esse projeto.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Com o avanço voraz da globalização, as corporações estão sentindo cada vez mais a necessidade de uma tecnologia que possa interligar seus sistemas em diferentes partes do mundo em tempo hábil. Porém, para que ocorra essa interligação faz necessário prover meios que proporcione as informações trafegarem de um local para outro em frações de segundos a fim de se tornarem acessíveis no momento em que são solicitadas. Devido à troca de informações ou mesmo a procura pelas mesmas sofrer aumento significativo ao decorrer dos anos, exige-se dos profissionais que trabalham no ramo de infra-estrutura de redes pesquisarem continuamente novas maneiras ou soluções que atendam as demandas em contínua evolução com menor impacto econômico e estrutural possível.

A Nolem, uma das maiores empresas exportadoras de melão do Brasil, tem fazendas e escritórios espalhados por vários quilômetros entre o estado do Rio grande do Norte e Ceará. Nessas localidades faz necessário a utilização de um complexo sistema de faturamento, qualidade e exportação das frutas, para que isso ocorra da forma mais rápida possível é necessário que a fazenda ou escritório estejam conectados diretamente com o escritório em Mossoró/RN, onde estão instalados os servidores.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo desse projeto é mostrar a implementação do padrão 802.11 sobre uma rede de dados de longa distância, analisando todo o estudo que envolve um empreendimento desse

porte como também outras soluções e suas viabilidades, a utilização de equipamentos, os cálculos necessários para garantir a banda passante e os custos do projeto.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

As etapas que foram seguidas para atingir o objetivo principal do trabalho são:

- Analisar a estrutura atual das fazendas que serão interligadas a rede da Nolem.
- Analisar a melhor forma de implementar o padrão 802.11 levando em consideração custo e segurança.
- Mostrar os equipamentos que foram necessários para o sucesso do projeto e a sua forma de funcionamento.

1.3 JUSTIFICATIVA

Esse projeto tem como foco principal mostrar a utilização na prática da tecnologia Wireless em uma empresa de grande porte, vendo as dificuldades enfrentadas pelo administrador de redes em trabalhar numa empresa em constante expansão, tendo que ampliar significativamente o alcance de sua rede.

Junto a isso, é importante conhecer as tecnologias hoje utilizadas para a comunicação de dados em longas distâncias como também a forma com que esses dados vão trafegar por esse meio e principalmente as medidas de segurança adotadas para que as informações não fiquem vulneráveis.

Somando-se a isso, a importância de uma pesquisa que contribua para a comunidade acadêmica, sendo fonte de pesquisa para futuras implementações e estudos sobre o padrão 802.11.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 TRANSMISSÃO EM REDES SEM FIO

A transmissão e recepção de sinais das redes sem fio se baseiam em Radio Freqüência. O comportamento da Radio Freqüência pode influenciar no desempenho de uma rede. Por esse motivo, um bom entendimento dos conceitos dessa tecnologia seria de grande valia na implantação, expansão e manutenção redes sem fio.

Sinais de Radio Freqüência são sinais de alta freqüência que se propagam por um condutor de cobre e são irradiados no ar através de uma antena. Na prática uma antena converte um sinal cabeado em um sinal wireless e vice-versa. Esses sinais são então irradiados no ar livre na forma de ondas de rádio e se propagam em linha reta e em todas as direções. (Farias, 2006, p.3).

Essas ondas são como círculos que vão aumentando seu raio à medida que se afastam da antena. A maneira mais pratica de simular essas ondas é arremessando uma pedra em um lago, no momento do impacto são geradas ondas que se afastam do ponto inicial simulando assim o fenômeno da radio freqüência.

2.2 OS PADRÕES PARA REDE SEM FIO

2.2.1 O Padrão IEEE 802.11

O padrão IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) 802.11 foi lançado em 1997, após 7 anos de estudos, aproximadamente. Com o passar dos anos, foram surgindo novas versões e a versão original passou a ser conhecida como *802.11-1997* ou, ainda, como *802.11 legacy*. Por se tratar de uma tecnologia de transmissão por radiofreqüência, o IEEE determinou que o padrão operasse no intervalo de freqüências entre 2,4 GHz e 2,4835 GHz.

Sua taxa de transmissão de dados girava em torno de 1 Mbps a 2 Mbps e era possível usar as técnicas de transmissão *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) e *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS), onde essas técnicas permitem transmissões utilizando vários canais dentro de uma freqüência.

2.2.2 802.11b

Em 1999, foi lançada uma atualização do padrão 802.11 que recebeu o nome *802.11b*. A vantagem principal dessa versão é a possibilidade de estabelecer conexões nas seguintes velocidades de transmissão: 1 Mbps, 2 Mbps, 5,5 Mbps e 11 Mbps. O intervalo de frequências é o mesmo utilizado pelo 802.11 original, mas a técnica de transmissão se limita ao DSSS, uma vez que o FHSS acaba não atendendo às normas estabelecidas pela *Federal Communications Commission* (FCC) quando opera em transmissões com taxas superiores a 2 Mbps. Para trabalhar de maneira efetiva com as velocidades de 5.5 Mbps e 11 Mbps, o 802.11b também utiliza uma técnica chamada *Complementary Code Keying* (CCK).

A área de cobertura de uma transmissão 802.11b pode chegar, na teoria, a 400 metros em ambientes abertos e pode atingir uma faixa de 50 metros em lugares fechados. É importante frisar, no entanto, que o alcance da transmissão pode sofrer influência de uma série de fatores, tais como de objetos que causam interferência ou impedem a propagação da transmissão a partir do ponto em que está localizado.

É interessante notar que, para manter a transmissão o mais funcional possível, o padrão 802.11b, e seus padrões sucessores, pode fazer com que a taxa de transmissão de dados diminua até chegar ao seu limite (1 Mbps) à medida que uma estação fica mais longe do ponto de acesso. O contrário também existe: quanto mais perto do ponto de acesso, maior a velocidade de transmissão.

O padrão 802.11b foi o primeiro a ser adotado em larga escala, sendo, portanto, um dos responsáveis pela popularização das redes Wi-Fi.

2.2.3 802.11a

O padrão *802.11a* só foi disponibilizado no final do ano de 1999, quase que na mesma época que a versão *802.11b*. Como seu antecessor, o ponto forte desse padrão é a sua taxa de transmissão, que opera em torno de: 6 Mbps, 9 Mbps, 12 Mbps, 18 Mbps, 24 Mbps, 36 Mbps, 48 Mbps e 54 Mbps. O alcance geográfico de sua transmissão é de cerca de 50 metros. No entanto, a sua frequência de operação é diferente do padrão 802.11 *legacy*, 5 GHz.

Por trabalhar em uma frequência maior, a possibilidade de interferência diminui consideravelmente, afinal, esse valor é pouco usado. No entanto, essa frequência ainda não é regulamentada em alguns países, tornando-se um ponto negativo no padrão *802.11a*. Além

disso, essa característica pode fazer com que haja dificuldades de comunicação com dispositivos que operam nos padrões 802.11 *legacy* e 802.11b.

Um ponto importante para o melhor entendimento do padrão 802.11a, é saber que ele ao invés de utilizar DSSS ou FHSS, usa de uma técnica conhecida como *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). Nela, a informação a ser transmitida é dividida em vários pequenos conjuntos de dados que são transmitidos simultaneamente em diferentes frequências. Essas frequências são utilizadas de uma forma que impede que uma interfira na outra, fazendo com que a técnica OFDM funcione de maneira bastante satisfatória.

“Apesar de oferecer taxas de transmissão maiores, o padrão 802.11a não chegou a ser tão popular quanto o padrão 802.11b.” (Alecrim, p.1, 2008).

2.2.4 802.11g

O padrão 802.11g foi lançado em 2003 e é tido como o sucessor da versão 802.11b, pois é totalmente compatível com este. Por esse motivo, um dispositivo que opera com 802.11g pode conectar-se com outro que trabalha com 802.11b sem nenhum transtorno, exceto o fato de que a taxa de transmissão de dados é limitada pelo máximo suportado no 802.11b.

O principal atrativo do padrão 802.11g é poder operar com taxas de transmissão de até 54 Mbps, assim como acontece com o padrão 802.11a. No entanto, ao contrário dessa versão, o 802.11g opera com frequência na faixa de 2,4 GHz e possui praticamente o mesmo poder de cobertura do seu antecessor, o padrão 802.11b. A técnica de transmissão utilizada nessa versão também é o OFDM, todavia, quando é feita comunicação com um dispositivo 802.11b, a técnica de transmissão passa a ser o DSSS.

2.2.5 802.11n

O padrão 802.11n teve seu início em 2004 e está em fase final de homologação, opera nas faixas de 2,4GHz e 5GHz, geralmente com uma velocidade de 128 Mbps. Contudo, especialistas no assunto discutem ser esse o padrão wireless para distribuição de mídia, pois oferecerá, através do MIMO (*Multiple Input, Multiple Output*) que é capaz de aumentar consideravelmente as taxas de transferência de dados através da combinação de várias vias de transmissão. Assim sendo, é possível, por exemplo, usar dois, três ou quatro emissores e receptores para o funcionamento da rede. Uma das configurações mais comuns neste caso é o uso de APs que utilizam três antenas e as estações receptoras com a mesma quantidade de

receptores. Somando essa característica de combinação com o aprimoramento de suas especificações, o padrão 802.11n é capaz de fazer transmissões na faixa de 300 Mbps e, teoricamente, pode atingir taxas de até 600 Mbps. Esse será o padrão sucessor do 802.11g, tal como este foi do 802.11b.

Em relação à sua frequência, o padrão 802.11n pode trabalhar com as faixas de 2,4 GHz e 5 GHz, tornando-se compatível com os demais padrões. Sua técnica de transmissão padrão é o OFDM, mas com determinadas alterações, devido ao uso do esquema MIMO, sendo, por isso, muitas vezes chamado de MIMO-OFDM. Alguns estudos apontam que sua área de cobertura pode passar de 400 metros.

2.3 SEGURANÇA EM REDES SEM FIO

Em uma rede wireless, levando-se em conta o aspecto da segurança, é de fundamental importância que os dados trafeguem com segurança entre o AP e os clientes. Alguém mal intencionado que conseguisse se associar ao AP poderia usar um *sniffer* e monitorar o tráfego da rede, podendo facilmente roubar informações sigilosas. Para evitar que isso ocorra é possível criptografar os dados.

2.3.1 WEP

WEP, abreviação de *Wired-Equivalent Privacy*, traz como promessa um nível de segurança equivalente à das redes cabeadas. Na prática o WEP também tem suas falhas, mas não deixa de ser uma camada de proteção essencial para garantir a integridade dos dados.

O WEP se encarrega de encriptar os dados transmitidos através da rede. Existem dois padrões WEP, de 64 e de 128 bits. O padrão de 64 bits é suportado por qualquer ponto de acesso ou interface que siga o padrão 802.11, o que engloba todos os produtos comercializados atualmente. O padrão de 128 bits por sua vez não é suportado por todos os produtos. Para habilitá-lo será preciso que todos os componentes usados na sua rede suportem o padrão, caso contrário os nós que suportarem apenas o padrão de 64 bits ficarão fora da rede.

O WEP é composto de duas chaves distintas, de 40 e 24 bits no padrão de 64 bits e de 104 e 24 bits no padrão de 128. Por isso, a complexidade de criptografia usada nos dois padrões não é a mesma que seria em padrões de 64 e 128 de verdade.

Contudo o WEP ainda possui outras vulnerabilidades. Alguns programas já largamente disponíveis são capazes de quebrar as chaves de encriptação caso seja possível

monitorar o tráfego da rede durante algumas horas e a tendência é que estas ferramentas se tornem ainda mais sofisticadas com o tempo.

2.3.2 WPA

O WPA (*Wi-Fi Protected Access*), assim como o WEP, baseia-se em autenticação e cifragem dos dados da rede, entretanto, esses procedimentos são bem mais seguros e confiáveis. Sua base está em um protocolo chamado TKIP (*Temporal Key Integrity Protocol*), que ficou conhecido também como WEP2. Nele, uma chave de 128 bits é utilizada pelos dispositivos da rede e combinada com o MAC Address de cada estação. Como cada MAC Address é diferente do outro, acaba-se tendo uma sequência específica para cada dispositivo. A chave é trocada periodicamente, ao contrário do WEP, que é fixo.

Juntamente com o WPA viu o padrão 802.11i, que ao invés de ser um padrão de redes sem fio, é um conjunto de especificações de segurança, sendo também conhecido como WPA2. Este utiliza um protocolo denominado *Advanced Encryption Standard* (AES), que é bastante seguro e eficiente, mas tem a desvantagem de exigir bastante processamento. Sua utilização é implementada para redes que necessitem de alto grau de segurança, no entanto, alguns equipamentos de rede não muito sofisticados podem perder desempenho e até não serem compatíveis com essa tecnologia, portanto, sua utilização deve ser testada antes da implementação definitiva.

2.4 EQUIPAMENTOS PARA REDES SEM FIO

2.4.1 Ponto de Acesso (*Access Point*)

Pontos de Acesso funcionam como pontos de entrada de uma rede sem fio para um cliente. É um dispositivo com comunicação *half-duplex* e funcionalidades similares aos switches Ethernet modernos, com a diferença de ser sem fio.

É composto por uma ou duas antenas de ganho baixo, normalmente 5dBi, que na maioria dos casos pode ser removida para a conexão de antenas com ganho maior e uma porta ethernet para conexão a rede cabeada. Efetuando de forma real a ligação entre clientes de uma rede 802.11 a uma rede 802.3 (Ethernet). Em uma rede com AP, todo o fluxo de dados passa por ele. Normalmente são utilizados para aplicações indoor.

2.4.1.1 Modos de Operação

Pontos de Acesso podem se comunicar com seus clientes wireless, com a rede ethernet e com outros pontos de acesso. Existem 3 modos de operação:

- **Modo Root:** Um AP é conectado a um backbone ethernet. Este é o modo de operação padrão. Neste modo, APs que estão conectados ao mesmo segmento ethernet, podem se comunicar por meio deste. APs se comunicam para coordenar funcionalidades de roaming, tais como reassociação. Clientes Wireless localizados em células diferentes podem se comunicar por meios de seus respectivos APs, através do segmento ethernet.
- **Modo Ponte (bridge):** Neste modo o AP atua como se fosse uma ponte wireless ligando dois segmentos ethernet. A finalidade de uma ponte é isolar dois segmentos de rede e dessa forma impedir que o tráfego não endereçado a máquinas de um determinado segmento atinjam o mesmo, evitando a sobrecarga daquele segmento. Os APs nesse modo fazem o mesmo só que a ligação entre eles é sem fio. Diferentemente do modo root, nesse modo os clientes não se associam ao AP.
- **Modo Repetidor:** Neste modo um AP atua no modo root enquanto que o outro atua como repetidor ou no root. Os clientes se associam ao AP repetidor que por sua vez é um cliente do AP root. A ligação entre eles forma um link wireless dentro de uma estrutura cabeada.

2.4.2 Antenas

Antenas são um dos principais elementos presentes em um circuito de rádio frequência. É através delas que os sinais são enviados e recebidos. As antenas convertem sinais elétricos em sinais de rádio frequência e vice-versa. As dimensões físicas de uma antena estão diretamente relacionadas à frequência na qual a antena pode propagar e receber os sinais.

As antenas podem ser classificadas em omni-direcionais e direcionais. As omni irradiam em todas as direções, enquanto que as direcionais apenas em uma determinada direção.

2.4.2.1 Visada Direta

Para que haja comunicação entre emissor e receptor em um circuito de rádio frequência de longo alcance é preciso que haja visada direta entre as antenas dos dois pontos. Por esse motivo, elas devem estar posicionadas nos lugares mais livres de obstáculos para que não ocorram fatores de reflexão, difração e espalhamento. Com isso o *link* poderia ser seriamente afetado ou mesmo interrompido.

2.4.2.2 Zona de Fresnel

A Zona de Fresnel é um aspecto de suma importância no planejamento de uma rede sem fio. Podendo ser definida como uma série de elipses concêntricas em torno da linha de visada. Ela é importante para a integridade do link porque determina uma área em torno da linha de visada que pode introduzir interferência no sinal caso ele seja bloqueado.

2.4.3 Omni-Direcionais (Dipolo)

A antena dipolo é a mais comum usada atualmente por ser simples de projetar, essa antena está presente na maioria dos APs, ela irradia a energia igualmente em todas as direções em torno do seu eixo. Antenas dipolo usadas em redes sem fio são muito pequenas, porque as frequências em uma rede desse tipo estão no espectro de 2.4Ghz, e à medida que a frequência aumenta, o comprimento de onda e as antenas se tornam menores.

Porém essa irradiação só existe na teoria. Na prática, à medida que aumentamos o ganho de uma antena, é como se achatássemos o seu lóbulo de radiação, transformando-o de uma esfera para uma elipse cada vez mais estreita. Embora um dipolo irradie uniformemente em todas as direções em torno do seu eixo, ele não irradia ao longo do comprimento do seu próprio fio conforme mostra a Figura 1, com isso as antenas omni-direcionais de alto ganho oferecem mais área de cobertura horizontal, mas a área de cobertura vertical sofre significativa redução.

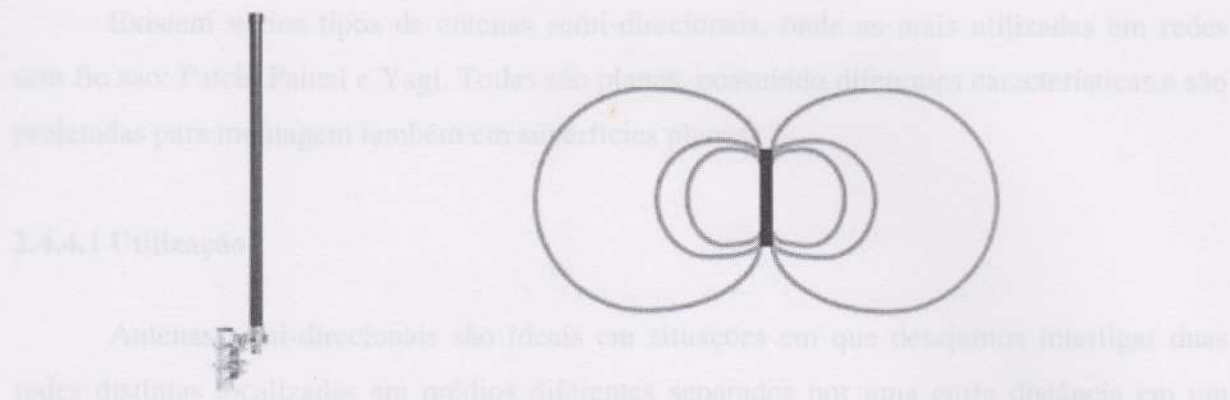


Figura 1: Omini-Direcional e a forma de irradiação em 2D de uma antena dipolo
 Fonte: (Juliobattisti, 2008)

2.4.3.1 Utilização

Antenas Omni-direcionais são usadas quando necessitam de cobertura em todas as direções em torno do seu eixo horizontal, por exemplo, colocar uma antena omni no meio de uma grande sala, proporcionará boa cobertura. Quando forem usadas externamente, deveriam ser colocadas no topo de uma estrutura, no centro da área de cobertura. Quando forem usadas internamente, deveriam ser colocadas no teto e no meio de uma sala por exemplo. São também comumente usadas em projetos ponto-multiponto.

2.4.4 Semi-Direcionais

Essas antenas concentram de forma significativa a energia do transmissor em uma única direção. A Figura 2 mostra os diagramas das antenas semi-direcionais que irradiam na forma hemisférica (horizontal) ou cilíndrica (vertical).

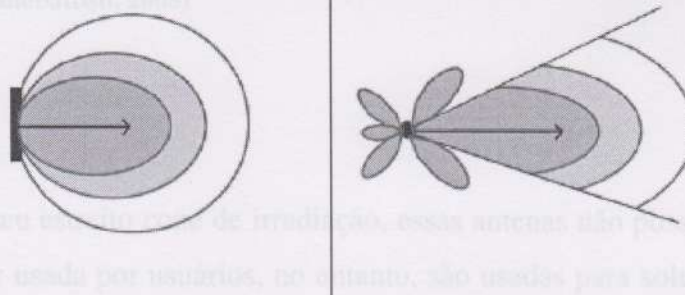


Figura 2: Diagrama de irradiação horizontal e vertical de uma antena semi-direcional
 Fonte: (Juliobattisti, 2008)

Existem vários tipos de antenas semi-direcionais, onde as mais utilizadas em redes sem fio são: Patch, Painel e Yagi. Todas são planas, possuindo diferentes características e são projetadas para montagem também em superfícies planas.

2.4.4.1 Utilização

Antenas semi-direcionais são ideais em situações em que desejamos interligar duas redes distintas localizadas em prédios diferentes separados por uma curta distância em um link ponto a ponto.

2.4.5 Altamente-Direcionais

Essas antenas como o próprio nome já diz emitem o cone mais estreito de irradiação de todas as antenas, além de possuir o ganho mais alto de todos os três grupos. São comumente côncavas e alguns modelos se assemelham a antenas de satélite, porém menores.

Outros modelos são chamados de grade, devido a seu design perfurado para resistir a ventos fortes. A Figura 3 mostra alguns exemplos de antenas altamente-direcionais.

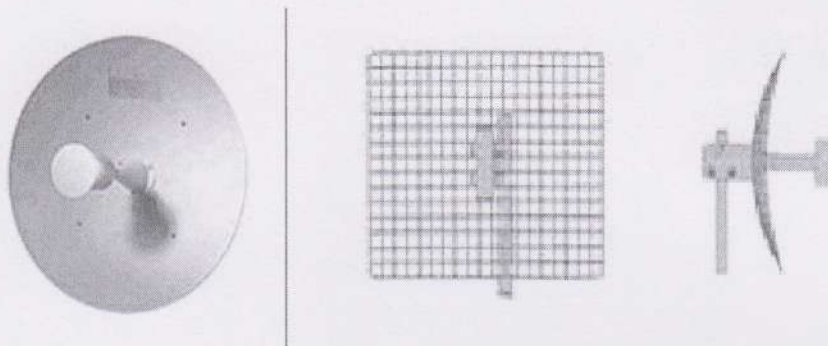


Figura 3: Antena Parabólica e Antena de Grade
Fonte: (Juliobattisti, 2008)

2.4.5.1 Utilização

Em virtude do seu estreito cone de irradiação, essas antenas não possuem uma área de cobertura que possa ser usada por usuários, no entanto, são usadas para soluções em links de comunicação ponto a ponto de longa distância e podem transmitir a uma distância de até 20 km dependendo da frequência em que trabalhem. Devem ser sensivelmente alinhadas uma para a outra para que tenha boa recepção de sinal devido a seu estreito feixe. Seu uso potencial é na conexão de dois pontos separados por quilômetros sem nenhuma obstrução no

caminho do feixe de irradiação. Como o feixe é extremamente estreito a probabilidade da existência de um obstáculo que possa interferir de forma significativa no sinal é bem menor se comparado com os outros tipos de antenas.

Com quatro fazendas nos estados do Rio Grande do Norte (RN) e Ceará (CE), a Noleir tem como carro-chefe dos seus negócios o cultivo do melão conforme mostrado na Figura 4, responsável por aproximadamente 40% das exportações do país e por 30 % do mercado interno. A Figura 5 ilustra parte dos 8 mil hectares explorados pela Noleir, além da cultura do melão a empresa ainda cultiva melancia, abacaxi, manga, caju, coco e outras frutas tropicais e gera mais de 15.000 empregos diretos e indiretos.

Em 2018, um dos desafios da Noleir era a comunicação entre a sua sede, em Mossoró RN, e suas novas fazendas no Ceará CE, para isso foram elaborados 3 projetos de comunicação para integrar esses sites, relatei os três casos e mostrei detalhadamente o caso de sucesso.



Figura 4: Área de arrendamento da Noleir
Fonte: (Noleir, 2006)

3 ESTUDO DE CASO

3.1 ESTRUTURA DA NOLEM

Com quatro fazendas nos estados do Rio Grande do Norte (RN) e Ceará (CE), a Nolem tem como carro-chefe dos seus negócios o cultivo do melão conforme mostrado na Figura 4, responsável por aproximadamente 40% das exportações do país e por 30 % do mercado interno. A Figura 5 ilustra parte dos 8 mil hectares explorados pela Nolem, além da cultura do melão a empresa ainda cultiva melancia, abacaxi, manga, caju, coco e outras frutas tropicais e gera mais de 15.000 empregos diretos e indiretos.

Em 2008, um dos desafios da Nolem era a comunicação entre a sua sede, em Mossoró RN, e suas novas fazendas no Ceará CE, para isso foram elaborados 3 projetos de comunicação para integrar esses sites, relatarei os três casos e mostrarei detalhadamente o caso de sucesso.



Figura 4: Área de armazenamento da Nolem
Fonte: (Nolem, 2006)



Figura 5: Campo de plantação da Nolem
Fonte: (Nolem, 2006)

3.2 PROBLEMAS ENCONTRADOS

A Figura 6 mostra como era a estrutura no início da exploração das fazendas de NH1 (Núcleo Habitacional 1) e NH3 (Núcleo Habitacional 3) em Russas/CE. Essa solução foi implementada de maneira emergencial, pois a Nolem já tinha fechado contrato com clientes e dependia da estrutura de faturamento para liberar os caminhões. Foi contratado um link de satélite da Answer Telecom para fechar a conexão com o escritório em Mossoró, onde fica os servidores. A comunicação saía de uma antena instalada no NH1 até o satélite onde era direcionado para o escritório da Answer Telecom em São Paulo. Através da internet e de roteadores pré configurados a conexão era fechada em Mossoró. Tivemos alguns problemas com essa solução, pois para que houvesse segurança nas informações trafegadas teríamos que criptografar a comunicação, foi utilizado uma conexão VPN que fechava um túnel virtual entre a fazenda e o escritório em Mossoró. Com esse tipo de conexão nós não conseguimos que os computadores autenticassem no domínio porque a conexão de 256Kbps que tínhamos com o link da Answer Telecom ficou em 54Kbps, o que tornou a comunicação com segurança muito custosa e demorada.

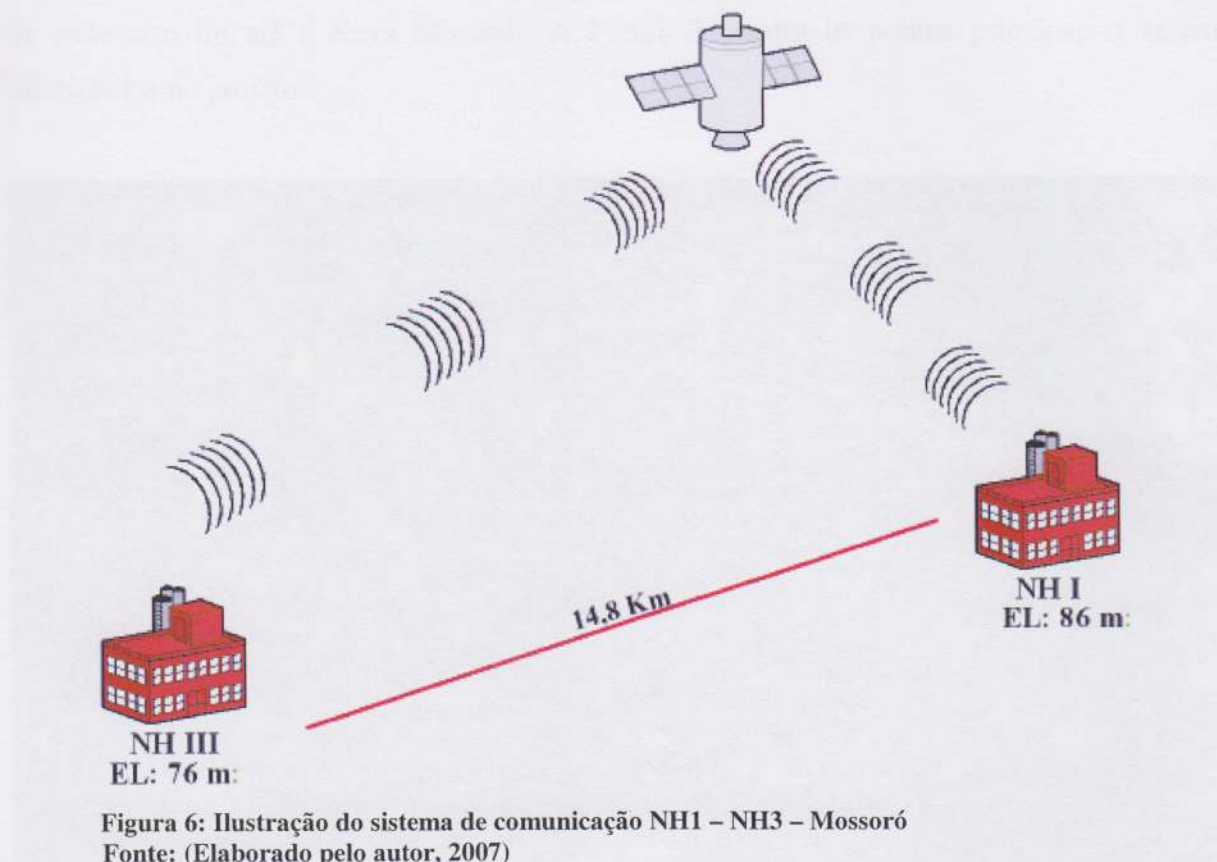


Figura 6: Ilustração do sistema de comunicação NH1 – NH3 – Mossoró
 Fonte: (Elaborado pelo autor, 2007)

Como essa situação não poderia perdurar por muito tempo, tivemos que buscar novas soluções que atendessem de forma satisfatória a nossa necessidade. A segunda solução foi usar um provedor de internet local para fechar o link até a Nolem Mossoró passando pelo backbone na Serra Mossoró, essa solução não chegou a sair do papel, pois se tratava de um link sem segurança alguma e sem redundância, o que provocou logo a recusa por parte do setor de TI. Em pesquisas sobre o serviço da BrisaNet, provedor local de internet na cidade de Russas-CE, vimos que o serviço não tinha estabilidade, e aos fins de semana ele se tornava lento. Esse problema não poderia acontecer de forma alguma, pois a empresa funciona 24 horas por dia, e um final de semana parado seria prejuízo na certa.

3.3 SOLUÇÃO UTILIZADA

Depois de alguns meses de planejamento e pesquisa encontramos uma solução que despontou como a mais viável em todos os aspectos, teríamos que montar um link do NH1 até o NH3 que partiria para a Serra de Vieira, onde se encontra o maior obstáculo a ser

transposto, o Chapadão de Russas, com cerca de 122 metros de altura a elevação geográfica era o único empecilho a transpor no relevo, depois o link seria estabelecido também através de rede sem fio até a Serra Mossoró. A Figura 7 mostra os pontos principais a serem interligados no projeto.

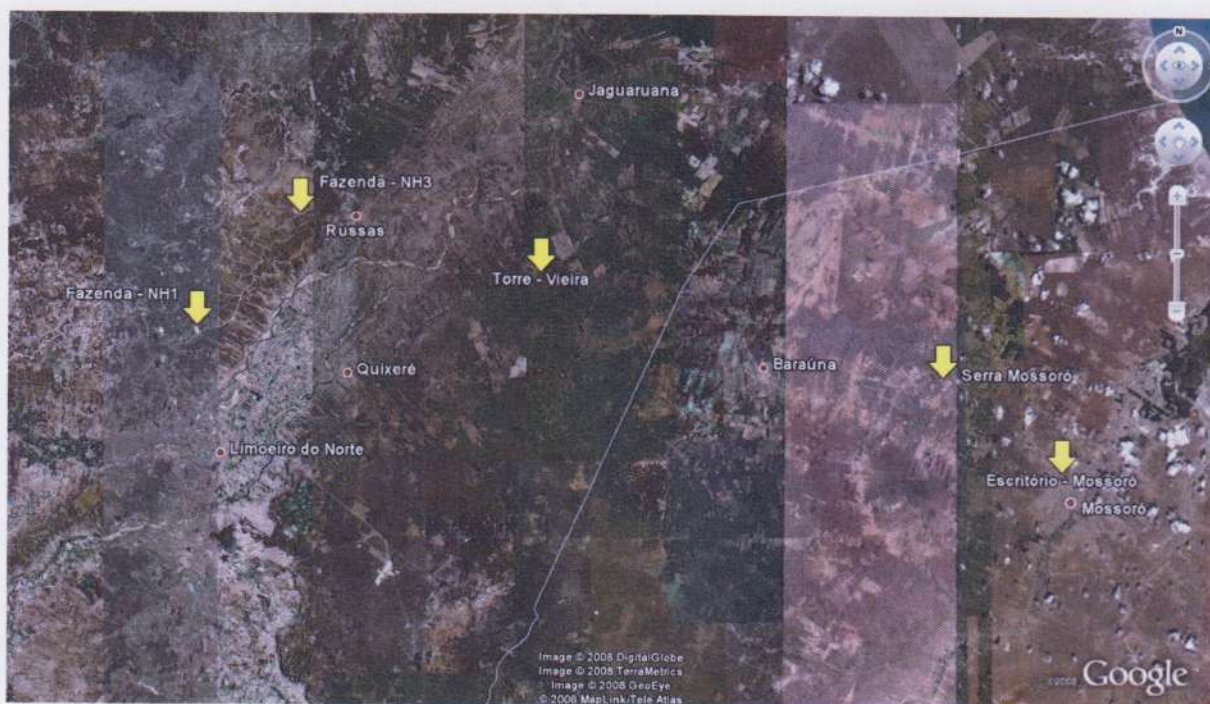


Figura 7: Pontos principais para a rede WAN da Nolem
Fonte: (Google Earth, 2007)

O custo em montar toda essa estrutura seria muito alto, tivemos que optar por uma parceria que ajudasse a baratear a implementação da solução. Com quase 20 anos de atuação em Mossoró no ramo de comunicação, a Gitel Telecom foi a parceria escolhida, a mesma já tinha uma torre de comunicação na Serra de Vieira, pois atendia a alguns clientes na região.

O próximo passo foi calcular a distância entre os pontos e escolher qual tipo de equipamento seria mais apropriado. Com a ajuda com *Google Earth* mostrado na Figura 8, software da Google que possibilita a localização de pontos no globo terrestre e calcular suas distâncias, elevações e coordenadas geográficas, tal tarefa poderia ser realizada. Em cada ponto, através de um equipamento de GPS (*Global Positioning System*), foram marcadas suas localizações para que depois pudessem ser inseridas no *Google Earth*.

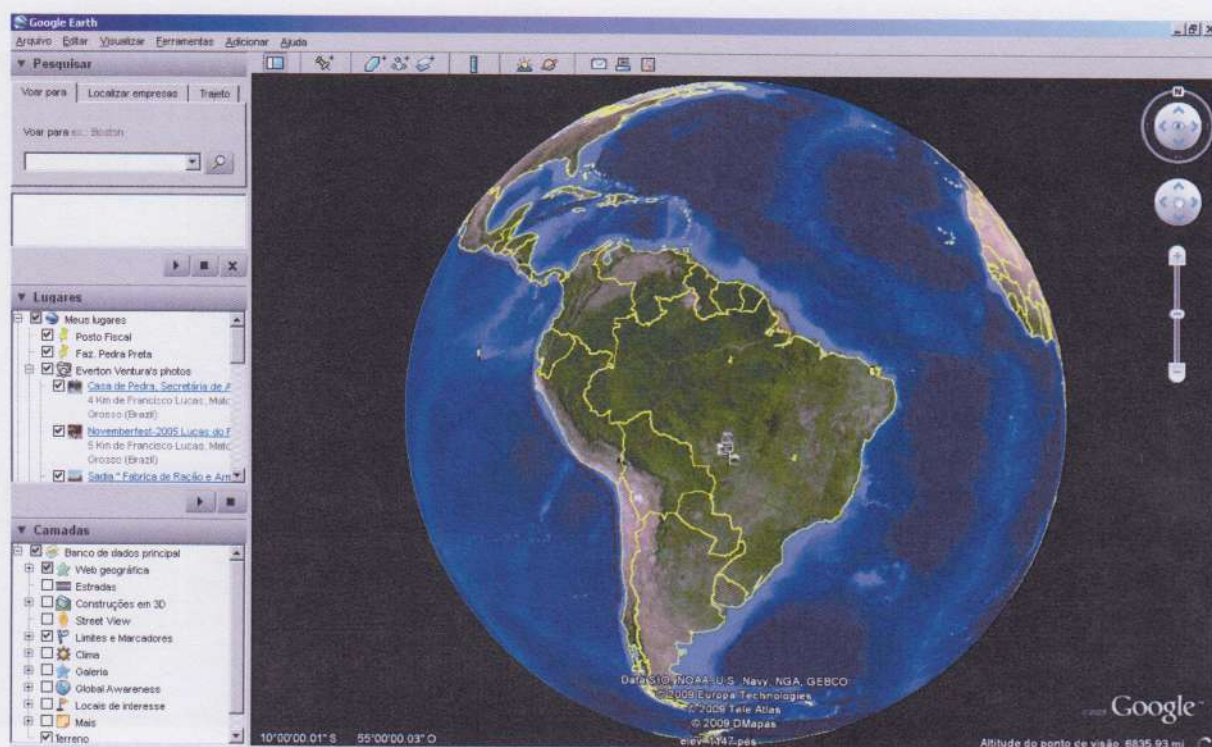


Figura 8: Software de mapeamento geográfico Google Earth
Fonte: (Google Earth, 2007)

3.4 CÁLCULO DE ENLACE

De posse das informações pode-se definir quais os equipamentos seriam utilizados. Do NH1 para o NH3 a distância foi de 14,8 quilômetros conforme mostrado na Figura 6. Com isso pode-se usar os equipamentos da Cisco em seu modelo 1300 que trabalha em uma frequência de 2.4 GHz, cujo fabricante indica para distâncias inferiores a 20 quilômetros. Já foi utilizado na Nolem esse tipo de equipamento em outros enclaves com distâncias equivalentes, com isso tinha-se a certeza de que era o ideal.



Figura 9: Fazenda NH1
Fonte: (Google Earth, 2007)

A Fazenda NH1 tem uma elevação de 86 metros e fica a 14,8 quilômetros de distância da Fazenda NH3.



Figura 10: Fazenda NH3
Fonte: (Google Earth, 2007)

A fazenda NH3 tem uma elevação de 76 metros e é o ponto mais próximo do enlace seguinte, Serra de Vieira.

Para calcular a altura exata das torres foi utilizada a planilha do Professor Antonio Campos a qual é exibida na Figura 11.

	A	B	C
1			
2	Frequência	1 2400	MHz
3	Comprimento	2 14,8	km
4	Altura antena A	3 22	m
5	Altura antena B	4 25	m
6	Altitude da estação A	5 76	m
7	Altitude da estação B	6 86	m
8	$K = 4/3$	1,33	
9	$K = \text{mínimo}$	0,65	

Figura 11: Planilha de Cálculo de Enlace
 Fonte: (Elaborado pelo autor, 2008)

No ponto 1 será inserida a frequência a qual os equipamentos vão trabalhar. Essa informação dependerá da distância do enlace conforme falado anteriormente. Como a distância a ser percorrida da fazenda NH1 até a Fazenda NH3 é de 14,8 quilômetros, foi usada a frequência de 2,4GHz.

No ponto 2 será inserida a distância entre os dois pontos, A e B, ou seja, Fazenda NH3 e Fazenda NH1 respectivamente. Os pontos 3 e 4 serão de início uma estimativa da altura das torres, após concluir a inserção de todos os dados essa estimativa pode ser modificada observando o gráfico.

Os pontos 5 e 6 são respectivamente as alturas da Fazenda NH3 e NH1, essa informação foi conseguida através do *Google Earth*.

O próximo passo é inserir as elevações de 26 pontos entre as localidades A e B. Para conseguir essas informações pegou-se a distância total entre os pontos e dividiu-se por 26, o resultado e o valor que tem que se medir ponto a ponto do início até o final. Para tal procedimento foi utilizado outro recurso do *Google Earth* chamado Régua ilustrado na Figura 12.

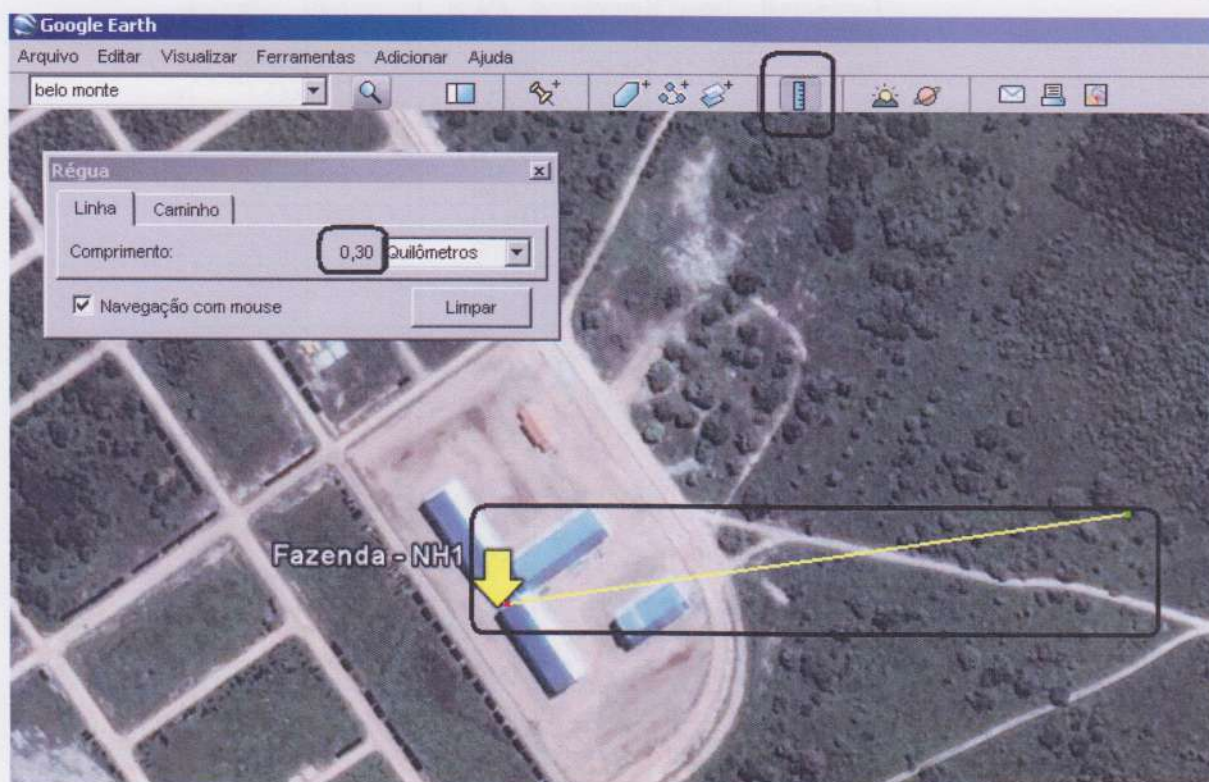


Figura 12: Cálculo da distância

Fonte: (Google Earth, 2007)

Quando se dividiu 14.800 metros por 26 foi obtido o valor de 570 metros aproximadamente, então deve-se medir a distância de 0,5 em 0,5 quilômetros até chegar à fazenda NH3. Para isso a planilha soma o valor 570 na distância anterior para calcular a distância do ponto atual conforme mostra a planilha na Figura 12. Em cada um dos 26 pontos medidos tem que ser inserido também a elevação. Com isso o gráfico que será montado informará com precisão todo o relevo do local percorrido.

	Distância d1	Altitude real	Altitude k=4/3	Altitude k=mínimo	Eixo de Fresnel	Fresnel k=mínimo
0	0	76	76	76	98	98,00
1	0,571	79	79,48	79,98	98,5	96,00
2	1,142	77	77,92	78,89	99	95,54
3	1,713	79	80,33	81,72	99,5	95,35
4	2,284	81	82,69	84,46	100	95,32
5	2,855	82	84,02	86,13	100,5	95,39
6	3,426	85	87,31	89,72	101	95,53
7	3,997	88	90,56	93,24	101,5	95,74
8	4,568	89	91,77	94,67	102	96,01
9	5,139	88	90,94	94,02	102,5	96,33
10	5,71	88	91,08	94,3	103	96,69
11	6,281	86	89,17	92,5	103,5	97,09
12	6,852	89	92,23	95,61	104	97,53
13	7,423	88	91,25	94,65	104,5	98,01
14	7,994	88	91,23	94,61	105	98,53
15	8,565	88	91,17	94,5	105,5	99,09
16	9,136	89	92,08	95,3	106	99,69
17	9,707	87	89,94	93,02	106,5	100,33
18	10,278	85	87,77	90,67	107	101,01
19	10,849	86	88,56	91,24	107,5	101,74
20	11,42	86	88,31	90,72	108	102,53
21	11,991	84	86,02	88,13	108,5	103,39
22	12,562	74	75,69	77,46	109	104,32
23	13,133	81	82,33	83,72	109,5	105,35
24	13,704	76	76,92	77,89	110	106,54
25	14,275	80	80,48	80,98	110,5	108,00
26	14,846	86	86	86	111	111,00

Figura 13: Cálculo de enlace / Distância e Elevação
Fonte: (Elaborado pelo autor, 2008)

Após o preenchimento de toda a planilha, um gráfico será gerado informando por onde o sinal irá passar. Nesse mesmo gráfico mostrado na Figura 15 será mapeado todo o relevo, com isso sabe-se se existe algum obstáculo a ser transposto e a que altura as torres terão que ficar.

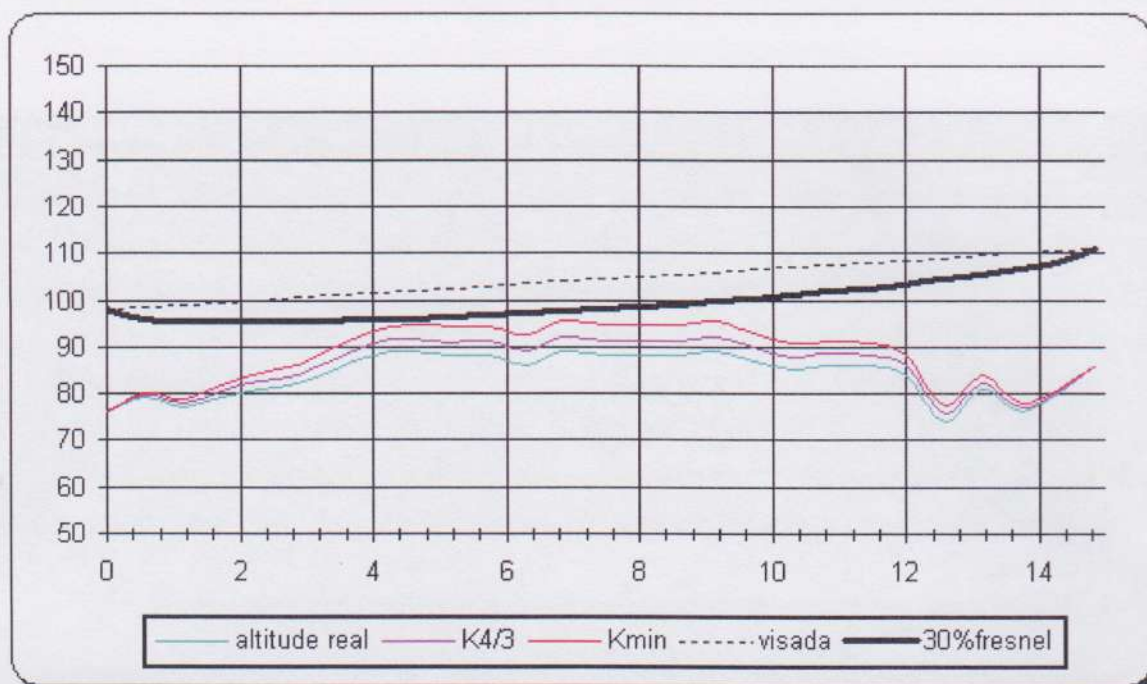


Figura 15: Iperf / Cálculo de banda passante

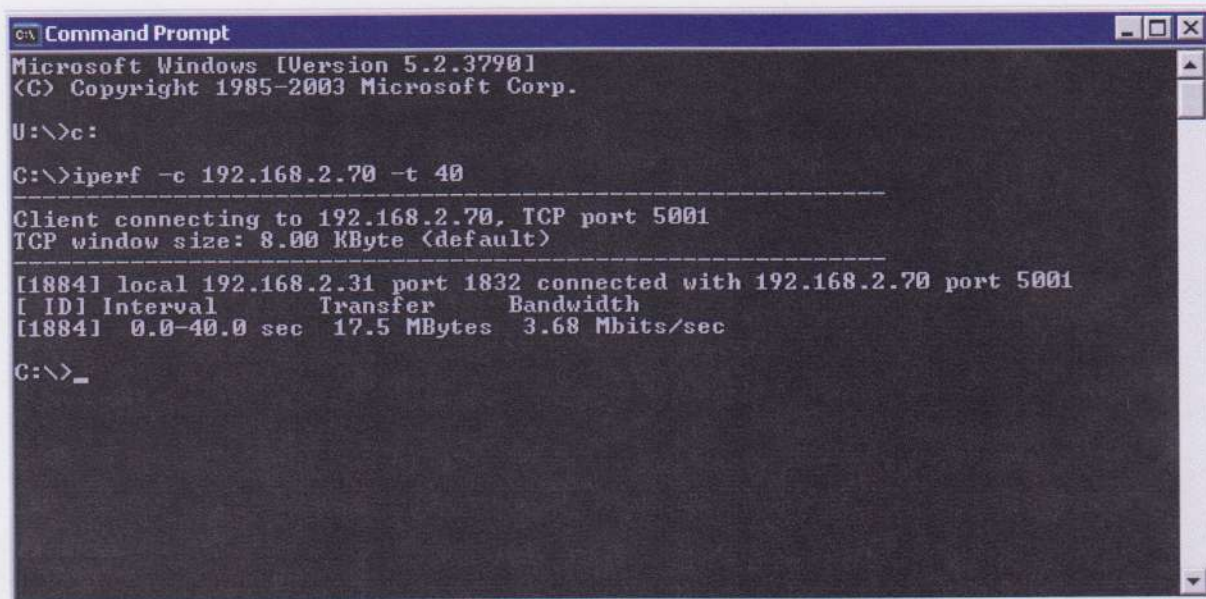
Fonte: (Elaborado pelo autor, 2008)

O gráfico da Figura 15 mostra todas as informações necessárias para saber a altura ideal das torres. Percebeu-se que a linha de visada não é a mais importante na hora de calcular o enlace, o que realmente importa é a Zona de Fresnel, que informa com exatidão por onde o sinal está passando.

De posse desse gráfico pode-se modificar na planilha as alturas das torres que foram inseridos inicialmente, agora passado de mera estimativa para a altura real e ideal.

Após concluir todo o cálculo e montar as estruturas metálicas é hora de testar se o enlace iria realmente funcionar. Com um aplicativo chamado Iperf ilustrado na Figura 16, que calcula a banda passante, concluiu-se que a primeira parte do projeto foi um sucesso, conseguindo 4 MB de banda aproximadamente.

“Iperf é um programa para medir largura de banda de redes de computadores.” (WIKIPÉDIA, 2004)



```

C:\> Command Prompt
Microsoft Windows [Version 5.2.3790]
(C) Copyright 1985-2003 Microsoft Corp.

U:\>c:
C:\>iperf -c 192.168.2.70 -t 40
-----
Client connecting to 192.168.2.70, TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)
-----
[1884] local 192.168.2.31 port 1832 connected with 192.168.2.70 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[1884] 0.0-40.0 sec  17.5 MBytes  3.68 Mbits/sec
C:\>_

```

Figura 16: Iperf / Cálculo de banda passante
 Fonte: (Elaborado pelo autor, 2008)

O próximo passo era fechar o enlace até a Serra de Vieira, o qual é o principal obstáculo a ser transposto. Em parceria com a Gitel Telecom, que já tinha uma torre de transmissão na localidade, conseguiu-se fechar o enlace. Porém, para isso foi necessário usar outro tipo de equipamento e os cálculos tiveram que ser refeitos. A Figura 17 mostra com exatidão a elevação do ponto onde estava localizado a torre da Gitel Telecom.



Figura 17: Serra de Vieira
 Fonte: (Google Earth, 2007)

O enlace teria que sair da Fazenda NH3 até a Serra de Vieira e de lá seria estabelecido outro link com a Serra Mossoró, onde fica o backbone conforme ilustração. A Figura 18 mostra as distâncias dos próximos enlaces, NH3 até a Serra de Vieira e posteriormente para a Serra Mossoró.

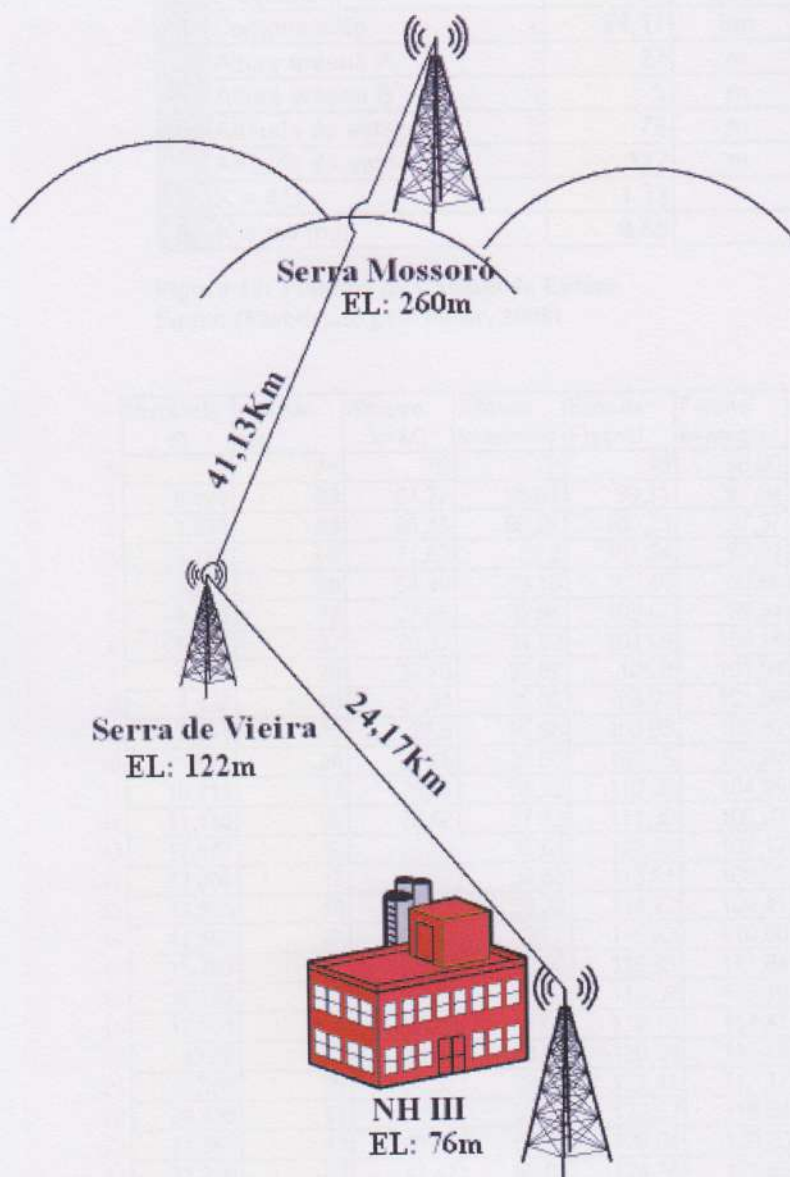


Figura 18: Enlace Fazenda NH3 / Serra de Vieira / Serra Mossoró
Fonte: (Elaborado pelo autor, 2008)

Como a distância era superior a 20 quilômetros da Fazenda NH3 até a Serra de Vieira, a solução CISCO teve que ser descartada. Para conseguir vencer os 24,17 quilômetros foram usados rádios Motorola do modelo Canopy 5700 SM.

O Cálculo foi feito conforme o primeiro, somente foi necessário modificar a frequência que antes era 2,4 GHz para 5,7 GHz, o restante dos dados foram obtidos da mesma forma, em loco com o GPS foram coletadas as coordenadas e inseridas no *Google Earth*.

	A	B	C
1			
2	Frequência 1	5700	MHz
3	Comprimento 2	24,17	km
4	Altura antena A 3	22	m
5	Altura antena B 4	5	m
6	Altitude da estação A 5	76	m
7	Altitude da estação B 6	122	m
8	K = 4/3	1,33	
9	K = mínimo	0,65	

Figura 19: Planilha de Cálculo de Enlace
Fonte: (Elaborado pelo autor, 2008)

	Distância d1	Altitude real	Altitude k=4/3	Altitude k=mínimo	Eixo de Fresnel	Fresnel k=mínimo
0	0	76	76	76	98	98,00
1	0,929	83	84,27	85,61	99,11	97,04
2	1,858	83	85,45	88,01	100,23	97,37
3	2,787	68	71,52	75,2	101,34	97,91
4	3,716	50	54,49	59,18	102,46	98,58
5	4,645	22	27,35	32,95	103,57	99,34
6	5,574	22	28,12	34,52	104,69	100,16
7	6,503	20	26,78	33,87	105,8	101,04
8	7,432	20	27,34	35,02	106,92	101,96
9	8,361	20	27,8	35,96	108,03	102,92
10	9,29	20	28,16	36,69	109,15	103,92
11	10,219	18	26,41	35,22	110,26	104,95
12	11,148	20	28,57	37,53	111,38	106,02
13	12,077	18	26,62	35,64	112,49	107,12
14	13,006	17	25,57	34,53	113,61	108,25
15	13,935	19	27,42	36,22	114,72	109,41
16	14,864	20	28,16	36,7	115,83	110,60
17	15,793	17	24,81	32,98	116,95	111,84
18	16,722	28	35,35	43,04	118,06	113,10
19	17,651	34	40,79	47,9	119,18	114,41
20	18,58	32	38,13	44,54	120,29	115,76
21	19,509	29	34,37	39,98	121,41	117,17
22	20,438	44	48,5	53,21	122,52	118,64
23	21,367	43	46,53	50,23	123,64	120,20
24	22,296	45	47,47	50,05	124,75	121,88
25	23,225	66	67,3	68,65	125,87	123,79
26	24,154	122	122,02	122,05	126,98	126,70

Figura 20: Cálculo de enlace / Distância e Elevação
Fonte: (Elaborado pelo autor, 2008)

Com a primeira parte do segundo link concluída era hora de fechar a segunda parte, que iria da Serra de Vieira até a Serra Mossoró, e concluir o projeto. Com os novos cálculos refeitos foram obtidos os seguintes resultados.

	A	B	C
1			
2	Frequência	1 5700	MHz
3	Comprimento	2 41,13	km
4	Altura antena A	3 20	m
5	Altura antena B	4 20	m
6	Altitude da estação A	5 122	m
7	Altitude da estação B	6 260	m
8	K = 4/3	1,33	
9	K = mínimo	0,65	

Figura 21: Planilha de Cálculo de Enlace
Fonte: (Elaborado pelo autor, 2008)

	Distância d1	Altitude real	Altitude k=4/3	Altitude k=mínimo	Eixo de Fresnel	Fresnel k=mínimo
0	0	122	122	122	142	142,00
1	1,581	121	124,69	128,55	147,3	144,61
2	3,162	124	131,09	138,5	152,61	148,88
3	4,743	127	137,19	147,84	157,91	153,43
4	6,324	123	135,99	149,58	163,22	158,16
5	7,905	116	131,5	147,72	168,52	163,00
6	9,486	115	132,72	151,25	173,83	167,93
7	11,067	104	123,64	144,18	179,13	172,91
8	12,648	99	120,26	142,5	184,44	177,97
9	14,229	96	118,59	142,22	189,74	183,07
10	15,81	93	116,63	141,34	195,05	188,23
11	17,391	94	118,36	143,85	200,35	193,43
12	18,972	90	114,81	140,76	205,66	198,67
13	20,553	88	112,96	139,07	210,96	203,95
14	22,134	85	109,81	135,77	216,26	209,27
15	23,715	85	109,37	134,87	221,57	214,64
16	25,296	82	105,64	130,37	226,87	220,05
17	26,877	85	107,61	131,26	232,18	225,51
18	28,458	111	132,28	154,55	237,48	231,01
19	30,039	129	148,66	169,23	242,79	236,57
20	31,62	150	167,75	186,31	248,09	242,18
21	33,201	152	167,54	183,79	253,4	247,87
22	34,782	136	149,03	162,66	258,7	253,64
23	36,363	131	141,23	151,93	264,01	259,52
24	37,944	145	152,13	159,6	269,31	265,56
25	39,525	155	158,74	162,66	274,61	271,90
26	41,106	260	260,06	260,12	279,92	279,58

Figura 22: Cálculo de enlace / Distância e Elevação
Fonte: (Elaborado pelo autor, 2008)

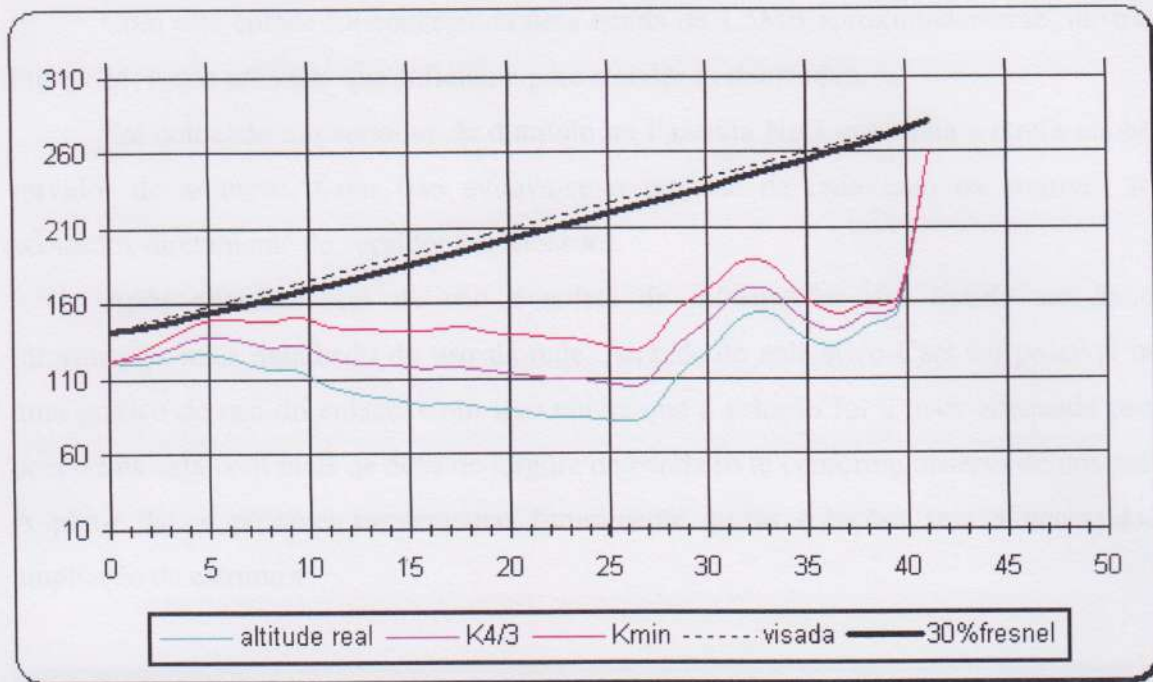


Figura 23: Gráfico de cálculo de enlace
Fonte: (Elaborado pelo autor, 2008)

Segundo link concluído agora era só testar. Para isso foi usado novamente o aplicativo Iperf. O teste foi aplicado da Fazenda NH3 até o escritório em Mossoró.

```

C:\> Prompt de comando
Microsoft Windows XP [versão 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

U:\> c:

C:\> iperf -c 192.168.2.31 -t 40

-----
Client connecting to 192.168.2.31, TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)
-----
[1192] local 192.168.1.193 port 2446 connected with 192.168.2.31 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[1192]  0.0-40.0 sec  6.91 MBytes  1.45 Mbits/sec
C:\>

```

Figura 24: Iperf / Cálculo de banda passante
Fonte: (Elaborado pelo autor, 2008)

Com este enlace foi conseguida uma banda de 1.5MB aproximadamente, ilustrado na Figura 24, o que era mais que suficiente para atender as demandas.

Foi colocado um servidor de domínio na Fazenda NH3 que tinha a tarefa também de servidor de arquivos. Com isso evitava-se o estresse da rede caso os arquivos fossem acessados diretamente do servidor em Mossoró.

Após alguns meses de uso e coleta de informações, foi obtido um banco de informações mais detalhado do uso da rede. Através do aplicativo Cact foi possível montar uma gráfico de uso do enlace. Com isso viu-se que a solução foi a mais adequada possível, pois o link está com mais de 50% de largura de banda livre conforme observa-se nos gráficos. A partir daí, é possível implementar futuramente outras soluções sem a necessidade de ampliação da estrutura.

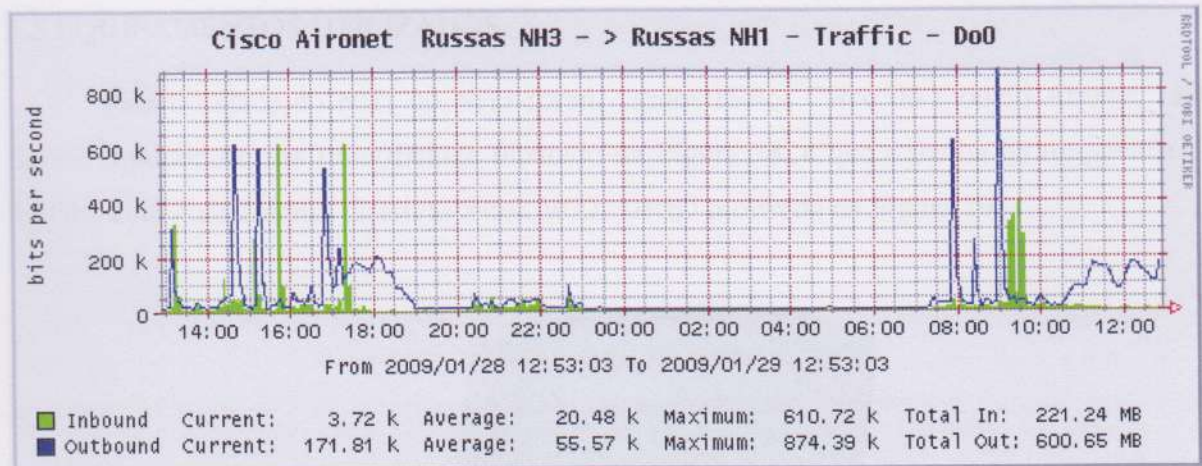


Figura 25: Monitoramento Cact Fazenda NH3 / NH1
Fonte: (Elaborado pelo autor, 2009)

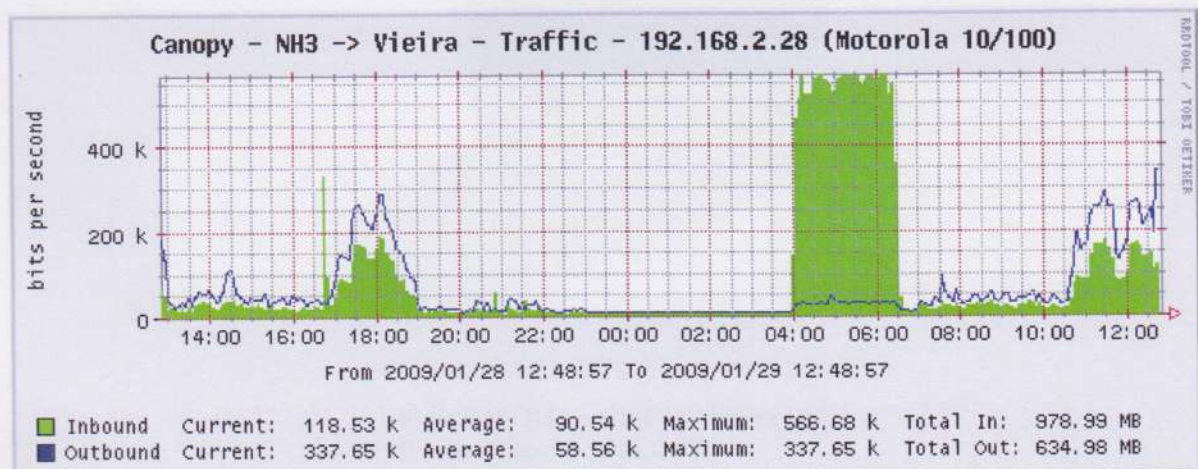


Figura 26: Monitoramento Cact Fazenda NH3 / Serra de Vieira
Fonte: (Elaborado pelo autor, 2009)

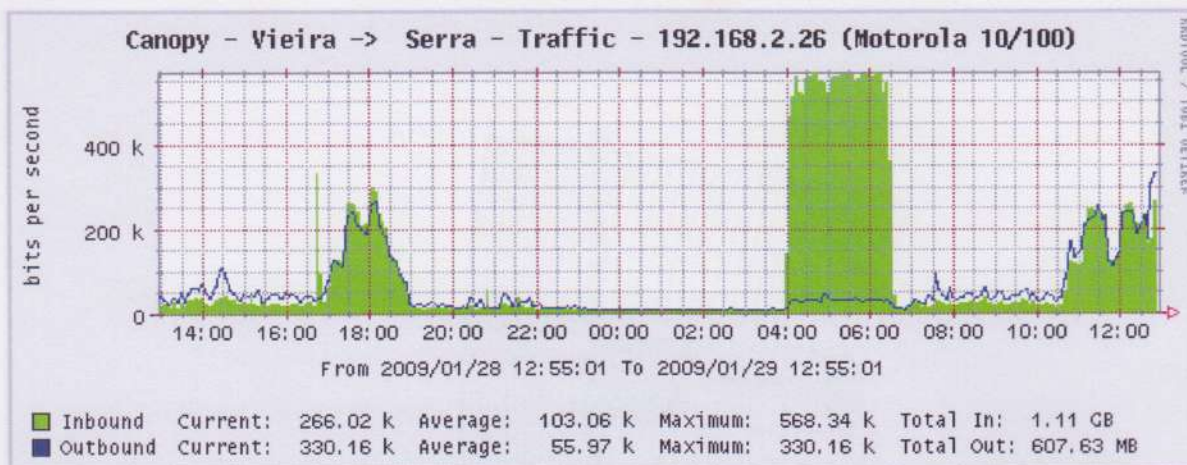


Figura 27: Monitoramento Cact Serra de Vieira / Serra Mossoró
 Fonte: (Elaborado pelo autor, 2009)

3.5 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para o enlace do NH1 ao NH3 foram usados rádios Cisco do modelo Aironet 1300 Series Outdoor Access Point/Bridge ilustrado na Figura 28, e que trabalha na frequência de 2.4Ghz com duas antenas diretivas Zirok WLL-GRID mostrada na Figura 29.



Figura 28: Rádio CISCO Aironet 1300
 Fonte: (CiscoSystems, 2008)

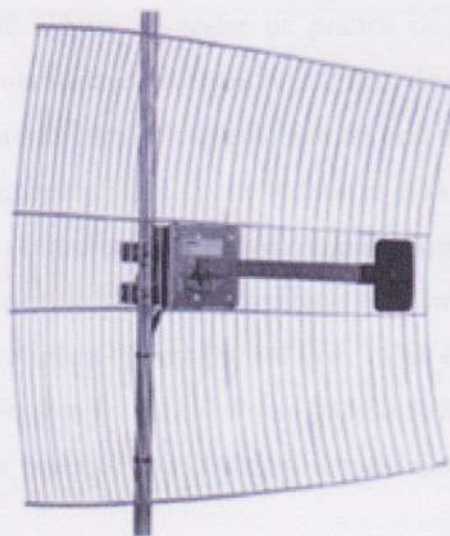


Figura 29: Antena diretiva Zirok WLL-GRID
Fonte: (Zirok, 2009)

No segundo enlace que vai do NH3 a Serra Mossoró passando pela Serra de Vieira foram usados rádios Motorola do modelo Canopy 5700 SM trabalhando na frequência de 5.7 GHz acoplado a um refletor passivo.



Figura 30: Canopy 5700 SM e Refletor Passivo com Rádio acoplado
Fonte: (Motorola, 2009)

4 CONCLUSÃO

Ao concluir os enlaces era a hora de testar na prática os resultados. No NH3 foi colocado um servidor de domino que estava recebendo políticas de segurança do servidor de Mossoró sem qualquer tipo de interferência ou problemas de autenticação. Com relação ao sistema de faturamento, antes o tempo estimado para se faturar uma nota fiscal no Microsiga era em torno de 35 minutos, após a solução sem fio esse tempo diminuiu para 25 segundos.

Com o sucesso da solução sem fio, foi implementado também o Live Communication, um aplicativo Microsoft que disponibiliza em tempo real voz, vídeo e texto.

Com a conclusão da solução sem fio vinculado ao padrão 802.11 a Nolem obteve mais produtividade e eficiência em seu processo burocrático, aumentando consideravelmente seu faturamento na região.

O projeto foi um sucesso, as metas foram atingidas, pois foi implementando um sistema inovador e eficiente para a região.

Atualmente a Nolem encontra-se em processo de implementação de um sistema de VoIP em todas as fazendas, um projeto inovador levando em consideração os locais a serem atendidos. Essa solução também utilizará o link sem fio.

Esse trabalho busca mostrar também que os conhecimentos obtido na Especialização em redes de Computadores/FARN serviu para solucionar problemas enfrentados na prática por uma empresa.

REFERÊNCIAS

ALECRIM, Emerson. **Tecnologia Wi-Fi (IEEE 802.11)**. Disponível em:
<<http://www.infowester.com/wifi.php>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

FARIAS, Bento. **Treinamento Profissional em Redes Wireless**. Ed. Digerati Books – 2006.

CISCO. **Produtos e Soluções**. Disponível em:
<http://www.cisco.com/en/US/products/hw/wireless/products_category_buyers_guide.html>.
Acesso em: 03 jan. 2009.

UZEDA, Guilherme. **Redes locais sem fio que atendem ao padrão IEEE 802.11**.
Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/01_2/802-mac/index.html>. Acesso em: 12 jan. 2009.

MOTOROLA. **Point-to-Multipoint Solutions**. Disponível em:
<<http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services>>. Acesso em:
05 set. 2008

SOARES, L. F. G. Et al. – **Redes de Computadores: Das LANs, MANs e WANs às redes ATM**. Ed. Campus, 1995.

TENENBAUM, Adrew S. **Redes de Computadores**, Rio de Janeiro: Campus, 1996.

WIKI. **Redes Metropolitanas**. Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_de_A1rea_metropolitana>. Acesso em: 23 jan, 2008.