

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**Wilker Luiz Gadelha Maia**

**UM ESTUDO DE VIABILIDADE DE LINKS DE  
RÁDIO FREQUÊNCIA PARA INTEGRAÇÃO DE  
REDES DE COMPUTADORES NA UFACNet  
E REGIÃO DO ACRE**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

**Prof. Dr. João Bosco da Mota Alves  
Orientador**

Florianópolis, Outubro / 2000

# **UM ESTUDO DE VIABILIDADE DE LINKS DE RÁDIO FREQUÊNCIA PARA INTEGRAÇÃO DE REDES DE COMPUTADORES NA UFACNet E REGIÃO DO ACRE**

**WILKER LUIZ GADELHA MAIA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação Área de Concentração em Sistemas de Conhecimento e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

---

Fernando Ostuni Gauthier, Dr.  
Coordenador do PPGCC da UFSC

Banca Examinadora:

---

João Bosco da Mota Alves, Dr.  
Orientador

---

Rogério Cid Bastos, Dr.  
Membro

---

Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão, Dr.  
Membro

---

Anita Maria da Rocha Fernandes, Dra.  
Membro

Dedico este trabalho especialmente a minha filha  
Gabrielle Luiza;  
a minha esposa Augusta;  
a meus pais: Guilherme e Rocilda;  
ao meu irmão Washington;  
a minha irmã Rachel;  
e a minha querida Lalá.

## **AGRADECIMENTOS:**

Quero agradecer a toda equipe da administração do Magnífico Reitor Prof. Francisco Carlos da Silveira Cavalcanti, em destaque a Prof. Fátima Bigi, Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação, pelo seu empenho e dedicação; ao Prof. Jair, Pró-Reitor de Administração e suas equipes, que sem eles não seria possível a realização deste trabalho.

Agradeço especialmente, a equipe do PoP-AC, minhas amigas e colegas Solange, Sonia, e ao meu amigo Boell pelo carinho, consideração e compreensão sempre dedicado ao meu trabalho e a minha pessoa.

Aos meus colegas de turma do mestrado, Prof. Laura Sarkis, Prof. Haroldo Alexandre, Prof. Valmir Saraiva e Prof. Luiz Carlos, seguimos juntos num objetivo desde o primeiro tijolo até a concretização de um produto, fruto de nossos esforços, disciplina e dedicação.

A minha querida Eritânia que desde o primeiro momento que nos conhecemos, começamos um trabalho mútuo, sobretudo de acreditar em uma idéia, de tentar inovar, de apresentar opções de novas tecnologias para nossa comunidade, contribuindo de maneira decisiva nas buscas por conteúdo, nas pesquisas, e sobretudo, confiante na busca de novos ideais.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Bosco da Mota Alves, que desde o primeiro instante acreditou em mim, nas minhas idéias, no meu trabalho, sendo firme e decisivo nos momentos de especiais decisões para nortear meu trabalho, sendo flexível nos momentos de ouvir, discutir e contribuir para este trabalho.

Aos colegas da UFSC que me receberam disponibilizando acesso a infraestrutura da Universidade como Laboratórios, Biblioteca, material de pesquisa, didático etc.

Aos meus colegas da UFAC pela consideração sempre dispensada a mim apoiando e colaborando direta ou indiretamente com este trabalho.

A todos os meus familiares, além de dedicar inteiramente este trabalho, quero ressaltar a importância do apoio fundamental, proporcionando as devidas condições para prosseguir nesta caminhada, enfrentando desafios, apoiando para continuar seguindo em frente.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade

## SUMÁRIO

1. Introdução	14
2. A história da rádio transmissão	17
3. Conceitos de Telecomunicações	20
3.1. Sinais Analógicos	20
3.2. Sinais Digitais	20
3.3. Ondas Eletromagnéticas	21
3.3.1. Propagação de Ondas	21
3.4. Modulação	22
3.5. Interconexão de Wireless LANs	24
3.6. Throughput	26
4. O Padrão IEEE 802.11	28
4.1. Padrões e Protocolos WLAN	28
4.2. A Série IEEE 802	29
4.3. A Padronização IEEE 802.11	29
4.4. O DFWMAC (Distributed Foundation Wireless MAC)	30
4.5. Velocidade Mínima	30
4.6. TIA Interfaciny	31
4.7. ETSI	31
4.8. HIPERLAN	32
4.9. Integração Wireless LAN com LANs Cabeadas	32
4.10. Gerenciamento de Pacotes	33
4.11. A Evolução do Padrão Wireless	33
4.12. A Arquitetura IEEE 802.11	34
4.13. As Camadas IEEE 802.11	35
4.14. Implementação da Camada Física	35
4.14.1. A Camada MAC	36
4.14.1.1. O CSMA/CA	38
4.14.1.2. Portadora Lógica	39
4.14.1.3. Reconhecimento do Nível MAC	40
4.14.1.4. Fragmentação e Reconstrução	40
4.14.1.5. IFS (Inter Frame Spaces)	42
4.14.1.6. Exponential Backoff Algorithm	42
4.15. Acrescentando uma Estação a uma Célula BSS	43
4.15.1. O Processo de Autenticação	43
4.15.2. O Processo de Associação	45
4.16. Roaming	44

4.17. Protegendo a Sincronização	44
4.18. Segurança	45
4.18.1. Controle de Acesso	45
4.18.2. Eavesdropping	45
4.19. Power Saving	46
4.20. Tipos de Quadros	46
4.21. Formato de Quadros	47
4.21.1. Preamble	47
4.21.2. PLCP Header	47
4.21.3. MAC Data	47
4.21.3.1. Frame Control Field	48
4.21.3.1.1. Protocol Version	48
4.21.3.1.2. Tipo e Subtipo	48
4.21.3.1.3. ToDS	49
4.21.3.1.4. FromDS	49
4.21.3.1.5. More Fragments	49
4.21.3.1.6. Retry	50
4.21.3.1.7. Power Management	50
4.21.3.1.8. More Data	50
4.21.3.1.9. WEP	50
4.21.3.1.10. Order	50
4.21.3.2. Duration/ID	50
4.21.3.3. Address Fields	51
4.21.3.4. Sequence Control	51
4.21.3.5. CRC	51
4.21.4. Formato de Quadro RTS	52
4.21.5. Formato de Quadro CTS	52
4.21.6. Formato de Quadro ACK	53
4.22. Redes Ad-Hoc	53
5. Redes sem fio usando microondas	54
5.1. Opções de Tecnologias	54
5.1.1. Tecnologia Narrowband	55
5.1.2. Tecnologia Spread Spectrum	55
5.1.2.1. FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum	56
5.1.2.2. DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum	58
5.2. Técnicas de Acesso	59
5.2.1. TDMA – Time Division Multiple Access	60
5.2.2. CDMA – Code Division Multiple Access	61
5.2.3. FDMA – Frequency Division Multiple Access	61
6. Gerenciamento de Rede Wireless LAN	63
6.1. Organizando os Serviços	63
6.1.2. Identificação dos Dados	64
6.1.3. Pesquisando	65
6.1.4. Monitoramento	65
6.1.5. Traces	66

6.1.6. Cargas	66
6.1.7. Auditoria	67
6.1.8. Informações Relevantes	68
6.1.9. Análises Históricas	68
6.2. Defeitos	68
6.2.1. Perdas	69
6.2.2. Erros	70
6.2.3. Transmissão Incompleta	70
6.2.4. Bloqueios da Conexão	70
6.2.5. Pacotes Falsos	71
6.2.6. Contaminação de Vírus na WLAN	71
6.3. Quebras de Segurança	71
6.4. Monitorando Defeitos	72
6.5. Correção de Defeitos	73
6.5.1. Tipificando Defeitos	74
6.5.2. Quadro de Prioridade e Seleção de Respostas	74
6.5.3. Testando o Defeito	74
6.5.4. Processos de Correções	75
6.5.5. Documentações	76
6.6. Gerenciamento de Erro	76
6.7. Gerenciamento de Atualizações	77
6.7.1. Mudanças de Tecnologias	77
6.7.2. Mudança de Componentes e Conexões	78
6.7.3. Mudança de Software e Aplicações	78
7. Antenas Microondas & RF	80
7.1. Conceituando Antenas	80
7.2. Características Básicas das Antenas	81
7.2.1. Diagrama de irradiação	83
7.2.2. Ângulo de abertura	84
7.2.3. Eficiência	85
7.2.4. Diretividade	85
7.2.5. Ganho	86
7.2.6. Relação frente-costa	87
7.2.7. Resistência a irradiação	88
7.2.8. Largura de faixa	88
7.2.9. Potência recebida	89
7.2.10. Polarização	89
7.2.11. Área física X Área utilizada	90
7.2.12. Ruídos incidentes nos sistemas de antenas	
Microondas & RF	91
7.3. Tipos de Antenas Microondas & RF	91
7.3.1. Antenas baseadas em dipolo	91
7.3.1.1. Dipolo curto	92
7.3.1.2. Dipolo de meia onda	92
7.3.1.3. Dipolo de comprimento de onda	92

7.3.1.4. Dipolo de uma vez e meia o comprimento de onda	93
7.3.1.5. Dipolo dobrado	93
7.3.2. Antena Yagi-Uda	93
7.3.3. Antena Helicoidal	94
7.3.4. Antenas para Microondas	95
7.3.4.1. Parabólicas e Parabolóides	97
7.3.4.1.1. Sistemas Refletores	98
7.3.4.1.2. Ponto-Focal	99
7.3.4.1.3. Cassegrain	102
7.4. Eficiência de iluminação e transbordamento dos sistemas refletores	104
7.5. Linhas de Transmissão e Linhas Elétricas	106
7.6. Guia de Ondas	107
7.6.1. Guia de onda elíptica	107
7.6.2. Guia de onda retangular	107
7.6.3. Guia de onda circular	107
7.7. Perda de Ondas	108
7.8. Torres e Infra-estruturas	109
7.8.1. Sistema de Visibilidade	110
7.8.2. Torres auto-suportadas	110
7.8.3. Torres Estaiadas	110
7.8.4. Estrutura de Transmissão e Recepção	111
7.9. Tópicos de Segurança	112
7.10. Determinando o nível de potência em RF	114
7.10.1. Atenuação	114
7.10.2. Perda de transmissão	115
7.10.3. Perda no espaço livre	115
8. Estudo de Caso	116
8.1. Conhecendo do Acre	116
8.1.1. Informações dos Municípios do Acre	117
8.1.2. Divisão Territorial do Acre	117
8.1.2.1. Vale do Juruá	117
8.1.2.2. Vale do Acre	118
8.1.3. Mapa do Acre	119
8.2. A infra-estrutura da rede UFACNet	120
8.2.1. Reconhecimento do Ambiente	120
8.2.1.1. A Instituição	120
8.2.1.2. Os equipamentos	121
8.2.1.3. Infra-Estrutura e Canais de Comunicação	121
8.2.1.4. A rede da Instituição	122
8.2.1.5. O Backbone ATM do Campus	123
8.2.1.5.1. Asynchronous Transfer Mode (ATM)	124
8.2.1.5.2. Protocolo Orientado a Conexão	125

8.2.1.5.3. Protocolo não Orientado a Conexão	126
8.2.1.5.4. Velocidade	126
8.2.1.5.5. O sistema de Multiplexação	126
8.2.1.5.6. Capacidade Superior de Largura de Banda	127
8.2.1.5.7. Acesso ao Backbone	127
8.2.1.5.8. Qualidade de Serviço (QoS)	127
8.2.1.5.9. Capacidade de Multicast	128
8.2.1.5.10. Baixa Latência	128
8.2.1.5.11. Reduzindo a Complexidade da Rede	128
8.2.1.5.12. LANs Virtuais (VLANs)	129
8.2.1.5.13. Usando os Serviços do LAN Emulation	129
8.2.1.5.14. Benefícios do LAN Emulation	130
8.2.1.6. Premissas / Dados da UFAC	130
8.2.1.7. O Backbone UFACNet	131
8.2.1.8. O Switch ATM Central	132
8.2.1.9. HUBs Empilháveis Ethernet	135
8.2.1.10. O Switch Ethernet ATM Departamental	135
8.2.1.11. Estudo do Ambiente	136
8.2.1.11.1. Definição da Área de Cobertura	137
8.2.1.11.2. Definição do Perfil de Tráfego	137
8.2.1.11.3. Localização das Estações-Rádio	137
8.2.1.11.4. Medidas de Campo	138
8.2.1.11.5. Equipamentos Selecionados	138
8.2.1.12. Visões Conclusivas	138
9. Conclusão	140
10. Referência Bibliográfica	144
11. Anexo A: Faixa de Frequências com os comprimentos de ondas	153
12. Anexo B: Um estudo de caso: a rede UFACNet	162
13. Anexo C: Portaria MC – Regulamenta RF faixa ISM	163
14. Anexo D: Equipamentos/Fabricantes – Infra-estrutura Wireless LAN	168
15. Anexo E: Espectro de Frequência	179
16. Anexo F: Tabelas de Canais de Frequência por Regiões Geográficas	184

## Lista de Figuras

FIGURA 01: Onda senoidal	20
FIGURA 02: Representação de sinais digitais binário e ternário	21
FIGURA 03: Painel apresentando os componentes para integ. LAN-to-LAN	25
FIGURA 04: Esboço de integração de redes Wireless LAN x Cabeada	32
FIGURA 05: Tráfego de pacotes wireless no modelo de camadas OSI	33
FIGURA 06: Composição básica de uma rede Wireless LAN	34
FIGURA 07: Cabeçalho de um quadro 802.11	36
FIGURA 08: Tráfego de quadros entre estações Wireless	38
FIGURA 09: Transm. de dados entre duas estações usando pacotes de controle	39
FIGURA 10: Fragmentando quadros	42
FIGURA 11: Quadro 802.11	47
FIGURA 12: MAC Frame	47
FIGURA 13: Campos de controle	48
FIGURA 14: Quadros RTS	52
FIGURA 15: Quadros CTS	52
FIGURA 16: Quadros ACK	53
FIGURA 17: FHSS	57
FIGURA 18: DSSS	59
FIGURA 19: TDMA	60
FIGURA 20: CDMA	61
FIGURA 21: Monitoramento Wireless LAN	66
FIGURA 22: Processos de gerenciamento em rede Wireless LAN	69
FIGURA 23: Processos para correção de defeitos em redes Wireless LAN	73
FIGURA 24: Processos de testes de correção de defeitos em redes WLAN	76
FIGURA 25: Esboço físico de uma antena comum	80
FIGURA 26: Antena de Marconi ou monopolo	81
FIGURA 27: Diagrama de irradiação de uma antena isotrópica	82
FIGURA 28: Diagrama de irradiação 2D	83
FIGURA 29: Diagrama de irradiação horizontal	83
FIGURA 30: Diagrama de irradiação vertical	83
FIGURA 31: Ângulo de abertura do lóbulo principal	84
FIGURA 32: Relação frente-costa	87
FIGURA 33: Antena helicoidal	94
FIGURA 34: Geometria de um sistema refletor tipo ponto-focal	100
FIGURA 35: Sistema de comunicação ponto-a-ponto	102
FIGURA 36: Antena Casseigrain	103
FIGURA 37: Geometria típica de um sistema de antenas Casseigrain	103
FIGURA 38: Distribuição típica de amplitude para um sistema de Antenas Casseigrain	103
FIGURA 39: Transbordamentos	106
FIGURA 40: Estrutura de transmissão e recepção	111
FIGURA 41: Mapa do Acre	119
FIGURA 42: Estrutura da rede Campus UFACNet	131
FIGURA 43: Estrutura de rádio do backbone Campus UFACNet	136

**Listas de tabelas**

TABELA 01: As principais normas do IEEE. Família 802	29
TABELA 02: Tipos e sub-tipos de quadro	49
TABELA 03: Endereçamento ToDS e FromDS	51
TABELA 04: Características de antenas Yagi	94
TABELA 05: Características de antenas parabólicas	98
TABELA 06: Municípios do Acre	117

## RESUMO

Quando nos anos 80, ressurgiu a idéia das transmissões de dados por meio rádio frequência através de ondas eletromagnéticas, o termo “wireless” tornou-se forte e voltou a ser inserido no contexto acadêmico, científico e tecnológico, denotando uma expressão cada vez mais utilizada para referenciar transmissões de informações por campos eletromagnéticos. Impulsionado principalmente pela “guerra fria” surgiram várias tecnologias aumentando o portfólio de aplicações wireless entre elas a chamada Spread Spectrum (SS) ou Espalhamento Espectral (EE).

Este trabalho descreve exatamente a tecnologia spread spectrum (SS) funcionando inicialmente na banda de 902-928 MHz e posteriormente estendendo-se para as faixas de 2.4 e 5.8 GHz, consolidando, pelos organismos internacionais reguladores de telecomunicações, a banda ISM (Industrial Scientific and Medical) ou ICM (Indústria Científica e Medicina) no Brasil, a qual constitui uma banda especial, específica, licenciada e livre para as áreas abrangentes de suas próprias definições. Contudo, não implica que esta banda seja utilizada por diversas empresas de vários segmentos comerciais.

Além de descrevermos todo ambiente conceitual tecnológico como um estudo sobre a tecnologia Spread Spectrum; um estudo sobre interconexão entre redes de computadores; descrição do padrão IEEE 802.11 onde já contamos com as variações 802.11a e 802.11b; estudo sobre antenas e componentes complementares como cabeamento, segurança, gerenciamento de redes wireless, apresentamos inserido no contexto, para realçar a aplicação desta tecnologia, um estudo de caso na forma de trabalho prático que constitui na apresentação da rede acadêmica da UFAC (Universidade Federal do Acre), denominada de Campus UFACNet e complementamos sua estrutura de backbone em fibra óptica com a integração de três links de rádio utilizando-se da banda ISM, aplicando a tecnologia Spread Spectrum.

Palavras-chaves: Wireless LAN, 802.11, ISM.

## ABSTRACT

When in years 80, the idea of the transmissions of data for half radio resurged frequency through electromagnetic waves, the term "wireless" became strong and came back to be inserted in the academic, scientific and technological context, denoting an expression each time more used to referenciar transmissions of information for electromagnetic fields. Stimulated mainly for the "cold war" wireless between them had appeared some technologies increasing the portfólio of applications the call Spread Spectrum (SS) or Espalhamento Espectral (EE).

This work describes the technology accurately spread spectrum (SS) functioning initially in the band of 902-928 MHz and later extending itself for the 5.8 bands of 2.4 and GHz, consolidating, for the regulating international organisms of telecommunications, band ISM (Medical Scientific Industrial and) or ICM (Scientific Industry and Medicine) in Brazil, which constitutes a special band, specific, permitted and it exempts for the including areas of its proper definitions. However, it does not imply that this band is used by diverse companies of some commercial segments.

Besides describing all surrounding conceptual technological as a study on the technology Spread Spectrum; a study on interconnection between computer networks; description of the standard IEEE 802,11 where already we count on the variations 802.11a and 802.11b; study on complementary antennas and components as cabeamento, security, management of nets wireless, we present inserted in the context, to enhance the application of this technology, a study of case in the form of practical work that it constitutes in the presentation of the academic net of the UFAC (Federal University of the Acre), called of UFACNet Campus and we complement its structure of backbone in optic fiber with the integration of three links of radio using itself of band ISM, applying the technology Spread Spectrum.

Keywords: Wireless LAN, 802.11, ISM.

## CAPÍTULO I

### Introdução

A idéia de comunicação sem fio vem desde 1901, quando o físico italiano Guglielmo Marconi, utilizando-se dos códigos telegráficos da época para comunicação por meio de fios e, de um aparelho criado pelo físico alemão Heinrich Hertz capaz de irradiar e receber energia, inventou o telégrafo sem fio que transmitia informações de um navio para o litoral através de código morce.

A utilização de redes sem fio pode trazer muitas vantagens a seus usuários sendo aplicadas de diversas maneiras.

Atualmente, usuários que possuem computadores interligados em redes, instalados em seus locais de trabalho, já estão sentindo falta de liberdade para comunicarem-se mais facilmente em qualquer lugar, a qualquer momento. Como poderíamos utilizar fios enquanto estamos na rua precisando fazer uma consulta simples e rápida para fornecer alguma informação a um provável cliente que está em nossa frente? Uma solução viável poderia ser a utilização de equipamentos conectados por meio de uma rede sem fio.

As redes sem fio e a computação móvel possuem uma relação bastante estreita, porém, não são iguais. Computadores portáteis podem ser conectados por fios e computadores sem fio podem não ser portáteis. Podemos então, dizer que temos uma computação móvel quando existirem equipamentos que podem ser transportados para qualquer lugar capazes de transmitir e receber informações utilizando fios ou não. As redes sem fio fornecem comunicação entre equipamentos fixos e móveis através de antenas transmissoras e receptoras de dados deixando de lado a cara estrutura de cabeamento.

As redes sem fio são mais fáceis de instalar, modificar, possuem flexibilidade com relação a suporte, mobilidade, são mais baratas entre outras características, também podendo ser variadas. Podemos, por exemplo, ter computadores se comunicando diretamente com uma LAN sem fio utilizando uma comunicação digital, ou utilizar um telefone celular com um modem analógico tradicional.

A tendência para o futuro em termos de redes sem fio é a difusão dessa tecnologia em inúmeras aplicações cada vez mais abrangentes, deixando assim, os usuários desse recurso mais à vontade para ir e vir sem perder tempo.

A finalidade principal deste trabalho de pesquisa, tem por objetivo oferecer oportunidades de construção de conhecimento das tecnologias de redes sem fio (Wireless Networking), com a finalidade de aplicação na integração das redes de computadores para os mais diversos segmentos e suas aplicações específicas, utilizando a técnica de rádio frequência. Esta integração deverá atender às necessidades básicas de infra-estrutura das linhas de comunicação de uso dinâmico e principalmente voltada a

comunicação de dados à alta velocidades, com segurança, confiabilidade ininterrupta, podendo ser estendida e dimensionada de acordo com as necessidades de abrangência regional, visando assim, a integração com várias Instituições, levantando possibilidades de novos serviços e aplicações.

Durante muitos anos, a tecnologia de espalhamento espectral (Spread Spectrum, SS), ficou obscura e protegida, classificada como assunto militar, e que não era disponível para utilização civil e comercial. Esta tecnologia teve sua aplicação prática desde a Segunda Grande Guerra Mundial e Nos tempos da chamada Guerra Fria, entre as grandes potências militares do mundo. Quando nos anos 80, foi liberado para utilização comercial, se estabeleceu uma banda de experimentação desenvolvimento de pesquisas na faixa de 902-928 MHz. Atualmente, está estabelecida a banda ISM (Industrial Science e Medicine) onde vários fabricantes disponibilizam soluções em cima da padronização IEEE 802.11, combinando produtos para transmissão de voz, dados, telefonia celular, redes sem fio e etc.

Neste trabalho propomos apresentar uma teoria básica de espalhamento espectral baseados nas técnicas de DSSS e FHSS. De acordo com a proposta e organização do trabalho estabelecemos a seguinte abrangência de assuntos:

Inicialmente, comentamos rapidamente um pouco da história de rádio transmissão, seus padrões e o comportamento atual, com tendências futuras. Em seguida, é apresentado conceitos básicos de telecomunicações como sinais analógicos e digitais; teoria das ondas eletromagnéticas; modulação; interconexão entre redes Wireless LAN e taxas de vazão ou throughput.

Seguindo a linha de pesquisa, descrevemos o trabalho de padronização desenvolvido pelo IEEE construindo o padrão utilizado hoje pelos fabricantes: o padrão IEEE 802.11. Numa seqüência lógica, apresentamos para completar o subsídio tecnológico, apresentamos as tecnologias empregadas para redes sem fio baseadas em microondas com as técnicas de DSSS e FHSS e também, as técnicas de acesso TDMA, CDMA e FDMA.

A preocupação agora, é de como gerenciar e controlar redes baseadas em rádio frequência. Dessa forma, descrevemos técnicas para gerenciamento de redes sem fio ou Wireless LAN.

Uma questão de infra-estrutura fundamental: torres e antenas. As antenas merecem um estudo aprofundado e a parte pelo volume de conceitos e conteúdos que envolve um equipamento aparentemente simples, e fundamental, que serve para propagar as ondas eletromagnético no espaço.

Para completar este trabalho, aproveitamos o incentivo dado pelas características regionais aqui estabelecidas, e a tecnologia desbravada, aproveitamos a oportunidade para apresentar um estudo de caso baseado em fatos reais, inserido numa versão acadêmica da rede de computadores da Universidade Federal do Acre (UFAC) conhecida como Campus UFACNet. Neste estudo de caso, apresentamos uma proposta para elaboração de projetos especiais para cobrir as necessidades de projeto e

planejamento para inserir links de rádio frequência via microondas usando a banda ISM, de baixo custo e de excelente benefícios com alta performance.

Fechando, colocamos em anexo, material complementares para subsidiar estes assuntos como uma tabela das faixas de frequência em KHz, MHz, e GHz, com medidas de comprimentos de ondas; Um painel simplificado do estudo de caso e uma aplicação; a Portaria do Ministério das Comunicações ( MC 814/1996) que regulamenta o uso da banda ISM no Brasil; Um resumo dos principais fabricantes e equipamentos para Wireless LAN; o Espectro de Frequência e finalmente, as tabelas de canais de frequência estabelecidas pelos principais órgão gerenciadores de telecomunicações do mundo.

## CAPÍTULO II

### A História da Rádio Transmissão

A história de transmissão de dados através de rádio transmissão tem sido uma busca constante desde a primeira transmissão realizada por Marconi.

Com a descoberta da existência de ondas eletromagnéticas determinadas a partir das equações de Maxwell em 1864, em que introduziu o conceito de corrente de deslocamento em campos elétricos e magnéticos, Hertz em 1888, aplicando as equações de Maxwell comprovou a existência das ondas eletromagnéticas e que nas suas experiências, Hertz utilizou frequências na faixa de UHF.

Aproveitando estas definições, em 1901 Guglielmo Marconi realizou a primeira transmissão de voz através de ondas de rádio, seguido em 1906 por Reginald Fessenden. As transmissões efetuadas por Marconi entre a Inglaterra e o Canadá foi feita utilizando um transmissor de 15 KW em um comprimento de onda de 366m, na banda de 820 KHz. Marconi observou que o alcance de um sinal transmitido durante o dia era menor do que à noite. Porém, observou também que essa diferença de alcance tornava-se tanto menor quanto maior fosse o comprimento da onda transmitida [LU, 98].

A introdução comercial do rádio de difusão aconteceu com muita determinação pela década de 20, em que foram experimentadas frequências mais elevadas, ou seja, com comprimentos de ondas menores, utilizando reflexões nas camadas gasosas ionizadas, localizadas em grandes altitudes acima da Terra. A descoberta dessas camadas ionizadas, que constituem a ionosfera, juntamente com o avanço tecnológico na área da eletrônica, permitiu um aumento extraordinário nas radiocomunicações a grandes distâncias, empregando frequências mais elevadas. Com a exploração crescente dos serviços de telecomunicações, observou-se uma pequena saturação nas faixas de frequências mais baixas, produzindo assim, uma utilização de frequências cada vez mais elevadas.

Um dos primeiros experimentos utilizando frequências na faixa de GHz, foi feita por Clavier, em 1931, ligando 40 Km entre a Inglaterra e a França na banda de 1,75 GHz, prestando serviços telefônicos e de teletipo [LU, 98].

Foi exatamente com a Segunda Guerra Mundial que verificou-se uma aceleração destas tecnologias, pela necessidade do desenvolvimento do radar, e conseqüentemente, a criação de recursos e técnicas para transmissão segura em alta frequência.

Como a história e a tecnologia não param, esses avanços foram constantes e vemos que cada vez mais necessitamos de maiores bandas. A exigência por largura de banda tem sido uma questão constante e continua sendo um problema para nossos dias. As pessoas sentem a necessidade de comunicação cada vez maior, precisando transmitir cada vez mais informações em menor tempo a velocidades cada vez maiores.

Enviar informações a longas distâncias tem sido um desafio constante, sendo alcançados através de técnicas de comunicações e padrões que desafiam cada vez mais os limites para oferecer maiores velocidades, maior largura de banda, melhor interoperabilidade, robustez e segurança.

A Ethernet tem-se tornado uma tecnologia padrão e predominante de LANs no mundo das redes cabeadas. Definido pelo IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) com o padrão 802.3, ele tem provido uma evolução com altas velocidades e largamente disponível no mercado com padrão de interoperabilidade. Originalmente o Ethernet oferece uma taxa de 10 Mbps para transferência de dados e evoluindo para oferecer taxas de até 100 Mbps, destinados a atender aplicações intensivas, requeridas por projetos de integração de backbones os quais necessitam de bastante largura de banda. O padrão IEEE 802.3 possui um leque bastante grande de fornecedores, fabricantes de produtos e de baixo custo a seus usuários. Este padrão garante interoperabilidade, permite a usuários selecionar produtos de diferentes fabricantes e oferece uma razoável segurança.

A primeira tecnologia wireless LAN operava numa banda estreita de 900 MHz, tendo baixa velocidade (1 a 2 Mbps) utilizando tecnologias e soluções proprietárias. Apesar desta imperfeição, a liberdade e flexibilidade oferecida por wireless permitiu que estes primeiros produtos abrissem caminhos para novos mercados verticais, despontando uma nova força de trabalho móvel usando dispositivos hand-held para gerenciamento e coleta de dados.

Por volta de 1992, fabricantes de produtos wireless LAN começam a desenvolver projetos de equipamentos operando na banda ISM de 2.4 GHz, a qual é estabelecida como uma faixa livre de licenciamento. Com isto foi aberto novos mercados verticais como o de profissionais e instituições de saúde, com uma força de trabalho altamente móvel.

A história do avanço tecnológico nas redes cabeadas pode ser resumido através dos termos: rapidez, confiabilidade e custo reduzido.

A tecnologia wireless LAN tem trilhado este mesmo caminho onde o aumento significativo das taxas de transmissão de dados de 1 para até 11 Mbps, interoperabilidade, padronização, barateamento dos custos torna-se realidade com a introdução do padrão IEEE 802.11.

O padrão IEEE 802.11b permite uma taxa de transferência de 11 Mbps para WLANs operando na faixa de frequência de 2.4 GHz onde existe bastante largura de banda para esta taxa ser novamente incrementada. Usando uma técnica de modulação opcional a especificação 802.11b, é possível conseguir o dobro da taxa de dados utilizada atualmente. Já existe alguns fabricantes que oferece equipamentos operando com taxas de 30 Mbps.

Fabricantes de produtos wireless LAN migraram imediatamente da banda de 900 MHz para a banda de 2.4 GHz para poder aproveitar o acréscimo da taxa de transferência de dados, bem como sua padronização reforçando as facilidades de

interoperabilidade. A banda de 900 MHz não oferece uma expansão maior e em algumas regiões do mundo, pelo seu congestionamento, provoca muitas interferências com outros serviços como celular e pagers. Este padrão promete ser capaz de suportar grandes larguras de bandas, elevando as taxas de transmissão de dados, disponível na faixa de 5.7 GHz. O IEEE já tem uma especificação conhecida como 802.11a para equipamentos operando na banda de 5.7 GHz suportando uma taxa de dados de até 54 Mbps. Esta nova geração de tecnologia provavelmente estará com os preços atraentes e acessíveis neste mercado emergente por volta do ano de 2001, segundo as previsões dos especialistas e da indústria. Como já é típico das tecnologias, este custo deverá decrescer na medida em que os componentes ficarem mais populares e esta tecnologia mais acessível. A banda de 5 GHz promete para uma próxima atualização alcançar taxas de até 100 Mbps.

## CAPÍTULO III

### Conceitos de Telecomunicações

#### 3.1. Sinais Analógicos

Nas telecomunicações, as informações são consideradas sinais elétricos, podendo ser classificadas como sinais analógicos e digitais de acordo com as variações de suas amplitudes [SOU, 99].

Neste caso, quando comentamos sobre sinais analógicos, estamos nos referindo ao tipo de sinais elétricos que podem assumir no tempo, infinitos valores possíveis de amplitude permitidos pelo meio de transmissão, e geralmente é ilustrado como um gráfico de uma função senoidal. Podemos entender estes sinais como uma onda gerada pela variação de uma tensão elétrica que se propaga por um meio de transmissão.

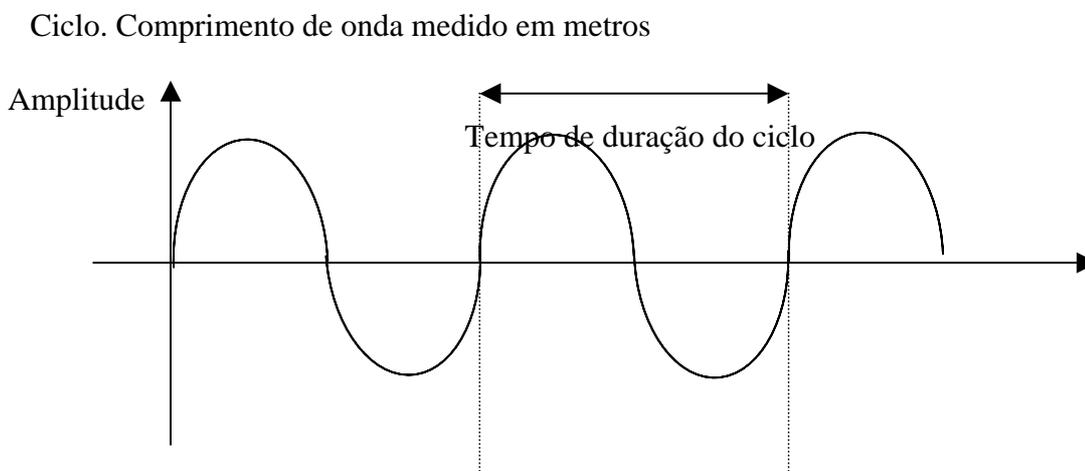


FIGURA 1: Onda senoidal, representação gráfica de sinais analógicos.

#### 3.2. Sinais Digitais

Os sinais elétricos que representam as informações assumem valores de amplitude predeterminados no tempo. Este tipo de sinal pode ser representado por um gráfico que chamamos de ondas quadradas, e que são representados por sinais binários (0 e 1) saltando de um valor para outro instantaneamente. O sinal digital permite a codificação de qualquer símbolo que possa ser representado no computador, compondo informações de uma maneira muito mais simples e prática do que os sinais analógicos [SOU, 99].

Os sinais digitais são normalmente utilizados em telegrafia e transmissão de dados, como por exemplo, do código Morse. Neste caso, impulsos elétricos padronizados representam os sinais gráficos. Assim, num determinado instante, o valor da amplitude do sinal sempre será prefixado.

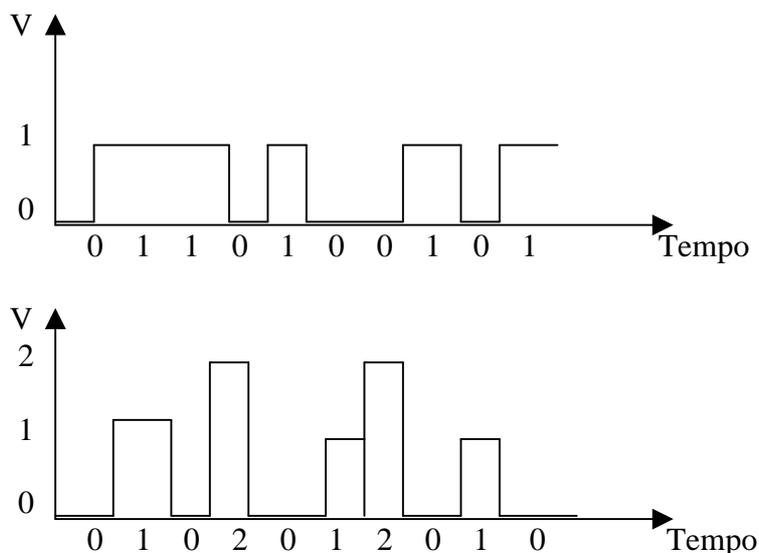


FIGURA 2: Representações de sinais digitais binário e ternário.

### 3.3. Ondas Eletromagnéticas

O uso de ondas de rádio para o ambiente wireless LAN é simplesmente o caminho mais lógico para troca de informações entre computadores. O problema é que todas as frequências de rádio são cuidadosamente gerenciadas e controladas por agências oficiais reguladoras do espectro de frequência. Muito do espectro de frequência já está sendo utilizado por outras aplicações e dedicados a clientes de acordo com o tipo de serviço. Redes wireless de computadores tem sido largamente usada principalmente em três bandas de frequência onde estão destinados para a chamada banda ISM, a qual estamos concentrando nossa pesquisa. Conhecendo as áreas do espalhamento espectral, estas frequências podem ser usadas sem necessidade de concessão de licenças. Vale lembrar que este termo de “licença livre” é muito relativo, pois os equipamentos como rádios devem estar vistoriados e o fabricante credenciado para fabricação e comercialização [LU, 98].

#### 3.3.1. Propagação de Ondas

Em um enlace de rádio estabelecido e em funcionamento, existe a propagação de ondas eletromagnéticas onde constituem-se em portadoras de rádio entre um ponto transmissor e o receptor. Estas ondas tem a função de transportar a energia em forma de sinais para um receptor remoto. Os dados transmitidos são sobrepostos na portadora, o qual este processo denominamos de modulação, sendo extraídos na recepção, através do processo de demodulação [WEN, 96].

As ondas eletromagnéticas são produzidas por uma antena submetida a uma corrente elétrica variável no tempo, que de acordo com a Lei de Ampère, uma corrente variável no tempo dá origem a um campo magnético variável no tempo, e este campo variável no tempo dará origem a um campo elétrico, também variável no tempo.

Pautada nas experiências de Maxwell e de Hertz, os quais suas pesquisas juntas comprovaram que o campo elétrico variável no tempo origina um campo magnético variável no tempo. Sendo assim, retorna-se ao ponto inicial, em que o campo magnético induzirá, novamente, o campo elétrico e assim sucessivamente. Portanto, conclui-se que, ao excitar um condutor qualquer com uma corrente variável no tempo, resultará em uma sucessão de campos elétricos e magnéticos que se induzem mutuamente. Outra conclusão importante é que um campo elétrico variável se deslocando em um meio de propagação não pode existir sem a presença de um campo magnético variável a ele associado. Assim, os dois campos propagam em conjunto, não havendo sentido falar em ondas elétricas ou ondas magnéticas, mas sim no fenômeno conjunto, que são as ondas eletromagnéticas. São essas ondas eletromagnéticas, produzidas por uma antena, que escapam do condutor, irradiando para o espaço com uma certa velocidade de propagação, uma vez que as alterações desses campos não se fazem sentir imediatamente em todos os pontos.

### 3.4. Modulação

Para uma determinada faixa de largura de banda, a faixa de dados possível de transmitir é determinado pela técnica de modulação. O nível de modulação pode produzir 1 bit por segundo por Hertz de largura da banda, ou 2 bits por segundo por Hertz, ou ainda mais. O sistema de modulação de baixo nível são simples e menos expressivo para executar; os sistemas de maior ordem são mais complexos, mais expansivos para implementação, e requer grande sensibilidade receptora [DAY, 97].

As técnicas básicas de modulação digital para sistemas de rádio são FSK (Frequency Shift Keying) e PSK (Phase Shift Keying). Para infravermelho usa técnicas de transmissão em banda base semelhante com OOK (On Off Keying) ou PPM (Pulse Position Modulation). As variações possíveis nestas técnicas são muitas. Escolher justamente a técnica correta ou mais apropriada é sempre uma arte bem como uma ciência e pode conduzir para muito longe e ativar interessantes discussões. Discussões semelhantes aportam nos comitês de padronizações a todo momento. Muitas das técnicas são baseadas dentro da performance. Escolher a técnica correta depende sobre como ela acessa o espectro especificado pelas agências reguladoras que alocam a largura de banda, e outro critério semelhante de performance como capacidade para reduzir o efeito de interferências de sinais [DAY, 97].

Enquanto a agência reguladora distribui a largura de banda, não especifica que absolutamente nenhuma transmissão ocorrerá fora da largura de banda alocada. Esta restrição é fisicamente impossível para sinais reais. Cada sinal emitido, na verdade, tem componentes ou fragmentos muito pequenos em todas as frequências. A agência

reguladora especifica uma máscara do espectro inferior o qual o sinal deve acessar. A máscara especifica que a maior parte da energia do sinal, tipicamente 99%, esteja acessando dentro da faixa da largura de banda normal ou alocada, e que as quedas repentinas do sinal, decline para 50 dB ou 80 dB distantes do centro da banda alocada.

Agora veremos três tipos de modulação que são o principal conjunto para sistemas de wireless LAN em cima da tecnologia FHSS bastante utilizada e adequada a enlaces externos de grandes distâncias.

- . CPFSK - Continuous Phase Frequency Shift Keying
- . GMSK – Gaussian Minimum Shift Keying
- . GFSK – Gaussian Frequency Shift Keying

Um quarto nível do sistema CPFSK pode ser um espectro compacto dado por:

- . 20 dBc @ +- 0,5 MHz
- . 45 dBc @ +- 2 MHz
- . 60 dBc @ +- 30 MHz

O termo dBc é relativo ao dB como referência para o centro da frequência.

A largura de banda normal de um sinal é 1 MHz. 99% desta energia está contida dentro da faixa de 1 MHz. Fora da faixa da largura de banda, o sinal falha, com interrupções sucessivas. Outros sinais ocorrem dentro dessa e de outras frequências; a quantidade de energia contribui para este sinal ficar pequeno o bastante de tal modo para não ocorrer interferências, incrementando ligeiramente como um ruído em segundo plano, para o outro sinal. Na realidade esses ruídos de fundo ou em segundo plano são parcialmente calmos nas regiões de limite de outros sinais transmitidos.

Esta técnica de modulação, a CPFSK para sistemas FHSS, produz uma taxa de transmissão de dados de 1 Mbps, e desta maneira produz 1 bit por segundo por Hertz. Como nós vemos, 1 Mbps é desejável pelo ponto de vista de circuitos que não requerem complexidade para atenuar o efeito de multicaminho. Duas outras reações explica porque isto é desejável. Primeiro, a largura máxima da banda do sinal permitido pelas agências reguladoras para sinais FHSS na banda ISM de 2.4 GHz é 1 MHz. Obtendo 1 Mbps dentro desta largura de banda é razoavelmente simples. A segunda reação do alcance da taxa de 1 Mbps é desejável, é porque isto é o mínimo que o padrão IEEE 802.11 especifica para equipamentos.

Podemos considerar também a modulação 0.39 GMSK. Esta modulação pode também ter 20 dB na largura de banda de 1 MHz, o qual 99% de sua energia está contida na largura de banda. O desvio de frequência é 25% da taxa de bit, ou 25 KHz. No ponto de 3 dB isto fica em 39% da taxa de bits [DAY, 97].

O próximo exemplo de modulação para considerarmos é o GFSK. Os parâmetros para serem trabalhados são:

- . N: número de níveis
- . BT: largura da banda / tempo
- . Pulso
- . h: índice de modulação

Com um sistema de segundo nível,  $BT = 0.5$  e  $h = 0.36$ , 1 Mbps pode ser alcançado dentro do espectro com 1 MHz que está abaixo de 20 dB e no limite de 1 MHz. A escolha de dois níveis permite o uso de um receptor econômico.

A comparação de custos entre os dois sistemas pode ser sumarizado da seguinte forma: o sistema de quarto nível necessita:

- . Filtros mais complexos no receptor e transmissor
- . Subdividir quatro níveis
- . Processador de sinal digital ou um demodulador de grande capacidade
- . Tolerância mais crítica da frequência central
- . Controle de desvio mais crítico
- . Distorção de fase mais crítico
- . Preâmbulo longo e sincronizado

As especificações do transmissor para um rádio FHSS tem que incluir não apenas nível de potência de transmissão e o nível de recepção, mas também tempo de transferência ou compartilhamentos entre transmissão e recepção, e configuração do tempo de saltos. Características típicas para um rádio FHSS são:

. Potência de transmissão: máximo de 1 watt de acordo com o FCC part 15.247

(banda ISM)

- . Níveis opcionais: 250mw , 11mw, 50mw, 10mw, 1mw
- . Recepção: nível máximo de entrada: -20 dBm  
nível mínimo de entrada: -80 dBm @ 10 – 5 BER
- . Tempo de transferência TX para RX: 100 milissegundos
- . Tempo máximo de salto: 300 microssegundos
- . Estabilidade da frequência: 50 ppm
- . Impedância na porta da antena: 50 ohms

Quando o canal está a níveis abaixo da performance usual, especificando baixa taxa de dados é possível atingir taxas como 800 Kbps, 500 Kbps e 250 Kbps.

### 3.5. Interconexão de Wireless LANs

A interconexão de um cliente ou uma unidade servidora com uma rede wireless LAN é feita através da conexão do computador para uma interface wireless LAN. Esta ligação pode ser via uma conexão interna através de bus-slots do computador ou através de interfaces externas como padrão paralela ou serial [WEN, 96].

Uma das conexões mais empregadas é a do tipo LAN-to-LAN a qual pode ser feita usando equipamentos como Hubs, bridges, routers, pontos de acesso, os quais permitem uma interface de conexão com aparelhos transmissores e receptores do tipo rádio modem.

Apresentaremos abaixo um estudo para permitir a integração entre duas redes locais, com distâncias consideradas médias para os padrões de equipamentos disponíveis no mercado.

Resumo do Esquema para Integração de LANs através de enlace de RF

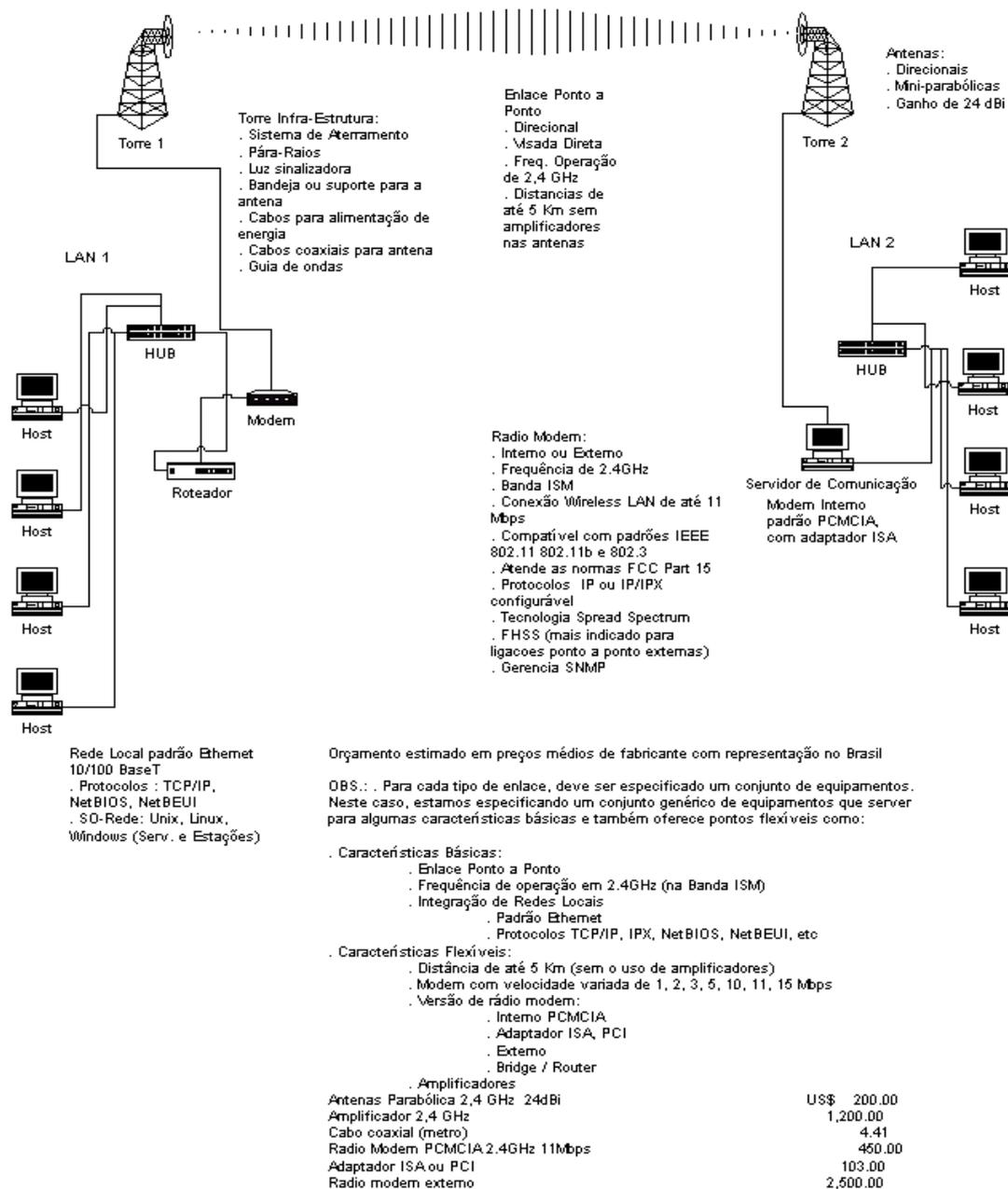
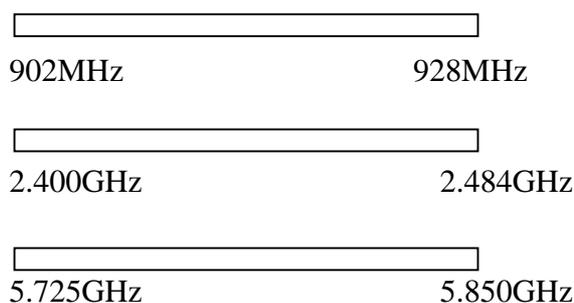


FIGURA 3: Painel apresentando os componentes necessários para estabelecer a integração entre redes de computadores. Tipo: LAN-to-LAN

### 3.6. Throughput

A questão do throughput de uma rede de computadores, tanto cabeada quanto wireless, corresponde a vazão possível de dados em suas linhas de comunicação, onde pode-se definir a taxa máxima de tráfego de dados, geralmente medidos em bits por segundo (bps) o qual está diretamente relacionado com a largura de banda disponível [DAY 97].

A largura de banda das três faixas de frequência mais utilizada na categoria ISM:



Potência máxima para transmissão é de 1 watt.

A taxa para um sistema é definido como a quantidade de dados (por segundo) transmitido pelo sistema quando está ativo. Como muitos sistemas de comunicação não estão constantemente transmitindo dados o tempo todo, a taxa de throughput é definida como a média da quantidade de dados (por segundo) transmitido pelo sistema. Esta média é calculada sobre um longo período de tempo. Obviamente, o throughput de um sistema está sempre abaixo da taxa especificada pelo padrão. Devemos observar ainda, que o overhead do protocolo de comunicação da rede, está incluído na quantidade de dados transmitidos sendo também considerado [LU, 98].

Um sistema DSSS é capaz de transmitir dados em regime de tempo integral, tendo sempre uma taxa alta de throughput. Por exemplo, um sistema operando com 2 Mbps nominais possui uma taxa real de 1.4 Mbps.

Um sistema FHSS pode não transmitir em tempo integral, por em algum tempo está sempre destinado a saltar de frequências (hopping) para propósito de sincronização. Durante este período de tempo, nenhum dado é transmitido (no máximo de 300 microssegundos). Obviamente, para a mesma taxa, o sistema FHSS tem uma pequena diferença inferior de throughput em relação a um sistema DSSS [DAY 97].

De acordo com a especificação do padrão IEEE 802.11, o número máximo de sistemas DSSS que pode ser agrupado é 3. Desses três sistemas, resulta uma grande throughput agregada de  $3 \times 2 \text{ Mbps} = 6 \text{ Mbps}$ , ou uma taxa de vazão agregada da rede de  $3 \times 1.4 \text{ Mbps} = 4.2 \text{ Mbps}$ . Notamos que por causa da rígida alocação de sub-bandas

para o sistema, não ocorrem colisões entre sinais gerados pelos sistemas agrupados e portanto o throughput agregado é uma função linear do número de sistemas agregados [DAY 97].

A tecnologia FHSS permite a agregação de muito mais de 3 sistemas. De qualquer maneira, como a banda é alocada dinamicamente entre o sistema agrupado (eles usam diferentes seqüências de saltos em que não são sincronizados), ocorrem colisões baixando a taxa de throughput no momento [DAY 97].

## CAPÍTULO IV

### O Padrão IEEE 802.11

O Comitê IEEE 802, apresentou em 1997 uma nova versão atualizada da principal norma que regulamenta o mundo das redes locais sem fio (mais conhecidas como Wireless LAN ou WLAN). Trata-se do padrão IEEE 802.11 que representa o primeiro padrão para produtos WLAN reconhecido internacionalmente, independente de organizações e fabricantes e que tem a assinatura de um dos maiores órgãos de normas e regulamentadores do mercado. Desta forma, fica mais evidente aos usuários de WLAN poderem decidir e escolher com maior tranquilidade produtos com o selo de compatibilidade com a 802.11, conhecendo claramente os aspectos de performance, segurança, conectividade e escalabilidade da rede [WEN, 96].

As soluções de produtos WLAN disponíveis atualmente no mercado, são várias. Apresentaremos com maior ênfase as soluções baseada em microondas com técnicas spread spectrum operando em 900 MHz (atualmente, não muito comum) e 2.4 GHz na banda de frequência ISM, o qual é a essência deste nosso trabalho. Esses produtos incluem adaptadores wireless LAN e pontos de acesso em formato PCMCIA, Adaptadores ISA e PCI para plataformas baseadas no padrão PC. Existe disponível também, soluções proprietárias para algumas aplicações proveitosas, especialmente para que requerem diferenciação mercadológica ou customização de uma rede wireless LAN. Soluções proprietárias são tipicamente customizadas e de alguma forma, constrange o usuário final adquirir produtos de um único fornecedor. De qualquer maneira, os produtos são inseridos conforme o padrão; usuários podem escolher de um número cada vez maior de fabricantes que oferecem principalmente produtos compatíveis 802.11. Estes crescimentos de competição incrementa o potencial para produtos de custo baixo. Interoperabilidade, baixo custo e estimulação da demanda de mercado são algumas das vantagens baseadas em soluções padronizadas.

O padrão 802.11 proposto especifica três camadas físicas (PHY) e uma camada de acesso ao meio (MAC), operando nas faixas de 902 a 928 MHz, 2.400 a 2.483,5 MHz e 5.752,5 a 5.850 MHz.

#### 4.1. Padrões e Protocolos Wireless LAN

Wireless LAN (rede local sem fio), estão aos poucos fazendo parte do mundo das redes locais (LAN). Com este importante avanço, o segmento tem direcionado esforços para implantação de importantes padronizações, através, principalmente, do trabalho pesado que o IEEE vem realizando. O IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), tem sido o maior responsável por estas padronizações e requisitado pelo ISO (International Standards Organization) desde a década dos anos 70, para supervisionar o desenvolvimento e promulgar os padrões para a área de redes locais de computadores (LAN) [WEN, 96].

## 4.2. A Série IEEE 802

A série 802 vem estabelecendo desde o princípio, as especificações para a camada de controle de acesso ao meio (MAC) e o serviço de acesso ao meio. Este define como os dados são organizados na LAN e como os sistemas acessam as capacidades da LAN. Como as redes locais sem fio (Wireless LANs), são uma parte da padronização do mundo LAN, elas funcionam conforme os padrões de serviços 802. A diferença dos sinais no ambiente wireless são suportados por padrões específicos que opera no nível 1 do padrão das sete camadas do OSI. A organização total destes padrões são mostrados abaixo:

IEEE 802.1	Protocolo de alto nível
IEEE 802.2	Controle de ligação lógica (LLC)
IEEE 802.3	MAC CSMA/CD ou full-duplex Ethernet
IEEE 802.4	Barramento Token (Token Bus)
IEEE 802.5	Anel Token (Token Ring)
IEEE 802.6	MAN – Metropolitan Area Network
IEEE 802.7	Guia técnico para banda larga
IEEE 802.8	Guia técnico para fibra óptica
IEEE 802.9	Interface para ISLAN (Isochronous LAN)
IEEE 802.10	Padrões de segurança
IEEE 802.11	Rede sem fio (Wireless LAN)
IEEE 802.12	Prioridades de demanda
IEEE 802.13	Não utilizado
IEEE 802.14	Rede baseada em TV a cabo de banda larga (Cable Modem)
IEEE 802.15	Comunicação pessoal sem fio WLAN (Wireless Personal Area Network)
IEEE 802.16	Redes sem fio empregando banda larga (Broadband Wireless)

TABELA 1: As principais normas do IEEE, para a família 802

## 4.3. A padronização do IEEE 802.11

Para que fosse elaborado uma padronização específica para as redes locais sem fio (Wireless LAN), foi estabelecido a criação de um grupo de trabalho pelo IEEE, dentro dos padrões IEEE 802, uma nova seção para negociar com a questão envolvida sobre wireless LAN. Eles usaram a designação de “Wireless Local-Area Networks Standard Working Group, IEEE Project 802.11”, onde os trabalhos iniciaram desde 1990. Tem sido publicado alguns rascunhos de propostas de padrão. Em 1992 foi construído produtos para operar na faixa de 2.4 GHz. A concentração deste grupo é apresentar propostas de padronização para definir um nível físico, para redes em que as transmissões são realizadas na frequência de rádio nas faixas de 900 MHz e 2.4 GHz), ou em infravermelho e, também, como objetivo principal, um protocolo de controle de acesso ao meio (MAC) mais precisamente, o DFWMAC ou Distributed Foundation Wireless MAC.

Diretivas de trabalho do Comitê IEEE 802.11:

- . Interfaces para Wireless LAN
- . Segurança
- . Serviços
- . Controles
- . Gerenciamento

#### **4.4. O DFWMAC ( Distributed Foundation Wireless MAC )**

O Comitê 802.11 tem internamente adotado o DFWMAC como a fundação para o desenvolvimento do padrão global wireless. Está sendo feito de uma proposta proveniente da AT&T Global Information Solution / NCR, Symbol Technologies and Xircon, Inc. Esta proposta está para estabelecer alguma padronização sobre o protocolo do nível de controle de acesso ao meio (MAC). DFWMAC negocia apenas com transmissões de rádio frequência em um formato espalhamento da faixa espectral (spread-spectrum).

O DFWMAC está especificado para trabalhar com dois métodos de acesso ao meio: um método distribuído e um método centralizado. Na norma 802.11 estes métodos são conhecidos como funções de coordenação, e que são usados para suportar a transmissão de tráfego assíncrono ou com retardo limitado em redes locais sem fio estruturadas [WEN, 96].

A função de coordenação distribuída (DCF – Distributed Coordination Function), especifica o método de acesso ao meio, quando uma estação deseja transmitir. Neste caso, esta decisão é tomada pelas próprias estações da rede o que pode resultar em transmissões simultâneas, elevando as probabilidades de colisões na rede. Quando é utilizado uma função de coordenação pontual (PCF – Point Coordination Function), a decisão de acesso ao meio é centralizada em um ponto de acesso, que determina qual estação deve transmitir em um determinado momento, evitando assim, as colisões na rede.

#### **4.5. Velocidade Mínima**

No início o grupo de trabalho da 802.11 selecionou a taxa de velocidade para 1 Mbps como a velocidade mínima para o nível de protocolos wireless. Sendo adequada para transferência de arquivos e processamento de transações. A partir de uma nova revisão na padronização e com a evolução das tecnologias, esta taxa de velocidade tem-se modificado para configurações de até 2 Mbps como o nível mínimo de largura de banda. As empresas fabricantes estão livres para modificar os níveis de velocidade. Vários fabricantes tem desenvolvido velocidades de transmissão de informações em wireless LAN muito além desta taxa, em que atualmente é comum encontrar no mercado equipamentos com taxas variando de 2 até 15 Mbps, subindo para 20 e até 30 Mbps. O mínimo estabelecido pelo padrão atualmente, estabelece a faixa inferior de velocidade para uma wireless LAN [WEN, 96].

#### 4.6. TIA Interfaciny

A TIA (Telecommunication Industry Association ou Associação da Indústria de Telecomunicações), é uma organização baseado em organizações da indústria que tem também participado da padronização dos componentes para comunicações sem fio (wireless). Ela está diretamente envolvida no estabelecimento da tecnologia TDMA (Time Division Multiple Access ou Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo). Esta é uma técnica empregada para enviar múltiplos sinais digitais através da largura de banda de rádio frequência, e também, envolvida na definição da tecnologia CDMA (Code Division Multiple Access ou Acesso Múltiplo por Divisão de Código) [WEN, 96].

Muito do envolvimento da TIA na padronização da comunicação sem fio é pelo fato dela ter envolvimento direto com a CTIA (Cellular Telecommunication Industry Association). Muito embora TDMA e CDMA são padrões primários do celular, eles podem também ser usados com o sistema de comunicação pessoal (PCS – Personal Communications System) e em comunicação sem fio de redes locais de computadores (wireless LAN).

#### 4.7. ETSI

O ETSI (European Telecommunications Standards Institute) tem dominado muito dos esforços europeus para a padronização dos produtos de comunicações. Isto tem crescido bastante desde a criação da EEC (European Economic Community) parceria da Comunidade Econômica Européia.

O ETSI tem um trabalho efetivo no estabelecimento de padrões europeus para telecomunicações digitais sem fio (DECT – Digital European Cordless Telecommunications) e o uso de comunicações sem fio na faixa espectral está sob sua responsabilidade.

Juntamente com a Comunidade Econômica Européia (EEC), o controle atual da padronização e a propagação de ondas eletromagnéticas estão sendo definidas pelos governos locais. Esta silenciosa soberania reina como a palavra final em que pode e não pode ser feito em vários locais da Europa. Por exemplo, alguns espaço da faixa do espectro de frequência usado em alguns lugares da Europa não está disponível em outros lugares porque está alocado para aplicações distintas [WEN, 96].

Um contorna para esta situação, é que a grande maioria das redes locais sem fio (wireless LANs), são regionais. Poucas wireless LANs tem uma envergadura internacional. Se ela possui um tráfego que deve cruzar limites internacionais, a wireless LAN provavelmente terá um sistema de tráfego WAN até mesmo para uma melhor performance e transferindo o tráfego para conexões de redes já estabelecidas com práticas de controle.

#### 4.8. HIPERLAN

A HIPERLAN (High Performance European Radio LAN) , uma rede Européia de alta performance é um projeto ETSI para desenvolver um conjunto comum de frequências que será disponibilizada para baixa potência do spread-spectrum de comunicação em toda a Europa. Ele pode ou não ter a mesma largura de banda usada pelo os Estados Unidos e Canadá. A rede HIPERLAN tem-se esforçado para ajudar no monitoramento para determinar a banda utilizada nas configurações européias. Atualmente existe uma especificação local para a padronização wireless LAN [WEN, 96].

#### 4.9. Integração Wireless LAN com LANs Cabeadas

A conexão de uma rede local sem fio com uma rede LANs cabeada é um tipo de ligação mais comum. Este tipo de integração permitem os sistema wireless suprir a rede local com trabalhos móveis com mais um serviço disponível. Estas conexões são mantidas via um serviço compartilhado que está tanto no sistema cabeado quanto no de redes sem fio.

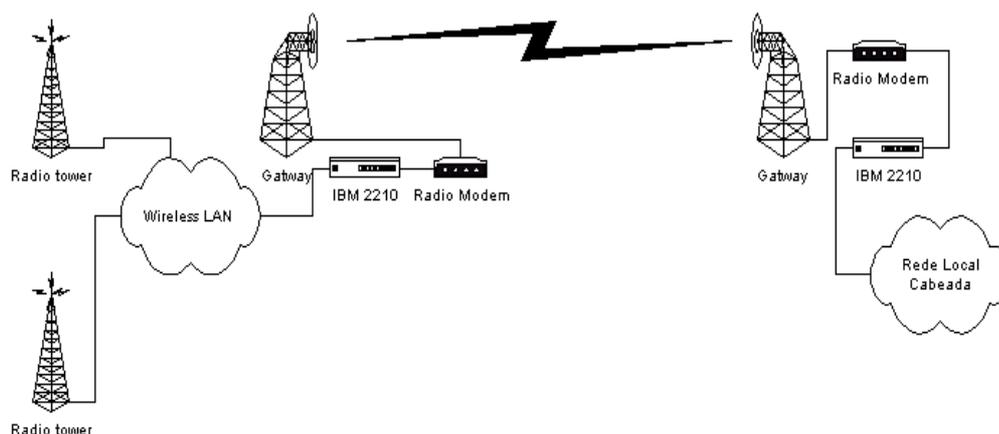


FIGURA 4: Esboço de integração de redes Wireless LAN x Cabeada

Em muitos casos a conexão entre computadores de uma rede sem fio para um servidor ou qualquer estação localizada em uma rede cabeada ou vice-versa se torna transparente através de uma ponte (bridge) estabelecida e configurada entre os dois sistemas. Isto aparentemente pode parecer uma abordagem complicada, mas atualmente com a disponibilidade de equipamentos no mercado, constitui-se uma conexão de baixos custos, tanto financeiro quanto técnico, e de uma efetiva performance no tráfego com taxas de velocidades bastante satisfatória, alocando assim, mais um tipo de serviço abrindo as possibilidades para novas aplicações com suas especificidades.

#### 4.10. Gerenciamento de Pacotes

Gerenciamento de pacotes está estabelecido no nível de dados mais baixo dentro do ambiente wireless LAN. Os pacotes gerados estão padronizados em formatos de convenção estabelecido bastante usado como por exemplo: Ethernet, Token Ring, Token Bus, ARCNet, etc. Como os pacotes são gerados por uma estação, eles são identificados e gerenciados em unidades individuais dentro do ambiente wireless LAN. Enquanto estiver no ambiente da wireless LAN o pacote conserva seu formato padrão; contudo, o sistema wireless LAN pode adicionar outros componentes ou elementos de dados que não são padrão como os sistemas proprietários especificados por fabricantes e não totalmente intercambiáveis [SOA, 95].

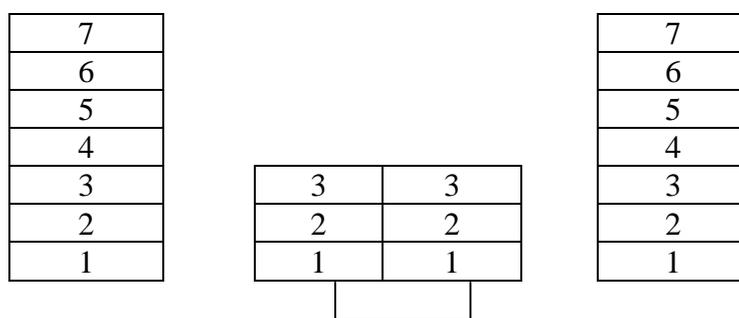


FIGURA 5: Tráfego de pacotes wireless. Modelo de Camadas OSI

#### 4.11. A Evolução do Padrão Wireless

A presença forte das estruturas wireless LAN estabelecem sua presença no mundo das aplicações. Os caminhos da evolução das redes sem fio está voltado principalmente para a integração das redes locais sem fio com as redes locais cabeadas, bem como aumentar o grau de integração e interoperabilidade da família de equipamentos disponíveis no mercado [DAY, 97].

A wireless LAN é mais uma escolha de recursos para mover dados entre usuários e organizações. Isto é uma boa solução para certos tipos de sistemas e situações. Com a padronização integrada entre os mundos sem fio e de cabeados, usuários podem utilizar de serviços requisitados de redes locais de forma transparentes sem precisar saber se estão sendo atendidos por um servidor de uma rede cabeada ou de uma rede sem fio ou ainda mesmo de uma rede mista.

A primeira tecnologia de rede wireless LAN operava na banda de 900 MHz com baixa velocidade (de 1 a 2 Mbps), oferecendo soluções proprietárias. Por volta de 1992 foi construído os primeiros produtos para operar na faixa de frequência de 2,4 GHz.

Em seguida, o IEEE construiu um comitê para definir o padrão IEEE 802.11, baseado no IEEE 802.3 Ethernet suportando transmissões em infravermelho e dois tipos de transmissão de rádio: FHSS e DSSS.

#### 4.12. A Arquitetura IEEE 802.11

As redes locais sem fio baseadas no padrão IEEE 802.11 está intimamente ligada com a arquitetura de telefonia celular onde o sistema é subdividido em células. Cada célula é chamada de BSA (Basic Service Set). Um conjunto de estações comunicando-se por radio frequência ou infravermelho dentro de uma BSA, constitui-se em um BSS (Basic Service Set). O tamanho ou abrangência da célula depende diretamente do tipo e capacidade de equipamentos que estão sendo utilizados. Para integrar estações que estão em outras células, devemos dispor de um sistema de distribuição como os pontos de acesso ou AP (Access Point) [SOA, 95].

Uma wireless LAN pode ser formada por uma única célula, com um único ponto de acesso e que neste caso, o AP não se torna necessário. A maioria das redes locais sem fio são formadas por mais de uma célula, onde os pontos de acesso são conectados através de um sistema de distribuição ou de uma linha principal de comunicação (como um backbone). Este backbone pode ser tipicamente Ethernet ou em alguns casos, utiliza uma solução wireless proprietária [WEN, 96].

A completa interconexão em redes locais sem fio, incluindo diferentes células, cada qual com seus respectivos pontos de acesso e o sistema de distribuição, é visto como uma simples rede padrão 802 para a camada superior do modelo OSI e é conhecido no padrão como ESS (Extended Service Set).

O diagrama abaixo apresenta uma rede 802.11 típica com seus componentes.

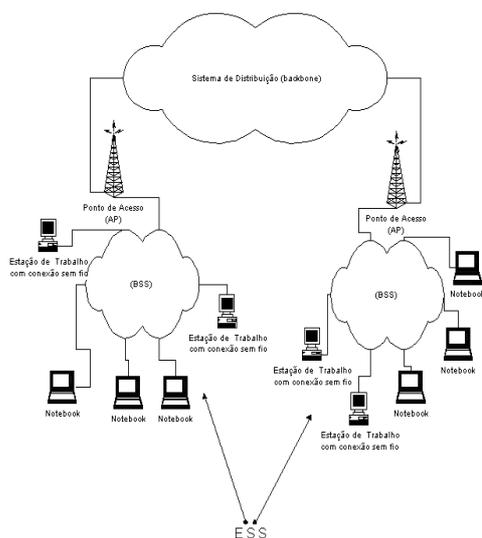


FIGURA 6: Composição básica de uma rede Wireless LAN

O padrão também define o conceito de Portal. Um Portal é um dispositivo para interconexão entre uma rede 802.11 e outra rede qualquer 802. Este conceito é uma descrição abstrata da parte do funcionamento de uma “ponte de tradução”.

Regularmente o padrão não requer necessariamente uma ponte ou bridge dedicada para intercambiar entre redes ou células. Algumas instalações típicas tem o AP e o Portal em um único equipamento físico [WEN, 96].

#### 4.13. As Camadas IEEE 802.11

Como qualquer protocolo 802.x, o protocolo 802.11 também cobre a camada MAC e física. O padrão atualmente define um único MAC com interação com três camadas físicas (PHYs) funcionam entre 1 e 2 Mbps, de acordo com a especificação de velocidade mínima do padrão. As camadas físicas suportadas são as seguintes [WEN, 96]:

- . FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum (salto de frequência)  
na banda de 2,4 GHz
- . DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum (sequência direta)  
na banda de 2,4 GHz
- . Infravermelho

802.2 (LLC)			Camada de Enlace de Dados
802.11 MAC			
FH	DS	IR	Camada PHY

FIGURA 7: Cabeçalho de um quadro 802.11

Além do padrão normalmente funciona executando a camada MAC, a qual executa outras funções que são tipicamente apresentadas para camada superior do protocolo, como: fragmentação, retransmissão e recepção de pacotes [WEN, 96].

#### 4.14. Implementação da Camada Física

A camada física de qualquer rede define a modulação e características de sinalização para transmissão de dados. Na camada física, são definidos dois métodos de transmissão microondas RF e um infra-vermelho. Operação de Wireless LAN dentro de bandas que não necessitam de licenciamento (WLAN unlicensed ou banda ISM), requerem modulação da faixa de espalhamento (spread spectrum). A transmissão de padrões em microondas RF são: salto de frequência ou FHSS (Frequency Hopping

Spread Spectrum) e seqüência direta ou DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Estas arquiteturas são em comum, definidas para operar na banda de freqüência de 2.4 GHz tipicamente ocupando 83 MHz de largura de banda de 2.400 GHz até 2.483 GHz. Diferentemente BPSK (DBPSK) e DQPSK é a modulação para a seqüência direta. Salto de freqüência usa FSK como o método de sinalização da modulação. A potência de radiação de microondas ligado com antenas é configurado por regras governamentais pelo FCC-15 para operações nos Estados Unidos. O ganho da antena é também limitado para 6 dBi no máximo. O poder de radiação é limitado para 1W nos Estados Unidos, 10mW / 1 MHz na Europa e 10 mW no Japão. Estes são diferentes configurações respectivamente aprovadas para uso nos Estados Unidos, Europa e Japão e alguns outros produtos Wireless LAN deve encontrar os requerimentos para o local onde deve ser usado. No caso do Brasil, o órgão normalizador para este tipo de tecnologia é a ANATEL e MC (Veja Anexo C). Veja o Anexo F para detalhes de alocação de diferentes freqüências para operações sem requisição de licença nos Estados Unidos, Europa e Japão [WEN, 96].

A faixa de dados na camada física para sistemas FHSS é de até 1 Mbps. Para DSSS a faixa de dados suportado está em 1 e 2 Mbps. Sempre lembrando que atualmente, com o avanço desta tecnologia, o padrão 802.11 referencia-se apenas a uma velocidade mínima [WEN, 96].

#### **4.14.1. A Camada MAC**

Em qualquer uma rede local de computadores, existem diversos dispositivos compartilhando os mesmos meios de acesso físico. O MAC (Medium Access Control ou Controle de Acesso ao Meio) corresponde aos algoritmos e técnicas empregadas para que o compartilhamento dos meios seja realizado da maneira mais eficiente possível. Existem basicamente dois tipos de MACs: os centralizados e os distribuídos. Quando é empregado o tipo centralizado, e uma estação quer utilizar o meio de acesso à rede, ela deve aguardar até que o ponto de coordenação sinalize positivamente. Usando o modo distribuído, a estação que deseja transmitir, deve verificar se o meio está livre. Como exemplo, podemos citar o uso do CSMA pela norma IEEE 802.3 [SOA, 95].

A camada MAC define dois diferentes métodos de acesso, a Função Coordenação Distribuída e a Função de Coordenação Pontual.

A especificação da camada MAC para a norma IEEE 802.11 tem grandes similaridades com o padrão IEEE 802.3 Ethernet para redes locais com estrutura cabeada. O protocolo estabelecido para o IEEE 802.11 usa um esquema conhecido como carrier-sense multiple access collision avoidance (CSMA/CA). Este algoritmo que trabalha evitando colisões, é bastante semelhante com o usado no IEEE 802.3 o qual trabalha com a técnica de detecção de colisão ou CSMA/CD.

A camada MAC opera juntamente com a camada física por amostragem de energia sobre o meio de transmissão de dados. A camada física usa um algoritmo de avaliação de canal limpo (CCA) para determinar se o canal está limpo. Isto é realizado por medida da energia de microondas da antena e determina a força do sinal de

recebimento. Este sinal de medida é muito conhecido como RSSI. Se a força do sinal recebido está abaixo do especificado, é assumido que o canal está limpo e é passado à camada MAC a posição de canal limpo pronto para a transmissão de dados. Se a energia está acima da média estabelecida pelo uso da cama física, a transmissão de dados é deferida de acordo com as regras do protocolo. O padrão provê outras opções para CCA que pode ser só ou com a técnica de medida RSSI. Sentir a portadora pode ser usado para determinar se o canal está disponível. Esta técnica é mais seletiva desde que verifique que o sinal está no mesmo tipo de portadora transmissora como 802.11. O melhor método para usar depende dos níveis de interferência no ambiente de operação. O protocolo CSMA/CA é uma das opções e pode minimizar colisões usando requerimento para envio (RTS) e limpar para enviar (CTS), e também, reconhecimento de recebimento da transmissão do quadro de dados (ACK) dentro de uma seqüência. A comunicação entre estações sem fio, é estabelecida quando um dos pontos wireless envia uma pequena mensagem RTS. O quadro RTS inclui o destino e o tamanho da mensagem. A duração da mensagem é conhecida como o vetor de alocação da rede (NAV). O NAV alerta todos os outros no meio, para parar de transmitir durante o tempo de duração da transmissão. A estação receptora emite um quadro CTS que transmite o endereço de envio e o NAV. Se o CTS não é recebido, é assumido que ocorreu a colisão e inicia-se outro RTS. Quando o quadro de dados é recebido, um quadro ACK é enviado informando o sucesso da transmissão das informações [WEN, 96].

Uma limitação muito comum dos sistemas wireless LAN, é o problema de “hidden node” (ou estação escondida). Isto é responsável por 40% ou mais dos problemas de comunicações em uma rede com altas taxas de tráfego. Isto ocorre quando existe uma estação com um serviço configurado que não pode detectar a transmissão de outra estação para detectar que o meio está ocupado. Na figura abaixo, a estação A e B podem comunicar-se. Contudo uma obstrução prevista na estação C recebendo quadros da estação A e ela não pode determinar onde o canal está ocupado. Portanto tanto a estação A como a estação C podem tentar transmitir para a estação B, e com o uso da seqüência de quadros: RTS, CTS, Dados e ACK ajuda a prevenir as colisões causadas por estes problemas [WEN, 96].

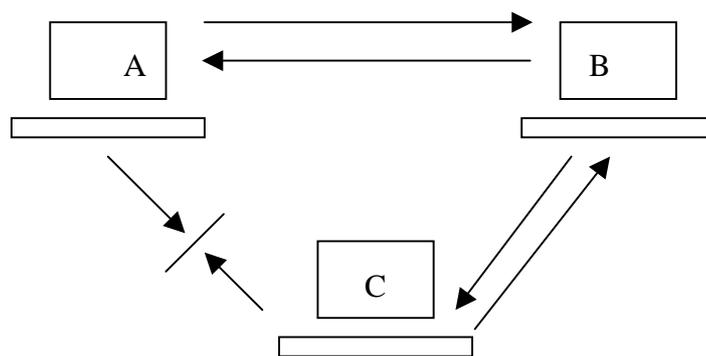


FIGURA 8: Tráfego de quadros entre estações wireless

Segurança preventiva são indicadas no padrão como uma característica opcional para que precauções sejam tomadas sobre estas limitações.

A segurança de dados é realizado por uma complexa técnica de encriptação conhecida como o algoritmo equivalente com o ambiente estruturado cabeado para redes corporativas (WEP, Wired Equivalent Privacy Algoritm). O WEP é baseado na proteção de transmissão de dados sobre o meio microondas usando uma chave de 64 bits semelhante ao algoritmo de encriptação RC4. Este processo, quando habilitado, apenas protege as informações do pacote de dados e não protege o cabeçalho da camada física de tal modo que outras estações na rede pode escutar, até mesmo necessário para o controle de tráfego de dados da rede. Contudo, as outras estações não podem descriptografar os dados contidos no pacote. O poder de gerenciamento é suportado no nível MAC para que aplicações requerendo mobilidade sob operação com estações trabalhando com baterias no modo de power saving [WEN, 96].

#### 4.14.1.1. O CSMA/CA

O mecanismo de acesso básico é uma função de uma função de coordenação distribuída, chamado DCF (Distributed Coordination Function), conhecida como CSMA/CA (Carrier-Sense Multiple Access / Collision Avoidance) com mecanismo de controle da colisão. Protocolos CSMA são bem conhecidos na indústria, o mais popular é o Ethernet, que é um protocolo CSMA/CD (CD indica o padrão para detecção de colisão).

Um protocolo CSMA trabalha da seguinte forma: uma estação está designada para transmitir “sentindo” o meio de acesso. Se o meio está ocupado (isto é, alguma outra estação está transmitindo) então a estação suspende adiando sua transmissão para um outro intervalo de tempo. Se o meio observado está livre então a estação começa a transmitir. Em particular, o algoritmo no modo CSMA/CA, funciona da seguinte maneira: uma estação desejando transmitir, primeiramente, “escuta” o meio para verificar se uma outra estação está transmitindo. Se o meio estiver livre, a estação transmite o pacote de dados, senão ela suspende e aguarda para transmitir. Após cada ocorrência de transmissão com ou sem colisão, a rede entra em um modo em que faz uma pré-alocação de tempo para cada estação onde só podem transmitir de acordo com período de tempo estabelecido. Ao findar uma transmissão, as estações alocadas ao primeiro intervalo tem o direito de transmitir. Se não o fizerem, o direito passa à estação seguinte e assim sucessivamente até que ocorra uma transmissão, quando todo processo se reinicia. Se todos os intervalos não são utilizados, a rede entra então no estado onde um método CSMA comum é utilizado para acesso, podendo ocorrer colisões. Uma transmissão nesse estado, com colisão ou não, volta ao algoritmo de pré-alocação dos intervalos de tempo para cada estação da rede [WEN, 96].

Estes tipos de protocolos são muito eficientes quando o meio de acesso não está extremamente carregado e que esteja permitindo as estações transmitir com um retardo mínimo. Contudo, o método CSMA/CA não assegura que a transmissão seja feita com sucesso sem ocorrência de colisão [SOA, 95].

Muitas destas situações de colisões são identificadas na própria camada MAC podendo retransmitir o pacote automaticamente. No caso Ethernet estas colisões são reconhecida pela estação que está transmitindo a qual incrementa uma fase de

retransmissão baseado num algoritmo de tempo aleatório exponencial (exponential random backoff) [WEN, 96].

Enquanto este mecanismo de detecção de colisão é uma boa alternativa numa rede cabeada, ele poderá não ser usado numa rede com ambiente wireless LAN por dois motivos:

1. Implementação de um mecanismo de detecção de colisão requer a implementação de um rádio totalmente duplex capaz de transmitir e receber ao mesmo instante, um item que aumenta o preço significativamente do equipamento.

2. Em um ambiente sem fio não podemos assegurar que todas as estações estão todas “ouvindo” entre si, a qual é uma suposição básica do esquema de detecção de colisão; e também, sabemos que o fato de uma estação querer transmitir e sente o meio livre não significa necessariamente que o meio esteja realmente livre na área destino ou de recepção.

No sentido de superar estes problemas, o Comitê 802.11 usou um mecanismo de controle de colisão (CA - Collision Avoidance) juntamente com um esquema de conhecimento positivo, como os seguintes:

1. Uma estação querendo transmitir sente o meio. Se o meio está ocupado então ela aguarda, suspendendo a transmissão. Se o meio está livre por uma parcela de tempo então a estação está pronta para transmitir. Isto é chamado de distribuição de espaço entre quadros (DIFS - Distributed Inter Frame Spaces).

2. A estação receptora checa o CRC do pacote recebido e envia um pacote acusando o recebimento (ACK). Recebido a confirmação de recebimento indica para o transmissor que não ocorreu colisão. Se o transmissor não recebeu uma mensagem de ACK, acusando o recebimento então o fragmento é transmitido até que receba a confirmação de recebido ou é descartado após um número sucessivo de retransmissões.

#### **4.14.1.2. Portadora Lógica**

Na tentativa de reduzir a probabilidade de duas estações colidirem por causa de não poderem ouvir entre si, o padrão define um mecanismo de sentir portadora virtual: uma estação quando transmite um pacote primeiramente transmite um pequeno pacote de controle chamado RTS (Request To Send) – solicitando para transmitir, incluindo o código, destino e a duração da transmissão, a estação destino responde, se o meio estiver livre, com um pacote de resposta de controle chamado CTS (Clear To Send) ou livre para transmitir, incluindo também a informação de duração do tempo [WEN, 96].

Como o padrão pressupõe que as estações funcionam de forma sincronizada, todas as estações ao receberem um RTS e/ou CTS, em seu conjunto indicador de reconhecimento está a duração da transmissão subsequente, e adiam suas tentativas de transmissões para depois de passado o intervalo de tempo reservado. Este impedimento lógico ou virtual das transmissões, que funciona como um “Virtual Carrier Sense”, é

gerenciado de acordo com uma estrutura de dados mantida nas estações chamada de “Network Allocation Vector” (NAV).

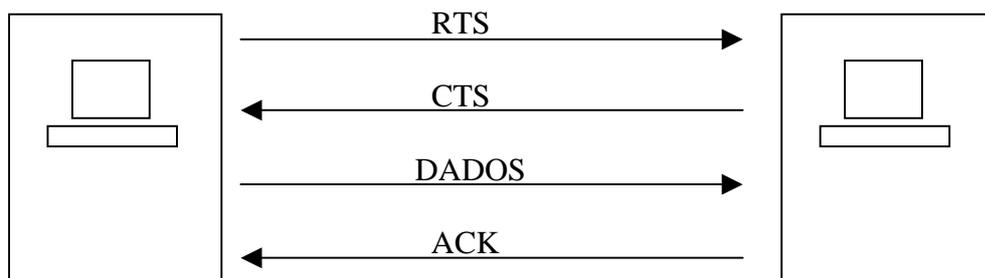


FIGURA 9: Transmissão de dados entre duas estações usando pacotes de controle para transmissão

Este mecanismo reduz a probabilidade de uma colisão na área da estação receptora que fica “escondida” do transmissor por uma pequena duração de tempo da transmissão do RTS por causa que a estação está se dedicando a escutar o CTS e “reserva” o meio como ocupado até o fim da transmissão. A informação da duração no RTS também protege a área do transmissor de colisões durante o ACK [SOA, 95].

É interessante observar que devido o fato do RTS e CTS serem quadros bastante pequenos, o mecanismo também reduz superficialmente as colisões, reconhecendo rapidamente que o pacote inteiro está para ser transmitido. ( Isto funciona quando o pacote é significativamente maior que o RTS, da mesma forma, o padrão permite que pequenos pacotes sejam transmitidos sem a transmissão RTS/CTS. Este controle é feito pela estação por um parâmetro chamado RTS Threshold ).

#### 4.14.1.3. Reconhecimento do Nível MAC

Como já foi mencionado, a camada MAC desempenha a detecção de colisão por expectativa de recepção do reconhecimento de recebimento para algum fragmento transmitido (pacotes que tem mais de um destino, funcionam como multicasting, não são reconhecidos).

#### 4.14.1.4. Fragmentação e Reconstrução

Protocolos típicos de LANs usa pacotes com diversas centenas de bytes (o comprimento do pacote Ethernet pode ser maior que 1.518 bytes). A razões diversas da preferência em usar pacotes pequenos de dados em um ambiente wireless LAN, são as seguintes:

. Por causa de uma taxa elevada de erro (BER – Bit Error Rate) em um determinado enlace de rádio, a probabilidade do pacote conseguir corromper-se aumenta com o tamanho do pacote.

. No caso de perda do pacote (por causa de colisão ou ruídos), um pacote pequeno, a perda é sempre superficial, e é mais fácil para retransmitir.

. No sistema de salto de frequência (FH), o meio é interrompido periodicamente para saltos (aproximadamente 20 segundos), dessa forma, com um pacote pequeno, é também pequena a chance que a transmissão será interrompida após um determinado tempo.

Contudo, não faz muito sentido introduzir um novo protocolo de LAN que não possa negociar pacotes longos de 1.518 bytes por exemplo, que são usados no Ethernet. Sendo assim, o Comitê 802.11 decidiu resolver o problema adicionando um mecanismo simples de fragmentação/reconstrução na camada MAC.

O referido mecanismo é um algoritmo simples do tipo envia-e-aguarda, onde a estação que está transmitindo não permite transmitir um novo fragmento até que ocorra uma das seguintes condições:

- . Receber um ACK para o fragmento enviado, ou
- . Decidir-se que o fragmento foi retransmitido demasiadamente por muito tempo e assim, perdendo o quadro inteiro.

É percebido que o padrão permite a estação transmitir para outros diferentes endereços entre retransmissões de um dado fragmento. Isto é particularmente usado quando um AP (Access Point) tem diversos pacotes saindo para diferentes destinos e um deste não responde.

O diagrama seguinte mostra um quadro (MSDU – MAC Sublayer Data Unit) divididos em pequenos fragmentos (MPDUs – MAC Protocol Data Unit):

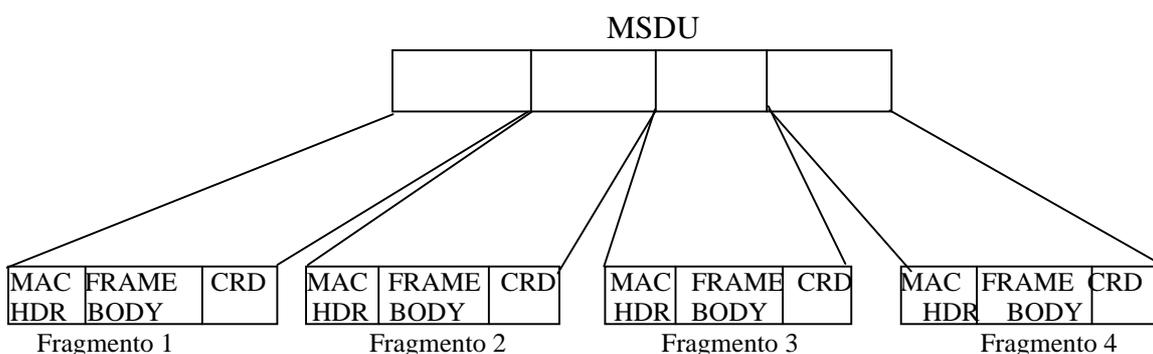


FIGURA 10: Fragmentando quadros

#### 4.14.1.5. IFS (Inter Frame Spaces)

O padrão define quatro tipos de espaços entre quadros (IFS), eles são usados para permitir diferentes propriedades:

SIFS - (Short Inter Frame Space), é usado para separar transmissões de quadros que carregam respostas imediatas (por exemplo, ACK de fragmento e quadros CTS após receber um RTS), e possui um espaço mínimo quadros. Tem sempre mais de uma única estação para transmitir em qualquer período, portanto cedendo esta prioridade após todas as outras estações.

Este valor é fixado por PHY e está calculado igualmente com caminho que a estação transmissora é capaz de recuar para o modo receptor e conseguir decodificar o novo pacote. No 802.11 FH PHY este valor é estabelecido em 28 microsegundos.

PIFS – (Point Coordination Inter Frame Space), é usado pela função de coordenação pontual (PCF), para enviar quadros no período livre de contenção de um super quadro.

Este valor é um novo SIFS num intervalo de tempo (de acordo com o definido no parágrafo seguinte), isto quer dizer: 78 microsegundos.

DIFS – (Distributed Inter Frame Space), é o espaço entre quadro usado para uma estação pronta para iniciar uma nova transmissão de quadros assíncronos, que é calculado como um novo PIFS em um intervalo de tempo, isto é: 128 microsegundos. As estações que querem transmitir quadros de dados ou um RTS, devem monitorar o meio, aguardando no mínimo um intervalo de silêncio igual ao DIFS, depois que os mecanismos carrier sense ou NAV indicam que o meio está livre, para então transmitir seu quadro.

EIFS – (Extended Inter Frame Space), que é um longo IFS usado por uma estação que está recebendo um pacote e que não está entendendo. Isto é necessário para impedir a estação, que pode não entender a informação de duração para o VCS (Virtual Carrier Sense), colidir com um próximo pacote existente.

#### 4.14.1.6. Exponential Backoff Algorithm

Backoff é um método bem conhecido usado para resolver disputas entre diferentes estações querendo acessar o meio. O método requer que cada estação escolha um número aleatório entre 0 e um determinado número, e esperar para este número ser o próximo a acessar o meio, sempre checando se uma estação diferente está acessando o meio antes.

O espaço de tempo definido é baseado num caminho que uma estação pode ser capaz de determinar se outra estação está acessando o meio no início de um espaço de tempo previsto. Isto reduz a probabilidade de colisão pela metade.

Através do Exponential Backoff cada instante a estação escolhe um espaço de tempo e acontece para colidir, ele acrescenta o número máximo para a seleção exponencial aleatória.

O padrão 802.11 define um algoritmo Exponential Backoff, que pode ser executado nos seguintes casos:

- . Quando a estação sente o meio de acesso antes da primeira transmissão de um pacote, e o meio está ocupado.
- . Após cada retransmissão.
- . Após uma transmissão completada com sucesso.

Este mecanismo não é usado apenas no caso quando a estação decide transmitir um novo pacote e o meio está ficando livre para mais um DIFS.

#### **4.15. Acrescentando uma Estação a uma Célula BSS**

Quando uma estação está querendo acessar um BSS já existente (após cada ligação, no modo de repouso (ou sleep), ou justamente estando já na área da BSS), a estação precisa para conseguir sincronização, informação do ponto de acesso (AP) (ou de outra estação que esteja no modo “ad hoc”).

A estação pode conseguir esta informação por um dos dois meios:

1. Passive Scanning: neste caso a estação espera exatamente receber um quadro sinalizador (Beacon Frame) do AP (Access Point), (o quadro sinalizador é um quadro enviado periodicamente pelo AP contendo informações de sincronização), ou

2. Active Scanning: neste caso a estação tenta localizar um ponto de acesso por transmissão de quadros requerendo sondagem (Probe Request Frames), e aguarda pela resposta da sondagem do AP.

Todos os dois métodos são válidos. Um método é escolhido de acordo com o poder de consumo/desempenho do modo de repouso (sleep).

##### **4.15.1. O Processo de Autenticação**

Enquanto a estação está localizada em um ponto de acesso, e decide-se agrupar-se a um BSS, ela vai passar através do processo de autenticação. Este é um intercâmbio

de informações entre o ponto de acesso e a estação onde cada um dos lados realiza o reconhecimento de uma determinada senha.

#### **4.15.2. O Processo de Associação**

Quando a estação é autenticada, é então iniciado o processo de associação, que é a troca de informações sobre a estação e as capacidades do BSS, e que permite o ESS (o conjunto de APs) para conhecer sobre a posição corrente da estação. Uma estação é capaz de transmitir e receber quadro de dados após o processo de associação estiver completado [WEN, 96].

#### **4.16. Roaming**

Roaming é um processo de movimentação de uma célula (ou BSS) para outra conexão sem perdas. Esta função é similar ao telefone celular (conhecido como o modo handover ou handoff) com duas principais diferenças:

1. Em um pacote baseado no sistema de LAN, a transição de célula para célula pode ser executado entre transmissão de pacotes, como o oposto do telefone quando a transição pode ocorrer durante a conversação no telefone, isto traz ao processo de roaming LAN uma pequena facilidade.
2. Em um sistema de voz, uma desconexão temporária pode não afetar a conversação, enquanto em um pacote de dados baseado neste ambiente ele significativamente reduz a performance causando retransmissão e então executado pela camada superior dos protocolos.

O padrão 802.11 não define como roaming poderia ser executado, mas define as ferramentas básicas. Incluindo a busca ativa/passiva, e um processo de reassociação, enquanto uma estação que está movimentando-se de um ponto de acesso para outro ficando associado com a nova região [WEN, 96].

#### **4.17. Protegendo a Sincronização**

Estações precisam guardar a sincronização, que é necessária para proteger saltos sincronizados, e outras funções semelhantes como power saving com a infra-estrutura BSS, que é realizado por todas as estações atualizando seus relógios conforme o relógio dos APs, usando o seguinte mecanismo:

O AP periodicamente transmite quadros sinalizadores chamados de Beacon Frame. Esses quadros contém o valor do relógio dos APs no momento da transmissão (note que este é um momento que a atual transmissão ocorre, e não que está colocada numa fila para transmissão). Desde a transmissão do Beacon Frame usando a regra CSMA, a transmissão pode ter um retardo significativo.

As estações receptoras conferem o valor de seus relógios no momento que o sinal está sendo recebido, e se correto ele é guardado na sincronização com o relógio dos APs. Isto impede perder o relógio que pode causar a perda de sincronismo após umas poucas horas de operação.

## **4.18. Segurança**

Segurança é uma das primeiras preocupações que o usuário tem quando monta uma wireless LAN. O comitê 802.11 tem direcionado a questão para providência que é chamada WEP (Wired Equivalent Privacy) ou rede protegida comparativamente a rede cabeada.

A preocupação maior dos usuários é que um intruso não seja capaz de:

- . Acessar recursos da rede usando equipamentos similares aos da rede;
- . Fazer captura de tráfego da rede sem fio (wireless LAN).

### **4.18.1. Controle de Acesso**

Este procedimento está sendo feito através do uso de um mecanismo de autenticação onde uma estação precisa para demonstrar conhecer uma chave de acesso. Isto é muito similar para rede local cabeada corporativa, no sentido de que prováveis intrusos precisam de permissão para entrar no ambiente físico (usando uma chave física) podendo conectar fisicamente a estação na rede cabeada.

### **4.18.2. Eavesdropping**

Eavesdropping, usando o algoritmo WEP, está prevenindo um gerador de faixa de pseudo número aleatório inicializado por uma chave secreta compartilhada. Este PRNG expede uma chave seqüencial de bits pseudo-aleatórios igual em tamanho para vários pacotes possivelmente combinado com a entrada/saída produzindo e transmitindo pacotes pelo ar [WEN, 96].

O WEP é um algoritmo simples baseado em RSA's e RC4 que tem as seguintes propriedades:

1. Reasonably strong: ataque de força-bruta neste algoritmo é difícil porque cada quadro é enviado com um vetor de inicialização que reinicializa o PRNG para cada quadro.

2. Self Synchronizing: o próprio algoritmo reinicia o sincronismo para cada mensagem. Isto é necessário quando se trabalha em ambiente com bastante perda de conexão, onde os pacotes podem ser perdidos. (como acontece em algumas LANs).

#### 4.19. Power Saving

Wireless LAN são projetada tipicamente para aplicações móveis. Neste tipo de aplicação, as baterias de energia é um recurso caro. Desta forma, o padrão 802.11 direcionou a questão de power saving e definiu um completo mecanismo onde habilita estações seguir no modo de repouso (ou sleep) por um longo período de tempo sem perder informações.

A idéia principal por trás do mecanismo de power saving é que o AP mantém continuamente o registro atualizado das estações conectadas e trabalhando no modo power saving, e memoriza os pacotes endereçados para estas estações até que a estação específica requiera por solicitação o pacote ou até que mude o modo de operação.

Como parte destes quadros de sinalização (beacon frames), o AP também periodicamente transmite informações sobre cada estação em power saving tendo os quadros armazenados, deste modo, estas estações despertam para receber o beacon frame. Se isto é uma indicação que existem quadros armazenados no AP aguardam para serem entregues, então a estação desperta e envia uma mensagem polling para o AP informando que deseja receber estes quadros.

Multicasts e broadcasts são guardados pelo AP, e transmitidos em um período de conhecimento prévio, quando todas estações que estejam no modo power saving, despertam para receber estas espécies de quadro.

#### 4.20. Tipos de Quadros

Este são os três tipos principais de quadros:

- . Data Frames : ou quadro de dados, que são usados para transmissão de dados
- . Control Frames: ou quadro de controle, que são usados para controlar o acesso para o meio (por exemplo: RTS, CTS, ACK), e
- . Management Frames: ou quadro de gerenciamento, são quadros que são transmitidos da mesma maneira como data frames para trocar informações de gerenciamento, mas não são adiantados para a camada superior (por exemplo: beacon frames).

Cada tipo de quadro é subdividido em diferentes sub-tipos, conforme suas funções específicas.

## 4.21. Formato de Quadros

Todo quadro 802.11 são compostos dos seguintes componentes:

Preamble	PLCP Header	MAC Data	CRC
----------	-------------	----------	-----

FIGURA 11: Quadro 802.11

### 4.21.1. Preamble

Este é dependente PHY, e inclui:

**Synch:** com seqüência de 80 bits alternando entre 0 e 1, que é usado pelo circuito PHY para selecionar a antena apropriada (se estiver sendo usada diversas antenas), e para atingir um estado seguro de correção de frequência contrabalanceada e sincronização com a cronometragem de recebimento de pacotes.

**SFD:** um quadro inicial delimitador que consiste de 16 bits binários padrão 0000 1100 1011 1101, que é usado para definir a cronometragem de pacotes.

### 4.21.2. PLCP Header

O cabeçalho PLCP é sempre transmitido a 1 Mbps e contém informação lógica usada pela camada PHY para decodificar o quadro. Ele consiste de:

**PLCP\_PDU Length Word:** que representa o número de bytes contidos no pacote. Isto é útil para a PHY para detectar corretamente o fim do pacote.

**PLCP Signaling Field:** que contém corretamente apenas a informação, contida em 0.5 Mbps acrescida de 1 até 4,5 Mbps.

**Header Error Check Field:** que é um campo CRC de 16 bits para detecção de erros.

### 4.21.3. MAC Data

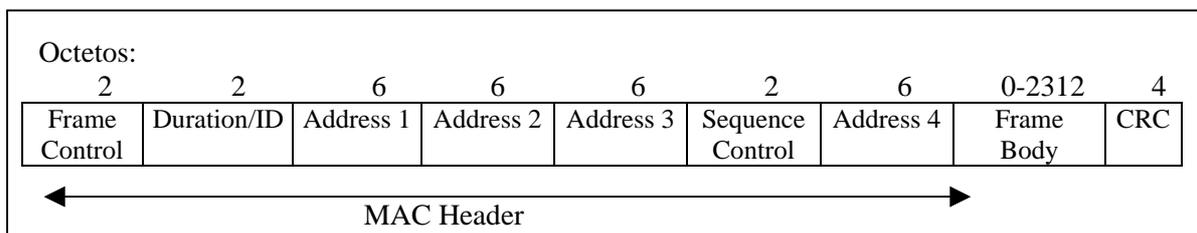


FIGURA 12: MAC Frame

A figura seguinte mostra um quadro geral do formato MAC Frame. Parte destes campos estão apenas presentes em partes dos quadros como descrito a seguir.

### 4.21.3.1. Frame Control Field

Os campos do quadro de controle contém as seguintes informações:

B0	B1	B2	B3	B4	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15
Protocol Version	Type		Subtype		ToDS	FromDS	More Fragment	Retry	Power Management	More Data	WEP	Order	
2	2	4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

BITS:

FIGURA 13: Campos de controle

#### 4.21.3.1.1. Protocol Version

Este campo consiste de 2 bits que são invariáveis em tamanho e colocados lado a lado de versões do padrão 802.11 e está sendo usado para reconhecer possíveis futuras versões. Nesta versão atual do padrão o valor é fixado como 0.

#### 4.21.3.1.2. Tipo e Subtipo

Estes 6 bits define o tipo e subtipo do quadro como é indicado na seguinte tabela:

Valores do tipo (B3 e B4)	Descrição do Tipo	Valores do Subtipo (B7 B6 B5 B4)	Descrição do Subtipo
00	Gerenciamento	0000	Association Request
00	Gerenciamento	0001	Association Response
00	Gerenciamento	0010	Association Request
00	Gerenciamento	0010	Reassociation Response
00	Gerenciamento	0100	Probe Request
00	Gerenciamento	0101	Probe Response
00	Gerenciamento	0110-0111	Reserved
00	Gerenciamento	1000	Beacon
00	Gerenciamento	1001	ATIM
00	Gerenciamento	1010	Disassociation
00	Gerenciamento	1011	Authentication
00	Gerenciamento	1100	Deauthentication

00	Gerenciamento	1101-1111	Reserved
01	Control	0000-0001	Reserved
01	Control	1010	PS-Poll
01	Control	1011	RTS
01	Control	1100	CTS
01	Control	1101	ACK
01	Control	1110	CF End
01	Control	1111	CF End + CF ACK
10	Data	0000	Data
10	Data	0001	Data + CF ACK
10	Data	0010	Data + CF Poll
10	Data	0011	Data + CF ACK + CF Poll
10	Data	0100	Null Function (no data)
10	Data	0101	CF ACK (no data)
10	Data	0110	CF Poll (no data)
10	Data	0111	CF ACK + CF Poll (no data)
10	Data	1000-1111	Reservadp
10	Data	0000-1111	Reservado

TABELA 2: Tipo e Subtipo de quadros

#### 4.21.3.1.3. ToDS

Este bit é configurado para 1 quando o quadro é endereçado ao AP seguinte para o Sistema de Distribuição (inclusive no caso onde a estação destino está no mesmo BSS, o AP retransmitirá o quadro).

O bit é configurado para 0 em todos os outros quadros.

#### 4.21.3.1.4. FormDS

Este bit é configurado para 1 quando o quadro é recebido do sistema de distribuição.

#### 4.21.3.1.5. More Fragments

Este bit é configurado para 1 quando eles são mais fragmentados pertencendo de algum quadro seguinte o fragmento corrente.

#### **4.21.3.1.6. Retry**

Este bit indica que este fragmento é uma retransmissão de um fragmento transmitido anteriormente. Isto é usado pela estação receptora para reconhecer a transmissão duplicada do quadro que pode ocorrer quando um pacote de reconhecimento é perdido.

#### **4.21.3.1.7. Power Management**

Este bit indica o modo de power management que a estação pode ficar após a transmissão deste quadro. Isto é usado por estações que são modificadas cada ocorrência dos estados de power save para active ou vice versa.

#### **4.21.3.1.8. More Data**

Este bit é usado por power management bem como pela AP para indicar que tem mais quadros armazenados para a estação. A estação pode decidir usar esta informação para continuar recebendo as informações ou alterar para o modo ativo.

#### **4.21.3.1.9. WEP**

Este bit indica que o corpo do quadro é codificado (encrypted) conforme o algoritmo WEP.

#### **4.21.3.1.10. Order**

Este bit indica que este quadro está sendo enviado usando a classe de serviço strictly-ordered.

A classe de serviço Strictly-Ordered é definido para usuários que não podem aceitar mudanças de ordenação entre unicast frames e multicast frames (a unicast frames está sempre mantido para um endereço especificado).

#### **4.21.3.2. Duration/ID**

Este campo tem duas maneiras dependendo do tipo de quadro:

- . Em mensagens power save poll representa a ID da estação;
- . Em todos os outros casos, representa o valor de duração usado para calcular o NAV.

#### 4.21.3.3. Address Fields

Um quadro pode conter mais de quatro endereços dependendo dos bits de ToDS e FromDS definidos no control field, da seguinte maneira:

Address-1: é sempre o endereço destinatário (recipient address) (a estação BSS que é o destinatário do pacote). Se ToDS está configurado, corresponde o endereço AP, se ToDS não está configurado, então é o endereço da estação-fim.

Address-2: é sempre o endereço transmissor (transmitter address) (cada estação está transmitindo fisicamente o pacote). Se FromDS está configurado, representa o endereço AP, se ele não está configurado, então é o endereço da estação.

Address-3: na maioria dos casos o restante do endereço não é usado. Em um quadro com FromDS configurado para 1, Address-3 é o endereço fonte (source address) original, se o quadro tem o ToDS configurado, então Address-3 é o endereço de destino.

Address-4: é usado em casos especiais quando um sistema de distribuição sem fio é usado, e o quadro está sendo transmitido de um AP para outro. Nestes casos, tanto os bits ToDS e FromDS são configurados, desse modo, o destino original e o endereço fonte original (source address) são perdidos.

A tabela seguinte resume o uso de diferentes endereços de acordo com os bits para ToDS e FromDS configurados:

ToDS	FromDS	Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
0	0	DA	AS	BSSID	N/A
0	1	DA	BSSID	SA	N/A
1	0	BSSID	AS	DA	N/A
1	1	RA	TA	DA	SA

TABELA 3: Endereçamento ToDS e FromDS

#### 4.21.3.4. Sequence Control

O campo de controle de sequência é usado para representar a ordem de diferentes fragmentos contidos para alguns quadros, e para reconhecer a duplicação de pacotes. Ele consiste de dois sub-campos: Fragment Number e Sequence Number; que define o quadro e o número de fragmentos no quadro.

#### 4.21.3.5. CRC

O CRC é um campo contendo um controle de 32 bits para ciclo de redundância (Cycli Redundancy Check) (CRC).

#### 4.21.4. Formato de quadro RTS

O quadro RTS é visto da seguinte forma:

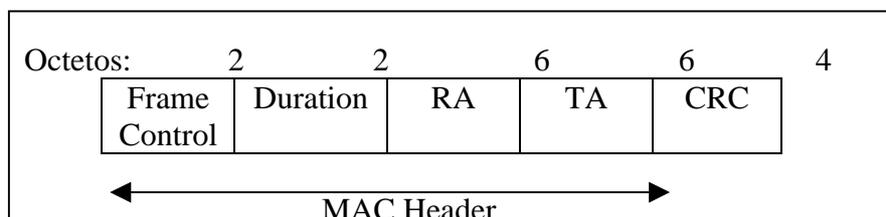


FIGURA 14: Quadro RTS

O RA do quadro RTS é o endereço da STA no meio wireless que é destinado imediatamente ao recipiente do próximo dado ou quadro de gerenciamento (management frame).

O TA é o endereço da STA transmitindo o quadro RTS.

O valor do tempo de duração, em microsegundos, requerido para transmitir o próximo dado ou o quadro de gerenciamento, mais um quadro CTS, um quadro ACK, e três intervalos SIFS.

#### 4.21.5. Formato de quadro CTS

O quadro CTS tem a seguinte formação:

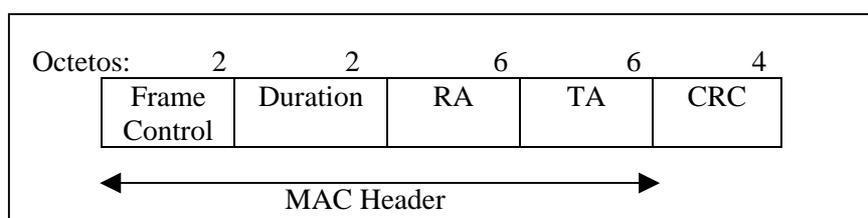


FIGURA 15: Quadro CTS

O endereço de recebimento (RA) do quadro CTS é copiado do endereço do transmissor (TA) do campo imediatamente anterior ao quadro RTS para que o CTS seja respondido.

O valor de duração é obtido do campo duration do quadro RTS imediatamente anterior, descontando o tempo em microsegundos, requerido para transmitir o quadro CTS e os intervalos SIFS.

#### 4.21.6. Formato de quadro ACK

O quadro ACK tem o seguinte formato:

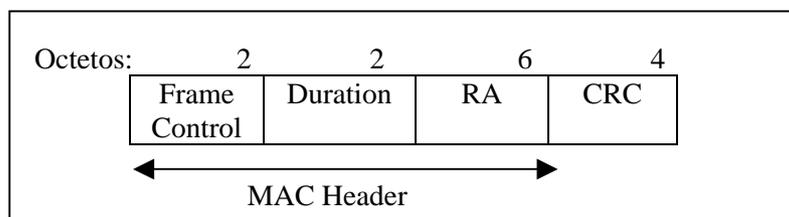


FIGURA 16: Quadro ACK

O endereço de recebimento de um quadro ACK é copiado do campo Address-2 do quadro imediatamente anterior.

Se mais fragmentos de bits foi configurado para 0 no campo do frame control do quadro anterior, o valor do tempo de duração é configurado para 0, e em qualquer outro caso o valor do tempo de duração é obtido do campo de duração do quadro anterior, descontando o tempo em microsegundos, requerido para transmitir o quadro ACK e os intervalos SIFS.

#### 4.22. Redes Ad-Hoc

Em certas circunstâncias os usuários podem desejar construir uma rede wireless LAN sem uma infra estrutura (mais especificamente sem AP). Isto pode incluir transferências de arquivos entre dois usuários de notebooks, um trabalhador fora do escritório (serviços móveis, vendedores externos, assistência técnica à clientes, etc).

O padrão 802.11 direciona esta necessidade para uma definição de modo de operação conhecida como “ad-hoc”. Neste caso não existe um AP (Access Point) e parte desta funcionalidade é executada pela estação do usuário final (como a geração de pacotes sinalizadores, sincronização, etc) e outra função AP que não são suportadas (como um enquadramento, ou seja, sintonização e troca de quadros entre duas estações fora de alcance, ou em modo power saving [WEN, 96].

## CAPÍTULO V

### Redes sem fio usando microondas

#### 5.1. Opções de Tecnologia

Atualmente, tanto fabricantes quanto usuários de wireless LAN tem uma faixa bastante larga de tecnologias e equipamentos para escolher de acordo com o projeto e aplicações desejadas para uma solução wireless LAN, principalmente nos mercados de aplicações especializadas, ditos mercados verticais. Cada tecnologia chega com seu próprio conjunto de características como: vantagens, limitações, desempenho, conectividade, etc.

A tecnologia que rodeia o mundo wireless, nestes últimos tempos, tem surgido com bastante força no mercado, lançando de uma maneira mais ágil, rápida e fácil novas soluções para implementação de redes e serviços sem fio. Há vários tipos de redes locais sem fio ou wireless LAN como são mais conhecidas, ou ainda mesmo WLAN. Existe ainda as WMAN ou redes metropolitanas sem fio; as WWAN ou redes de longa distância sem fio; a WLL (Wireless Local Loop) redes locais com características regionalizadas para atender aplicações de voz e dados; o protocolo WAP (Wireless Application Protocol) aliados aos sistemas celulares para prover conectividades para tráfego de dados; e ainda, a WPAN (Wireless Personal Area Network) surgindo como um novo conceito de redes pessoais sem fio, entre outras.

Nosso objetivo com este trabalho, é destacar a tecnologia baseada em WLAN funcionando na faixa ICM (Indústria, Ciência e Medicina) a qual não necessita de licença para funcionamento. No Brasil, esta tecnologia está regulamentada através de uma portaria do Ministério das Comunicações (MC) que reserva as seguintes faixas de frequência, com potência máxima de 1W. A íntegra desta portaria MC, está contida no Anexo C.

902	a	928 MHz	( 914 MHz )
2.400	a	2.483,5 MHz	( 2,4 GHz )
5.752,5	a	5.850 MHz	( 5,8 GHz )

As redes locais sem fio (WLAN) constitui-se como uma alternativa às redes convencionais cabeadas, fornecendo as mesmas funcionalidades, mas de forma flexível, de fácil configuração e com boa conectividade em áreas prediais, de campus, de instalações hospitalares, grandes ambientes de armazéns, portos etc. As WLAN costumam combinar mobilidade do usuário com conectividade a velocidades bastante elevadas e de maneira eficiente.

### 5.1.1. Tecnologia Narrowband

Um sistema de rádio em banda estreita (narrowband) transmite e recebe informação em uma frequência específica de rádio. Um sistema de rádio funcionando em banda estreita sustenta a frequência do sinal numa faixa mais estreita possível para passar a informação. Esta medida é para evitar crosstalk indesejável (ou seja, conversas cruzadas) entre canais de comunicação é evitado por cuidadosa coordenação de usuários nos diferentes canais de frequência [LU, 98].

Uma linha de telefone comum particular é muito semelhante a uma frequência de rádio, onde cada casa em uma vizinhança tem sua própria linha de telefone, as pessoas de uma casa não podem escutar chamadas de outras casas. Num sistema de rádio, privacidade e crosstalk ou não interferência, são realizados pelo uso de faixas separadas de frequências de rádio. O radio receptor filtra a saída de todos os sinais exceto a frequência a qual ele está designado a ouvir.

### 5.1.2. Tecnologia Spread Spectrum

Muitos sistemas wireless LAN usa a tecnologia spread spectrum, uma técnica de frequência de rádio em banda larga, com um elevado grau de confiabilidade e segurança, desenvolvida pelo militares para usar em sistemas de comunicação de missão crítica. Spread Spectrum é designado para negociar eficientemente largura de banda por confiança, integridade e segurança. Em outras palavras, é consumido maior largura de banda que nos casos de transmissão em banda estreita (narrowband) [BRI, 99].

Atualmente este é o sistema mais utilizado. Aproximadamente por volta de 1988, com o final da Guerra Fria entre Estados Unidos e União Soviética, esta técnica foi liberada para uso em sistemas de comunicação civil, com muito sucesso. Nos Estados Unidos já está sendo empregada à mais de 15 anos. A técnica consiste em propagar os sinais através de espalhamento espectral (spread spectrum), garantindo principalmente:

- . Alta imunidade à ruídos
- . Baixa interferência à outros equipamentos ou sistemas eletrônicos
- . Difícil de ser interceptado ou monitorado
- . Permite que vários equipamentos trabalhem ao mesmo tempo na mesma faixa de frequência

Esta técnica, nas mãos da comunidade civil, vem passando por vários avanços e melhorias tecnológicas, onde hoje é utilizada em grandes escalas nos mais variados sistemas de comunicação que exigem confiabilidade como: satélites, telefonia celular CDMA, sistema de localização global via satélite (GPS), etc.

As vantagens deste sistema são várias como podemos descrever algumas:

- . Mobilidade, fornecendo conectividade com as redes corporativas em vários lugares;
- . Baixo tempo para instalação, já que não necessita de nenhuma infra-estrutura especial nem passagem de cabos;
- . Flexibilidade, ficando totalmente livre para mudança de layout físico, expansões e futuras alterações/modificações no ambiente como um todo;
- . Menor custo a longo prazo, pois o tipo de manutenção é mínimo;
- . Pode ser facilmente instalada em prédios antigos, monumentos tombados pelo Patrimônio Histórico, etc;
- . Aplicado em vários ambientes onde é extremamente importante o alcance a pontos distantes ou em locais de coleta de dados como: depósitos, portos marítimos, pátios, etc;
- . Numerosas vantagens para ambientes como universidades, laboratórios de pesquisas, hospitais, lojas, locais de eventos, auditórios, etc.

A modulação spread spectrum via rádio existe em duas modalidades básicas: FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) e DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), cada qual com suas diferenças e particularidades que refinam seu uso de acordo com o ambiente, e sua aplicabilidade necessária.

#### **5.1.2.1. FHSS (frequency Hopping Spread Spectrum)**

A FHSS usa uma portadora de faixa estreita que muda a frequência em um código conhecido pelo transmissor e pelo receptor que, quando devidamente sincronizados, o efeito é a manutenção de um único canal lógico.

A camada física FHSS (PHY) oferece operação em duas velocidades: 1 Mbps e 2 Mbps. A versão de 1 Mbps utiliza 2 níveis da modulação GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) e a de 2 Mbps utiliza 4 níveis da mesma modulação. Cada canal ocupa 1 MHz de largura de banda e de acordo com a FCC (Federal Communication Commission) dos EUA, a FH possui 22 saltos padrões para utilizar, não devendo gastar mais que 0,4 segundos de um canal a cada 20 segundos na banda de 902 MHz e a cada 30 segundos na banda de 2,4 GHz. Os transceptores, ou seja, transmissores/receptores devem poder saltar por pelo menos 50 canais na banda de 902 MHz e 79 canais na banda ICM de 2.4 GHz [BRI, 99].

Sendo assim, com estes rápidos saltos de frequências, do tipo FFH (Fast Frequency Hopping), a probabilidade sempre é muito baixa de, se existir uma fonte de ruído em uma frequência a transmissão de dados só será afetada por um curto período de tempo. Se existir outro sistema transmitindo na mesma área ele só será afetado por um curto período. E tem-se ainda, que se na mesma área houver um outro sistema FHSS trabalhando a comunicação será muito pouco afetada, pois como ambos sistemas

vão estar pulando de maneira diferente, eles vão utilizar as mesmas frequências apenas em algumas vezes, o que irá garantir a continuidade da comunicação [NEW, 98].

Cada uma das camadas físicas usa seu próprio cabeçalho único para sincronizar o recebido e para determinar o formato do sinal de modulação e o tamanho do pacote de dados. Os cabeçalhos da camada física são sempre transmitidos com 1 Mbps. Campos predefinidos nos cabeçalhos provê a opção para acrescentar a taxa de 2 Mbps para dados para o pacote atual.

A única desvantagem do FHSS quando comparado com o DSSS é que ele perde algum tempo com os saltos de frequência, ocasionando um taxa de transferência de dados um pouco menor que a do DSSS. Este sistema FHSS é muito indicado para transmissão de dados em ambientes abertos, externos, em que existem ruídos e outros sistemas FHSS também funcionando.

Para uma recepção não intencional, FHSS apresenta ter curta duração do barulho de impulso.

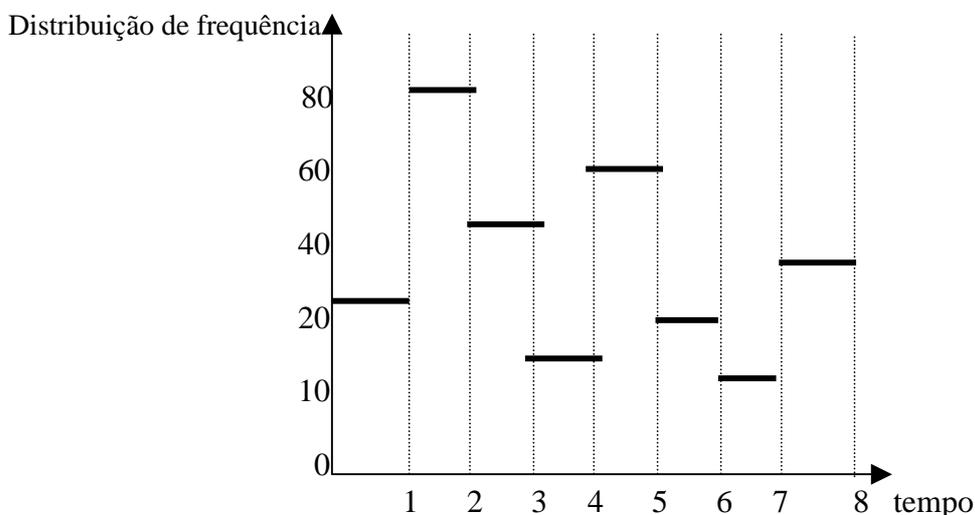


FIGURA 17: F H S S

O padrão WLAN IEEE 802.11 é uma das primeiras gerações de padronização para redes wireless LAN. Este padrão configura o passo para a próxima geração do padrão, indicando as demandas para alta performance, altas taxas de dados e altas bandas de frequência. Interoperabilidade entre produtos WLAN de diferentes fabricantes de equipamentos são de vital importância para o sucesso do padrão.

Esses produtos são implementados em versão ISA ou PCI para o padrão PC desktop ou cartão PCMCIA para uso em computadores portáteis, PDAs, notebooks. Aplicações wireless LAN possuem sobretudo grandes taxas emergentes em mercados verticais ou seja, mercados especialistas. É esperado que muitas aplicações horizontais

com um leque maior de abrangência, sigam uma infra-estrutura instalada de rede 802.11. Após algum tempo o crescimento na demanda por produtos compatíveis com 802.11 é esperado para aumentar a competição e para fazer nascer maiores projetos de wireless LAN mais competitiva e economicamente viável para praticamente todas aplicações que requerem conectividade wireless.

De acordo com o comportamento do mercado mundial, estamos vendo que num horizonte não muito distante, está claramente surgindo a necessidade por altas taxas de transmissão de dados; por aplicações requerendo conectividade wireless com 10 Mbps e superior. Isto permite que a competição para WLANs se aproxime comparativamente a taxa de transmissão de dados praticados nas LANs cabeadas.

#### **5.1.2.2. DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)**

Esta camada oferece operação nas velocidades de 1 Mbps e de 2 Mbps. A versão de 1 Mbps utiliza a modulação DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying), enquanto que para a velocidade de 2 Mbps usa a modulação DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying) [BRI, 99].

Este sistema é atualmente mais utilizado, principalmente em ambientes internos como escritórios e é também conhecido como pseudonoise (ou pseudoruído). Nesta técnica os transmissores utilizam de um processo de enviar o sinal com a adição de bits redundantes de dados chamados de chips, ou seja, com falso ruído, garantindo a resistência a interferências.

A camada física DSSS usa uma seqüência de 11 bits (Barker Sequence) para espalhamento espectral dos dados antes de ser transmitido. Cada bit transmitido é modulado pela seqüência de 11 bits [BRI, 99].

De acordo com as normas do FCC, órgão governamental que regula o uso destes sistemas de radiofrequência nos Estados Unidos, cada sinal em DSSS deve ter dez ou mais chips. Com isso, limita a velocidade máxima dos transmissores de seqüência direta (DS) a 2 Mbps na banda de 900 ou 914 MHz e de 80 Mbps na banda de 2.4 GHz. Infelizmente, o número de chips está diretamente relacionado com a imunidade do sinal a interferências. Em uma área com muita interferência, é preciso diminuir a velocidade, aumentando os chips para evitar a perda de dados [BRI, 99].

Ao contrário do FHSS, o DSSS transmite em uma faixa de frequência fixa porém muito larga e distribuída por igual. O sinal na modulação com o DSSS não é muito forte em nenhuma frequência específica da largura da banda, tendo a mesma força uniforme em toda a faixa de frequência. Dessa forma, uma interferência em uma

certa frequência irá afetar apenas uma parte do sinal, sobrando ainda os sistemas transmitidos em outras frequências próximas, além disso se houver algum outro sistema de rádio utilizando uma frequência dentro da faixa de frequência utilizadas pelo DSSS ele será pouco afetado, pois o sinal gerado pelo DSSS é muito fraco.

O DSSS tem uma maior capacidade de transmissão do que o FHSS, alcançando maiores distâncias. Porém, se houver dois sistemas DSSS idênticos, usando a mesma faixa de frequência na mesma área, eles irão sofrer muitas interferências prejudicando substancialmente a transmissão de dados.

Dessa maneira, o DSSS é mais indicado para ambientes internos como escritórios, lojas, hospitais, etc.

Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) produz um bit redundante padrão para cada bit a ser transmitido. Este bit padrão é chamado de chip (ou código chipping). Quanto maior o chip, maior é a probabilidade que o dado original possa ser recuperado no caso de corrupção dos dados ou interferências na faixa de frequência. E, conseqüentemente, é requerido uma maior largura de banda. Regularmente se um ou mais bits no chip são perdidos ou danificados durante a transmissão, técnicas de estatísticas dedicadas ao radio pode recuperar o dado original sem a necessidade da retransmissão. O DSSS opera com baixa potência de ruído em banda larga e é rejeitado ou ignorado pela maioria dos receptores de banda estreita.

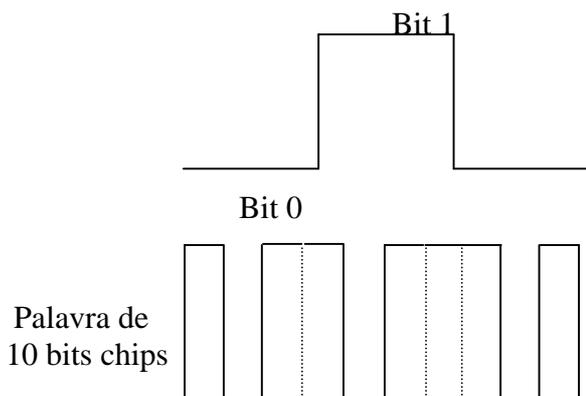


FIGURA 18: D S S S

## 5.2. Técnicas de Acesso

As técnicas de acesso empregadas atualmente em transmissões de dados para suportar múltiplo acesso em redes de telecomunicações tem como objetivo utilizar com maior eficiência possível a faixa espectral, agrupando uma determinada quantidade de

sinais, com relação direta a quantidade de usuários do sistemas, dentro de uma faixa do espectro de frequência disponível. Os métodos de múltiplo acesso utilizados nos sistemas de comunicações móveis atuais incluem o FDMA (Frequency Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access) e CDMA (Code Division Multiple Access), em que os sinais são transmitidos em canais diferenciados respectivamente em frequência, tempo e código. Neste nosso estudo, deveremos nos restringir ao TDMA e CDMA onde são esses os dois tipos de multiplexação mais empregados pelo sistema de wireless LAN [BRI, 99].

### 5.2.1. TDMA

Multiplexação por Divisão de Tempo (TDMA) envolve a definição de pequenos espaços de tempo em que o canal de comunicação é subdividido pelos usuários em vários pequenos intervalos suportados de tempo e então coloca porções de diferentes mensagens para diferentes usuários dentro de um único espaço de tempo. A relação direta, é a queda substancial de performance quando o canal começa a sofrer com uma grande demanda de tráfego. Após um longo tempo, as principais mensagens são enviadas inter-relacionando partes ordenadas de mensagem dentro de componentes de tempos diferentes.

O TDMA tem uma grande semelhança com um trilho de trem com os vagões indo ao mesmo tempo por um mesmo lugar ou mesmo trem num mesmo trilho ou mesmo caminho. TDMA transmite olhando para a abertura de pequenos espaços de tempo em uma faixa de frequência em operação, enviando os dados por transmissões em segmentos usando o espaço dedicado. O TDMA recupera quando necessário para a lista de toda frequência usada para procurar partes da mensagem que são endereçadas para sua localização. A recuperação quando tem para construir e organizar a mensagem e gerenciar a qualidade através de solicitação de retransmissão.

TDMA é um processo relativamente bem definido que usa o limite do espaço da frequência dedicado para uma utilização de alto nível. Localmente um alto carregamento na estação de recepção e pode mostrar queda se a rede tem uma média alta de erro.

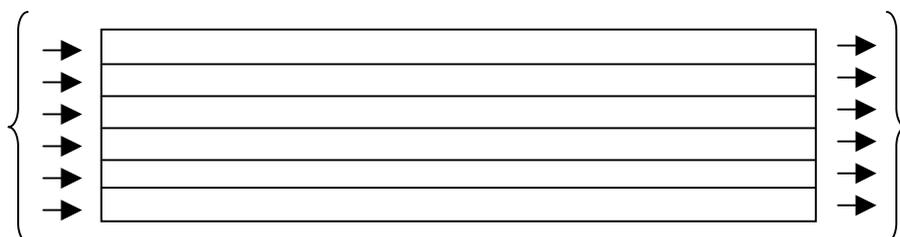


FIGURA 19: TDMA – A largura da banda é subdividida em canais por pequenos intervalos de tempo para tráfego de pacotes de dados simultaneamente

### 5.2.2. CDMA

Multiplexação por Divisão de Código (CDMA) foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos para segurança de comunicação de voz. A técnica quebra os sinais dentro de pacotes, cada qual recebido com um código único e é então transmitido em cima de uma única banda de frequência. A recepção deve conhecer os códigos para ver para onde está destinado e quem remeteu e reconstruir a mensagem colecionando os pacotes que foram transmitidos de um lado para outro na faixa de frequência. Este sistema provê consequentemente grande segurança da mensagem e suporta uma melhor demanda e uso aleatório da largura da banda dedicada. CDMA também permite uma ótima utilização do canal de comunicação e permite um grande nível de tráfego com maior competência que TDMA [BRI, 99].

A mensagem é rapidamente transmitida e o controle de erro é bem melhor. O problema com CDMA é que este é mais complexo que o TDMA e muitos fabricantes tem tido dificuldades produzindo com performance estável ambientes baseados com CDMA.

Tanto TDMA como CDMA é muito importante para a indústria de celular no segmento da comunicação digital, encontrando caminhos para manejar tráfego pesado dentro do limite da largura de banda. Como o padrão celular evolui e as tecnologias atinge estabilidade hardware-embedded, quando trafega dentro do mundo wireless LAN.

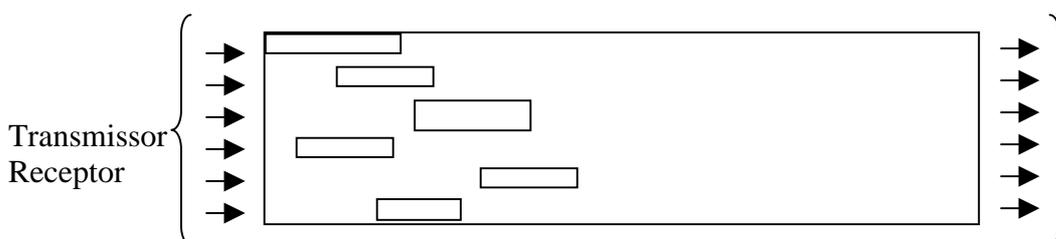


FIGURA 20: CDMA – Os pacotes de dados são codificados para trafegar em toda a largura da banda

### 5.2.3. FDMA

A técnica FDMA é igual a TDMA, apenas com a diferença de que no TDMA a divisão é por tempo e na FDMA a divisão do canal é por frequência.

Esta técnica que permite o múltiplo acesso no domínio da frequência foi a primeira a ser utilizada nos sistemas de rádio. A primeira geração de sistemas multiacesso era constituída de vários rádios monocanal nas faixas de VHF e UHF,

sendo que cada usuário possuía a sua frequência exclusiva e utilizava o mesmo equipamento de transmissão e entroncamento com a central pública de outros usuários [LU, 98].

A evolução dos sistemas de múltiplo acesso ocorreu com os sistemas celulares, pois os usuários não estão presos a uma determinada frequência, utilizando então qualquer canal que esteja disponível.

## CAPÍTULO VI

### Gerenciamento de Redes Wireless LAN

Os processos que envolvem rotinas de gerenciamento para uma rede WLAN (Wireless LAN) precisa estar totalmente integrado dentro do esquema de gerenciamento das redes de comunicações utilizada pelas empresas. O planejamento e a organização de todo um esquema de processos necessários para a administração e o gerenciamento de uma rede local deve ser bastante dimensionado com eficiência a fim de evitar surpresas indesejáveis como quebra de serviços, principalmente quando se trata de redes do tipo wireless, em que sua natureza consiste de mobilidade, versatilidade e integração de ambientes distintos, geralmente distantes geograficamente e que os serviços para seus usuários deve ser imprescindível e de boa qualidade. O gerenciamento de uma rede sem fio é apenas uma parte das operações relacionadas com a rede como um todo. Esta abordagem refere-se principalmente a questões diretamente relacionadas com o mundo wireless LAN.

Gerenciamento wireless LAN, que refere-se ao nosso enfoque direto aqui, está direcionado na questão do usuário local e o ponto de integração de tecnologias entre wireless e os serviços da rede cabeada. Todo o gerenciamento wireless ponto-a-ponto tanto para a parte de dados como de operações, faz parte da camada total do gerenciamento da rede [WEN, 96].

#### 6.1. Organização dos Serviços

O serviço de integração de redes locais sem fio, é uma camada do serviço orientado a usuário. Basicamente, este processo é bastante semelhante com a rede cabeada, onde ele terá uma interface com os usuários, recebendo e entregando informações para os usuários nas trilhas existentes de comunicações. Estas camadas de serviços dependem do usuário iniciar um requerimento por transferência de informação. Estas questões de requerimento e planejamento de serviços são primordiais para o gerenciamento das camadas de serviços da wireless LAN [WEN, 96].

As organizações dos serviços requer que o sistema de gerenciamento da rede sem fio seja capaz de identificar, registrar e trilhar, acompanhando o sinal, a informação fluindo da fonte para seu destino, enquanto estiver na rede, determinando os passos e resultados dentro de padrões aceitáveis.

O processo para a organização dos serviços envolve uma mistura de organização de dados e localização do serviço. Desde que um serviço é requisitado, alguma parte da WLAN deverá capturar a identificação para os componentes de rede envolvidos e quais os serviços necessários para o tráfego de dados. Os serviços

dependem da identificação usada e das informações que está contida nos pacotes transmitidos.

Informações relevantes de um pacote wireless:

- . aonde ele está ?
- . quando e em que momento fazer ele chegar no destino ?
- . como fazer ele percorrer ?
- . quanto tempo terá de acréscimo ?
- . quanto tempo falta para completar o percurso ?
- . porque está atrasado ?
- . qual é a condição atual do pacote ?

A maioria dos elementos de serviços podem usar das vantagens dos padrões disponíveis para identificar os dados e os componentes da rede. A identificação do dado transmitido será feito através do nível do protocolo usado (Ethernet, token ring, ARCnet, etc.) e a rede física que são processos definidos pela implementação do SNMP (Simple Network Monitoring Protocol) ou CMIP (Common Management Information Protocol) ou RMON (Remote Monitoring) que são padrões usados nos níveis de equipamentos da rede. Combinando estes elementos num gerenciamento da rede e nível de controle, a rede pode ser totalmente monitorada e gerenciada os processos de fluxos de dados [WEN, 96].

### **6.1.2. Identificação dos Dados**

Um dos problemas no gerenciamento de uma rede sem fio (WLAN) é conseguir identificar que tráfego está sendo negociado e estabelecer sua fonte de geração e seu destino. Depois é fazer a validação do conteúdo dos dados da mensagem e serem testados para saber se estão corretos e livre de erros [WEN, 96].

O caminho a ser percorrido pelos dados em um ambiente sem fio (WLAN) pode ser bastante dificultoso. O dado pode ser saltado através de várias frequências em seu trajeto entre as unidades wireless. Os dados podem também ser parados a diferentes controles e pontes de conversão que constituem seu caminho [WEN, 96].

Uma maneira para tentar registrar todas as informações diárias do processo de enviar-receber-retransmitir pode ser muito extenso, produzindo uma demanda muito grande de dados tornando quase impossível serem avaliados ou analisados. O melhor caminho para se ter algum controle dos dados pode ser feito no sentido de organizar as mensagens de testes que são enviadas e avaliar por amostragem um destes pontos de enviar-receber. Estes processos de testes são necessários e podem trabalhar em background voltado para validar o sistema e os componentes, observando se estão trabalhando corretamente. A idéia principal é assegurar aos usuários que a rede sem fio (wireless LAN) consiste de um serviço confiável, garantindo a integridade e a segurança dos dados transmitidos [WEN, 96].

As diversas unidades que compreendem os mecanismos de funcionamento de todo transporte no mundo das redes sem fio (WLAN) consiste de alguma forma de identificar códigos. As unidades do padrão Ethernet disponibilizam 48-bits para a definição do endereço. No Token Ring, toda ligação transporta uma designação de nomes.

Muitos outros componentes utilizados em ambientes wireless LAN, como servidores, bridges, roteadores e gateway, possuem a capacidade para gerar relatório dessas condições em operações via SNMP ou RMON. Estes protocolos provê a identificação das unidades e um caminho para investigar seus estados e condições via rede e algum padrão de protocolo requisitado.

A identificação das unidades são definidas dentro desses cabeçalhos de informações. Estas informações são passadas através da rede pelo protocolo em operação.

### **6.1.3. Pesquisando**

Os processos de investigação são usados para detectar e informar as condições em pontos selecionados dentro da rede. Estabelecido em pontos estratégicos selecionados da rede, o sistema de monitoramento pode interagir com a pesquisa e requerer a condição atual e a informação de erro para ser coletado e transferido para o sistema de monitoramento. As investigações são de alguma forma bastante inteligentes para levantar uma mensagem de alarme quando uma falha ou erro ocorre. Outras sondagens simplesmente coleciona dados e deve ser necessário para carregar esses dados para análise de eventos [WEN, 96].

As pesquisas ou investigação dos dados em uma rede sem fio (wireless LAN) geralmente está instalado nos servidores ou em uma estação ponto estratégico onde o sistema wireless está chegando juntamente com os serviços. Com isto reduz-se o número de pesquisas necessárias. Todo tráfego dos serviços wireless através desses pontos de investigação (probes point), submetem todos os segmentos wireless para avaliação e suporte [WEN, 96].

### **6.1.4. Monitoramento**

Os processos de monitoramento, na forma de controles e leituras de informações através de terminais de vídeo, são utilizados para que seja apresentados e avaliados em tempo real as condições operacionais de uma rede de comunicações. O monitoramento seria mostrar a estrutura da rede e o tráfego fluindo através dela. Ele pode ser deslocado para qualquer ponto de investigação ou pesquisas, e pode aproximar em níveis de variações de detalhes na performance monitorada da rede [WEN, 96].

Em uma rede com estrutura wireless precisa ser monitorada para avaliar insistentemente o estado dos dispositivos wireless utilizados e o nível do tráfego fluindo sobre as suas conexões. O monitoramento de dados são coletados de pontos de investigação ou de uma coleção de pontos lógicos onde o tráfego individual e coletivo pode ser identificado e quantificado [WEN, 96].

Esquema de Monitoramento de uma Rede Local Sem Fio

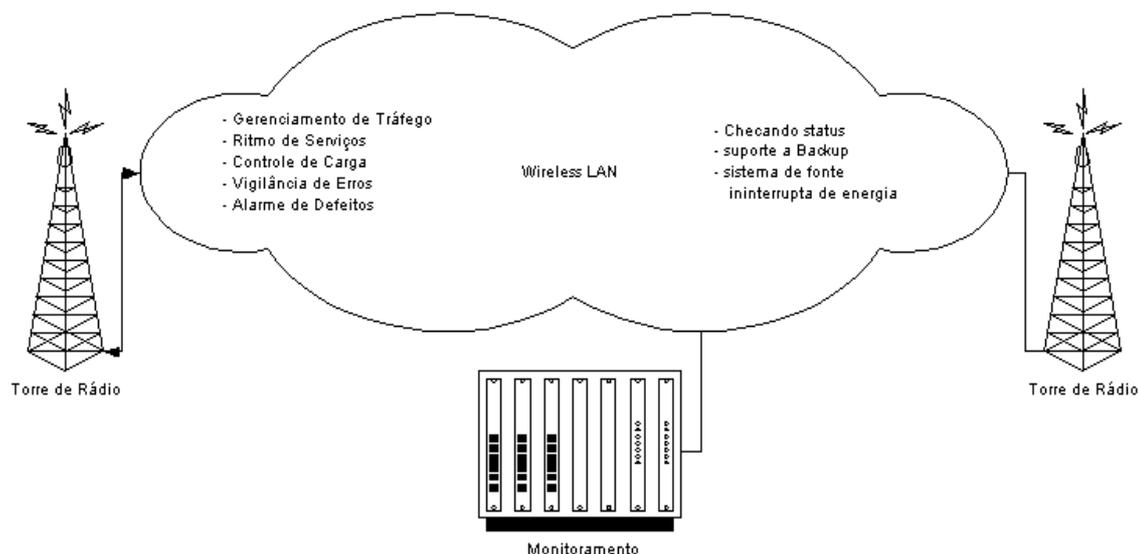


FIGURA 21: Monitoramento Wireless LAN

### 6.1.5. Traces

Traces são os sinais de requisições específicas para seguir os passos operacionais e transferir em um canal as atividades de comunicações e mostra os movimentos fim-a-fim dos pacotes e observar a cronometragem da transmissão fluindo através da rede. Neste evento tendo uma condição de erro, um sinal pode mostrar como as transmissões trafegam e onde torna-se imperfeito. Alguns sinais são documentados e reconhecidos; outros são novamente criado e as mensagens que seguem um caminho definido e sustenta a rota detalhando os acontecimentos em cada ponto [WEN, 96].

### 6.1.6. Cargas

O monitoramento de uma rede wireless LAN é capaz de definir a carga que está transportando, a fonte e o destino destas cargas. Com estas informações, o gerente do sistema wireless pode determinar se a performance está dentro das reações previsíveis e se os segmentos wireless estão usando razoavelmente os serviços para o atendimento satisfatório dos usuários [WEN, 96].

Dada a baixa velocidade das redes sem fio (WLAN), isto relacionada principalmente aos canais de voz e em alguns casos específicos de transferência de dados em canais de voz, com o caso de transmissões wireless com CDPD (Cellular Digital Packet Data) que trafega na faixa de velocidade de 19,2 Kbps, o tráfego de dados utilizando a carga de variações podem sofrer um grande impacto de evasão máxima ou throughputs, erros e baixa performance como também em uma rede cabeada. Se as transações são pequenas e o retorno dos dados entregues são bem empacotados e livres de erros, então o nível de carga é apropriado para o ambiente wireless. Mas, se os tamanhos das transações ou nível de demanda tornar-se demasiadamente grande, então a wireless LAN tende a falhar para entrega adequada dos pacotes e a performance para os usuários tende a declinar.

Pelo nível de carga do canal, os sistemas de gerência podem identificar as tendências que conduzem para abaixo da performance satisfatória e executa procedimentos para reduzir ou eliminar esses impactos adversos. Informações de carga deverá ser coletada em toda extensão entre pontos ligando o ambiente wireless ao ambiente cabeado. Os níveis de ambas as direções do fluxo de tráfego bem como algumas informações de tamanho total do fluxo de dados deverá ser registrado.

Itens relevantes para gerenciamento da carga da rede Wireless LAN:

- . Maior identificação possível do tráfego
- . Análises de tendências
- . Desligar o tráfego que não for prioritário
- . Manejo e acomodação de rotas
- . Serviços alternativos
- . Espalhar ou descartar algumas cargas

### **6.1.7. Auditoria**

Os registros de uma auditoria é necessário para sabermos informações do tipo: quem faz o que, para quem, e quando. Wireless LAN pode de tempos em tempos necessitar produzir uma auditoria para determinar as respostas precisas a serem utilizadas quando algum tipo de falha ocorrer. A auditoria deve ser selecionada para locais específicos da arquitetura wireless LAN. Para fazer uma auditoria na rede com uma certa regularidade, gera demasiadamente um grande volume de informações que são capturadas. Devemos selecionar execuções e processos entre pontos definidos para investigação provendo detalhes suficientes para definir o fluxo e características do tráfego sem consumir um excesso de área de armazenamento e também de tráfego [WEN, 96].

Apenas com uma auditoria poderá prover grande variedade de informações e também uma confirmação de todos os movimentos de mensagens. Os dados deverão ser analisados, documentados e armazenados para possíveis saneamentos de problemas. A auditoria de uma rede são usados apenas como ferramenta de diagnósticos.

### 6.1.8. Informações Relevantes

As investigações em vários locais de uma rede WLAN pode ser usada para observar e sentir o fluxo de tráfego de dados, gerando estatísticas que podem ser usada para Ter total informação sobre a carga, throughputs, e performance. O relatório será o suporte para a avaliação de uma saúde total e melhor performance da rede WLAN.

Os principais tipos de Informações estatísticas tabuladas, organizadas e que servem para um controle de gerenciamento, são:

- . Quadros gerais estatísticos
- . Registros de acessos
- . Fluxo de tráfego
- . Níveis de cargas
- . Tempos de respostas
- . Tamanho das mensagens ou de pacotes
- . Defeitos
- . Tempos de entrega de mensagens ou pacotes
- . Tempo médio de uso das conexões

### 6.1.9. Análises Históricas

Um histórico documentado de performance deverá ser desenvolvido para a WLAN, em que cobrirá a tendência do tempo de resposta, média de carga, fator de performance, problemas, defeitos e erros, e a descrição total da operação de uma WLAN. Acontecimentos não apenas se repetem, mas esta documentação pode ser usada para determinar fatores semelhantes como taxas de falhas excessivas, sobrecargas, fatores de carga de negócios, e outras situações variáveis de tempo e condições, eliminando assim, tempos de respostas para determinadas questões gerenciais [WEN, 96].

## 6.2. Defeitos

Gerenciamento de defeitos e controle é uma das maiores partes do gerenciamento de WLANs. Se o link de comunicação está desligado ou fora de operação por algum motivo, ou anda apresentando quedas de conexões demasiadamente constantes enquanto está em uso, deve ser detectado e tomado ações corretivas rapidamente tanto ações de caráter técnico quanto administrativas. Em um ambiente cabeado, o diagnóstico de defeitos é bastante fácil em comparação um sistema wireless em que encontramos de longe, muitas dificuldades para detectar o defeito. O meio aéreo raramente falha, mas as interferências do ambiente ou falhas de transceivers e componentes eletrônicos é uma causa possível do defeito [WEN, 96].

A utilização de auto-teste nos equipamentos é um dos caminho para assegurar que unidades estão funcionando perfeitamente. Outra situação é enviar pacotes de comunicações em background, para testar que todos os segmentos estão funcionando. Ambas as técnicas deve informar para um nível superior do sistema de gerenciamento com segurança, a necessária atenção para indicar e reparar os possíveis defeitos .

Ciclo de Processos envolvidos em um Gerenciamento eficiente de Falhas numa rede local sem fio (Wireless LAN)

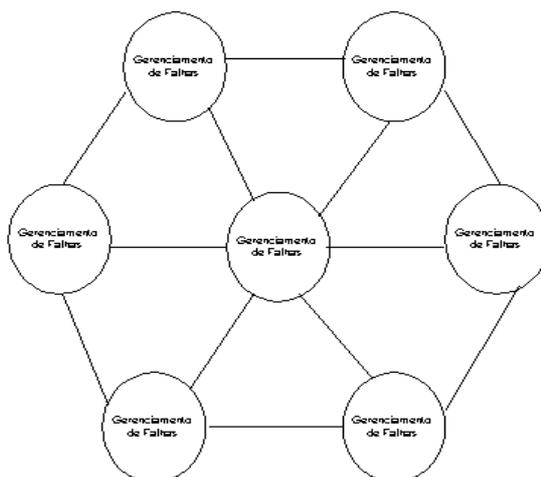


FIGURA 22: Processos de gerenciamento em rede Wireless LAN

### 6.2.1. Perdas

Na comunicação de dados em um ambiente wireless, a perda de uma mensagem ou de uma parte dela é sempre muito provável, tendo uma taxa alta de probabilidade de ocorrência. Por isso mesmo, a perda é sempre uma grande preocupação. Se o sistema pode detectar e corrigir a perda rapidamente e eficientemente, o problema pode ser minimizado. De qualquer maneira, se, como na comunicação celular, algumas comunicações podem ser reduzidas, desligada e até mesmo abandonada com nenhum sentido de gerenciamento ou responsabilidade de continuidade, os serviços da wireless LAN devem ser informados da sua não disponibilidade [WEN, 96].

As perdas de mensagem total ou parcial é uma preocupação crítica para WLAN. As soluções ficam detalhadas no gerenciamento rigoroso da entrega de mensagens em toda extensão da comunicação, compreendendo desde a geração no transmissor até o receptor.

### 6.2.2. Erros

O primeiro passo para gerenciar uma transmissão com taxas altas de confiança é para ser capaz de conhecer quando um erro ocorrer em todos os passos do processo de transmissão. Se não tiver nenhuma indicação de um erro, o dado errôneo será passado para o usuário e o erro torna-se parte deste processo. Se, de qualquer forma, o erro é

encontrado e identificado, o sistema pode remover o dado errado e executar ações corretivas. Mas se os erros passarem sem serem detectados, toda a operação de WLAN é comprometida.

### **6.2.3. Transmissão Incompleta**

Alguns dos erros são parciais. Neste sentido, a WLAN envia e recebe parte da mensagem. A parte recebida é boa, mas é apenas parte da mensagem total. A transmissão incompleta trata dos meios de que uma parte da mensagem vem sendo perdida. Embora o bom recebimento da parte da mensagem poder ser usada, não é a mensagem totalmente transmitida e desta maneira está caracterizado um erro de omissão [WEN, 96].

A Transmissão incompleta fica muitas vezes difícil para ser encontrada e corrigida. Na mensagem entregue não é encontrada nenhum erro, onde é assumido pelo gerenciamento que a transmissão ocorreu perfeitamente. Acrescentando a isso, a parada na mensagem pode ser aleatória, sendo muito difícil para diagnosticar. Uma auditoria de todas as mensagens pode ser necessária para se ter uma base de informações detalhadas e gerar uma análise detalhada até que seja encontrada e entendida em alguma parte da mensagem incompleta, a fim de caracterizar que a transmissão foi feita de forma incompleta.

### **6.2.4. Bloqueios da Conexão**

Quando um sistema ativa o fechamento das conexões, todo o ambiente é envolvido e os usuários reconhecem que os serviços não estão mais funcionando. A vantagem deste procedimento está na detecção e correção do erro. De qualquer maneira, para encontrar o erro e efetuar as correções são mais dificultadas para definir e implementar. O bloqueio da conexão pode ocorrer em qualquer momento e muitas vezes para tipos de reações e problemas que não são conhecidos.

O processo de bloqueios em redes WLAN é muito provável entretanto, o inconveniente é que o usuário não pode acessar a rede ou qualquer dos serviços. Um bloqueio pode ocorrer em qualquer momento, desse modo um usuário pode estar no meio de uma transmissão e acontecer do sistema mudar seu estado para indisponível e interrompendo a transmissão. Outra situação, é quando o usuário está inativo e quando aciona a conexão, não pode acessar a rede wireless sem poder entrar em modo de transmissão [WEN, 96].

Em qualquer circunstâncias, bloqueios são sempre e especialmente frustrantes para os usuários, principalmente porque ele geralmente não conhece o que está acontecendo, apenas que o sistema não está funcionando. O defeito é mais visível, mais a causa e o reconhecimento são mais escondidos.

### 6.2.5. Pacotes Falsos

Quando uma rede local LAN, envia pacotes que não são usados pelo sistema e que não contém dados legítimos ou originais de alguma aplicação ou serviço, ele faz parte de pacotes falsos criado e enviando pela rede. Esse pacotes toma espaço e consome largura de banda disponível. Eles podem sobrecarregar o sistema e parar transmissões de usuários legítimos gerados pelo serviços da rede.

Este pacotes falsos são muitas vezes gerado como uma transmissão tempestiva broadcasting que pode ser de uma interface de rede quebrada ou danificada. A solução usual é localizar a fonte que está gerando os pacotes falsos e então isolar, desligando e corrigindo o problema. Pacotes falsos podem ser detectados e seguir sua trajetória. Ele pode ser usado por um processo de gerenciamento para investigar e identificar a fonte de geração, a fim de isolar a transmissão e resolver o problema [WEN, 96].

### 6.2.6. Contaminação de Vírus na WLAN

A infecção de vírus em uma WLAN podem ser feita através de usuários móveis que nas transmissões remotas introduzem pacotes ou mensagem para dentro de uma rede wireless LAN, quando as unidades independentes torna-se contaminada e então passa o vírus para uma outra estação quando ela conecta via a wireless LAN. Uma contaminação de vírus pode facilmente passar pelo ponto de monitoramento de informações na rede, porque as informações são vistas por erros na rede e o vírus é implantado dentro de pacote de dados legítimos [WEN, 96].

## 6.3. Quebras de Segurança

As Quebras de segurança são provavelmente a maior quantidade de erros em um ambiente wireless LAN. Alguma destas preocupações são baseadas no receio de que transmissões baseada em microondas por meio do ar livre podem facilmente ser subvertidas, copiadas ou modificadas. Atualmente, a técnica de salto de frequência de rádio LANs possuem algoritmos de sintonia bastante confiável e severamente restrito para não detectar violação de segurança em uma rede WLAN. O mesmo grau de segurança de uma wireless LAN, é relativamente parecido com a de uma rede cabeada. A instalação é facilmente localizada e cabos de cobre podem monitorar a capacitância/indutância sem sofrer detecção para copiar/modificar mensagens dentro da rede.

De qualquer forma, se a segurança for violada em uma wireless LAN, é justificado da mesma forma que em um ambiente cabeado. Felizmente, isto é menos provável ocorrer, mas quando acontece, pode ser significativamente mais difícil para localizar e corrigir qualquer violação de segurança conhecida na cobertura da área wireless sendo capaz de conectar e desconectar da WLAN rapidamente e com a mínima chance de detecção de violações. Desta forma, a contínua monitoração de usuários e geração de mensagens dentro do ambiente wireless LAN é apenas uma proteção viável

e necessária para detectar alguma tentativa de quebra da segurança da rede podendo causar algum estrago para a mensagem e/ou extravio de conteúdo da LAN.

#### **6.4. Monitorando Defeitos**

O sucesso de operação em um ambiente wireless LAN está diretamente relacionado com serviços wireless operando em altos níveis de confiabilidade e segurança e que esteja disponível para seus usuários quando necessário. Qualquer falha no provimento do serviço de confiança entre os usuários e os nós wireless será considerado um problema e possivelmente colocado as aplicações em risco com níveis de insegurança. Um caminho correto para detectar possíveis defeitos e problemas em um ambiente wireless é levantar uma operação pró-ativa de monitoramento de transmissões, isolando e corrigindo defeitos e problemas [WEN, 96].

Monitoramento de defeitos deve ser trabalhado em um processo em background com uma interação com o processo de transmissão. Quando algum defeito é detectado, os passos de correções podem automaticamente iniciar e os erros corrigidos ou a mensagem retransmitida. Se os erros são pequenos e intermitentes, o monitoramento de defeitos e o processo de resposta devem parecer transparente para o usuário final. Se os defeitos são mais substanciais, causando demora sobrecarregando a capacidade da rede, então o procedimento de monitoramento deve procurar prover serviços alternados e informar o usuário da situação. Juntamente com isto deve iniciar ações para reparar e validar o retorno correto da capacidade da WLAN. As notícias para os usuários informando da situação e das condições da rede deverá ser automaticamente gerada e transmitida.

O processo de monitoramento de defeitos das operações de uma WLAN precisa ser continuamente vigiado. Quando um defeito ocorre, o monitoramento do sistema identifica o erro e inicia um processo de resposta automática. A ocorrência será revisada para determinar se esta seqüência de defeitos são freqüentes ou se a condição é uma situação aleatória, com ocorrências em tempos esporádico.

Ocorrências repetitivas necessitam de uma atenção com alta prioridade. A primeira ocorrência de um evento aleatório necessita de correções mas não necessariamente uma alta prioridade de resposta. A ocorrência será identificada, registrada e avaliada a fim de verificar a existência de prioridades [WEN, 96].

Identificamos um evento como sendo a atual ocorrência de um defeito dentro de uma WLAN. Este evento possui a identificação do que ocorreu no ambiente; quando e como ele ocorreu, e como foi detectado. Este mesmo evento também pode conter um quadro do acontecido no momento do defeito. O evento será registrado, identificado, e usado como referência.

Isolamento é o processo iniciado a partir da identificação de um quadro de um evento de defeito e as condições decorrentes dele. Os procedimentos para o isolamento são iniciados instantaneamente a partir do evento de defeito e do ambiente em que aconteceu. O isolamento pode incluir todos os dados inseridos no ambiente atingido

quando o evento de defeito acontecer. Certamente, isto significa uma quantidade muito grande de dados para ser capturados e processados.

Quando um evento de defeito é identificado em uma WLAN e posteriormente isolado, ele deve ser classificado e documentado para levantar de onde originou, o meio e qual a decisão pronta informando como fazer para responder ao referido evento. Este processo de reconhecimento deve tentar identificar o tipo do evento e desenvolver uma resposta automática para a ocorrência.

Quando um evento tiver sido definido e reconhecido, é levado para um processo de decisão sobre como distribuir com as correções e soluções para o evento. Se o evento é uma ocorrência aleatória, pode não ser reconhecido imediatamente a resposta corretiva para o problema. Se a ocorrência de erro envolve os dados transmitidos, então inicialmente a resposta do processo será uma retransmissão e testar novamente os resultados. Se o erro é persistente, então os procedimentos de operações segue para procedimentos para ativar uma iniciação correta e insere o evento do defeito e os dados sobre o processo de correção do defeito.

## 6.5. Correção de Defeito

Correção de defeito é o processo de respostas para um defeito que é significativamente bastante recorrente para o ponto que uma resposta seja necessária. O processo para correção de defeitos determina a severidade do defeito e a prioridade da necessidade de respostas. O processo também gerencia a resposta e supervisiona as ações registrando para efeito de correções dos problemas. Registro de condições, respostas, e resultados também é feito para construir e manter um histórico que pode emitir respostas para futuras condições que sejam similares.

Ciclo de processos envolvidos para tratar eficientemente as correções de falhas numa rede local sem fio (Wireless LAN)

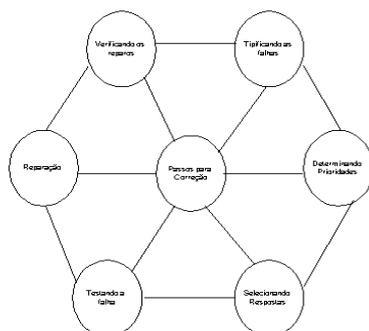


FIGURA 23: Processos para correção de defeitos em rede Wireless LAN

### 6.5.1. Tipificando Defeitos

Antes de iniciar algum procedimento de correções de falhas, o processo tem que primeiramente determinar que tipo de erro ocorreu e o nível de resposta que é necessário para a dada situação. A tipificação do defeito envolve identificar a ocorrência e as condições em que ocorreu e isto é difícil para determinar uma total identificação do

evento de erros. Os tipos podem ser estabelecidos e comparados de acordo com uma biblioteca anteriormente classificada. Os tipos alternativos de defeitos podem ser definidos da seguinte forma:

- . Erro na interface de rede
- . Erro na transmissão do meio
- . Falha de protocolo
- . Perda de mensagem
- . Mensagem incompleta
- . Interferência
- . Ruído no meio
- . Erro desconhecido
- . Erro de resposta no servidor
- . Falhas de hardware

### **6.5.2. Quadro de prioridade e seleção de respostas**

Depois que o erro numa rede wireless LAN é estabelecido de acordo com o seu tipo, uma avaliação desta severidade e prioridade de resposta deve ser definido. Se a rede wireless está totalmente inoperável, a severidade é crítica e a prioridade de resposta deve ser alta. Se o problema é esporádico e não é previsto retransmissão de dados considerando o nível de evasão da rede, o erro deve ser determinado para uma severidade modesta e a prioridade de resposta configurada para importante mas não crítica. A forma urgente pode ser uma definição correta para este cenário. Se o problema é aleatório e não é reduzido a performance do sistema como um todo, a severidade é mínima e a prioridade de resposta deve ser aumentada e vigiada [WEN, 96].

Um quadro de prioridade pode ter a forma descritiva ou índices numéricos. O quadro de prioridade deve ser usado para selecionar e gerenciar os recursos de resposta quando tentar refinar e distribuir com as condições de falhas.

### **6.5.3. Testando o Defeito**

Quando o defeito for identificado, priorizado e a resposta definida, ele é útil para estabelecer testes a fim de determinar se pode ser reproduzido e se as condições existentes no momento da ocorrência tiveram alteração. Se o defeito não pode ser reproduzido, pode tratar-se de um erro aleatório que poderá nunca ocorrer de novo. Estes erros podem ser registrados e isolados. Se o erro é repetido, então a resposta deve ser implementada.

O teste de defeito deve ser rápido e superficial. Os testes detalhados devem ser feitos na parte da análise de soluções e processo de ações corretivas.

#### 6.5.4. Processos de Correções

Um defeito em um ambiente wireless LAN é tipificado, priorizado, testado e validado. Neste momento o gerente do sistema deve ser capaz de determinar as ações para respostas e os passos ou processos para efetuar reparos e correções a ser inicializado e executado a fim de corrigir a condição e retornar o sistema para operações com níveis de confiança. Os passos para proceder os consertos podem envolver:

- . Investigação suplementar do defeito e as condições sob o observado
- . Comparação de defeitos na biblioteca para determinar ocorrências anteriores e suas respostas
- . Identificação do que e quem é responsável pela resposta
- . Se a causa é colocada para um grupo externo, e então transferir as responsabilidades
- . Acionar o melhor conserto lógico feito para a situação
- . Estabelecer mecanismos para testar os reparos para correção do defeito
- . Implementar e testar as correções

Qualquer mudança feito para partes de uma WLAN precisa ser testado sob condições realísticas para determinar corretas correções do defeito a fim de não ser introduzido fracassos ou perdas em outras áreas. Desta forma, isto serve para fazer funcionar um conjunto de casos de testes predefinidos que envolve a operação total do sistema.

Ciclo de processos envolvidos para tratar eficientemente a limpeza das falhas numa rede local sem fio (Wireless LAN)

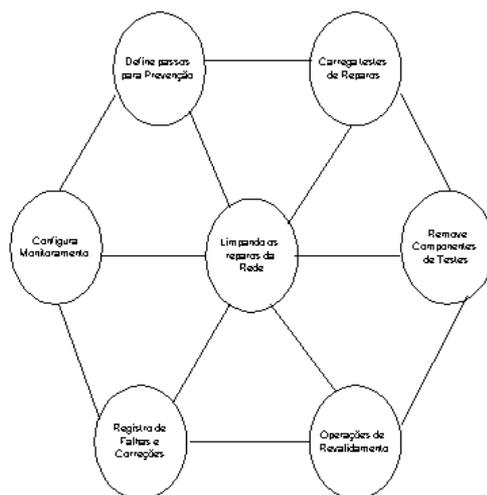


FIGURA 24: Processos de testes de correção de defeitos em rede Wireless LAN

Após os reparos terem sido testado e validado, deve ser feito no ambiente do sistemas a limpeza dos testes e retornar todo o ambiente para o estado operacional. Isto envolve a remoção de qualquer dos componentes testados, registros, pontos de teste, processos de investigações, devendo o conjunto configurado de testes ser retornado para determinar que nenhum defeito foi introduzido pelo processo de remoção.

Após corrigido o defeito e o sistema retornado para o estado operacional, este trabalho deve ser documentado e inserido convenientemente dentro do histórico de defeitos da biblioteca. Se qualquer passo no processo de reparo teve modificação, ele deve ser anotado como correções e/ou melhorias para os processos de consertos para o defeito. Se é um novo reparo, então deve ser preparado a documentação completa destes passos, registrando os resultados [WEN, 96].

#### **6.5.5. Documentações**

O último passo no reconhecimento do defeito e no processo de reparo é documentar as experiências, o conhecimento adquirido para ganhar conteúdo de informações que poderá ser reutilizada no futuro. Esta documentação pode incluir recomendações para futuros reparos, passos ou caminhos para monitorar o sistema para detecção cedo dos defeitos.

A importância chave desta documentação é encontrar caminhos de melhorias no processo de monitoramento do sistema e para fazer o sistema como um todo, mais estável. O propósito é para reduzir ocorrências de erros e fazer o sistema operar com maior confiabilidade. A documentação deve também incluir conselhos no sentido de melhorar o conhecimento do defeito e também o processo de correção. Isto também eleva a qualidade e as melhorias de gerenciamento do sistema [WEN, 96].

#### **6.6. Gerenciamento de Erro**

Em geral, os erros são mais prováveis acontecer em uma rede WLAN que em um ambiente de rede local cabeada. Isto é decorrente da qualidade do sinal do meio aéreo, ou seja, as microondas trafegando ao ar livre, sendo um argumento limitador do sinal dentro do espaço da largura de banda operacional, possibilitando ainda interferências, e outros fatores. Temos mostrado acima, processos de como detectar e responder defeitos no ambiente wireless LAN. Gerenciamento de erro será o processo de controlar correções de defeito e uma completa avaliação da performance de todo o sistema de acordo com o histórico de erros [WEN, 96].

Com o gerenciamento de erros podemos ter o registro de como está o desempenho do sistema e sua eficácia de respostas de defeito e a prática de correções. Desta forma, estabelecemos um conjunto de medidas de performance usando para avaliar e relatar as condições de operações da WLAN.

O processo de gerenciamento de erro avalia o histórico atual de cargas, erros, defeitos, reparos, períodos longos de respostas, e outros problemas. Estas condições devem ser indicadas em um conjunto informativo que provê a unidade de gerenciamento da rede de comunicações com um quadro compreensivo do estado e operações atuais dos segmentos WLAN em operação. As informações de erros alimentam um histórico de operações da WLAN e suprem uma base para tomadas de decisões, mudanças, melhorias, ou regulação do uso da wireless LAN dentro da estratégia total de organização da rede [WEN, 96].

Observando os históricos de erros e a performance ds registros (logs messages) da wireless LAN, será possível para os peritos em telecomunicações determinar algumas recomendações para melhorar o estado e a performance destas unidades. Melhoramentos podem exigir mudanças de equipamentos (hardware), ajustamentos procedurais (processos, procedimentos, normas) ou outras modificações. O ponto chave é usar os resultados atuais dos erros, problemas e cargas de tráfego para definir caminhos de como oferecer a comunidade de usuários serviços com maior estabilidade e confiança.

## **6.7. Gerenciamento de Atualizações**

Wireless LAN terá sempre um estado de contínuas atualizações e de melhorias, principalmente em seus componentes. Este é um meio de constante evolução, de atualizações, reposições ou substituição de níveis tecnológicos nos componentes e equipamentos. Estas atualizações são típicas de novos e rápidos avanços tecnológicos. Desta forma, isto constitui-se em um dispendioso processo que deve ser gerenciado cuidadosamente para assegurar que o usuário ou a total estrutura WLAN estabeleça a melhor adequação dos seus serviços de acordo com a equação de custos/benefícios, com o melhor esforço envolvido.

Gerenciamento progressivo deve esforçar-se para manter algumas consistências num número de níveis de diferentes gerações de tecnologias e produtos suportados via wireless LANs [WEN, 96].

Limitando para poucos produtos operando na rede WLAN, elevando o grau de padronização é um item essencial tanto para uma visão gerencial no sentido de ter um melhor controle de operações quanto para uma visão de estruturação de tecnologias, custos agregados, etc.

### **6.7.1. Mudanças de Tecnologias**

Com certeza, as tecnologias de wireless LANs passarão por diversas atualizações nos próximos anos, á que hoje este segmento tecnológico desponta no grupo das tecnologias emergentes e de maior crescimento. Isto pode ser uma busca sempre ativa por maior confiança e caminhos rápidos para unir-se a dispositivos/componentes para LANs não cabeadas. As organizações ou consórcio de fabricantes/fornecedores necessitam apresentar de cara, o fato que a tecnologia atual provavelmente será obsoleta antes do final do ciclo de vida útil com a utilização das tecnologias atuais. a tecnologia wireless LANs é parecido com o que acontece com a evolução dos sistemas PCs, que tem sido um estado de arte constante e um alto grau de rotatividade desde sua introdução [WEN, 96].

### 6.7.2. Mudanças de Componentes e Conexões

Os componentes eletrônicos são sem dúvida, os principais elementos que provavelmente mudam em uma WLAN tendo mais ênfase na integração cada vez maior com o mundo das redes locais cabeadas. O principal fator da mudança é o de melhoria de velocidades e a confiabilidade. O custo dessas unidades são também significativos diminuindo cada vez mais, fazendo os sistemas wireless LAN mais prático, fáceis de configurar, melhor integração com as redes cabeadas, tornado-o cada vez mais viável [WEN, 96].

A conexão ou ponto de conectividade onde os ambientes wireless e estrutura cabeada encontra-se em constante mudança. A principal questão nesta conectividade é usualmente o serviço compartilhado. Isto está sendo viável através da introdução de equipamentos de rádio cada vez mais melhorados e o uso de comutadores inteligentes, sendo possível assim uma mudança estrutural provendo a wireless LAN integração total com a estrutura cabeada das redes locais, acessando o compartilhamento de recursos e principalmente nos níveis de serviço [WEN, 96].

Desta maneira, com o avanço tecnológico e a integração de serviços e tecnologias, podemos incluir mudanças novas no sentido de conceitos e características como a integração de transmissão de dados e voz em um mesmo canal elevando o grau de conectividade e facilidades para os usuários finais. Assim as características de integração pode incluir serviços de voz em uma rede WLAN, com correio eletrônico e conectividade com a internet [WEN, 96].

Quando opções e conceitos de tecnologias são mudadas ou inseridas em um contexto, os usuários sentem a necessidade de serem informados e treinados para utilizar os serviços. São poucas as opções de novas tecnologias que tem sido automaticamente interpretado e utilizado pela população em massa.

### 6.7.3. Mudança de Software e Aplicações

É provável que as mudanças de software dentro de um ambiente wireless LAN seja a maior mudança contínua. Novos produtos de softwares para os usuários móveis e atualizações para aplicações já existentes são um caminho constante de possíveis mudanças. Nem todos os programas novos nem atualizações regulares de software existentes precisam ser implementado a um nível operacional [WEN, 96].

A ocorrência de mudanças em softwares, provavelmente é parte de uma contínua evolução para os usuários móveis. Estas mudanças podem ser variável para operações regulares do sistema. Por incluir alguns passos extras, o processo de mudança de software para os usuários wireless LAN tornam-se pouco provável. Algumas das complicações envolvidas na mudança de softwares ligadas diretamente ao usuário são:

- . Pré-notificação de mudanças pendentes
- . Testar cópia de demonstração das mudanças

- . Treinamentos iniciais em novos processos e operações
- . Disponibilidade de suporte para ajudar nas dúvidas
- . Contato contínuo e comunicação na aceitação e compreensão das mudanças
- . Uso da própria rede para ajuda e suporte

Uma característica dos usuários móveis de uma wireless LAN é que muitas vezes eles estão mais distantes e espalhados. Com isto, a implementação das mudanças de software constitui-se no maior processo de dependência pessoal com pouca ajuda direta e também através de suporte, dificultando o aprendizado e elevando o tempo de transição. Estabelecendo um suporte direto e provendo os serviços de comunicações através da estrutura WLAN, os usuários tendem a se sentir mais confortáveis com o processo de mudança, elevando o grau de confiabilidade do movimento para o novo ou nas mudança de aplicações .

## CAPÍTULO VII

### Antenas Microondas & RF

Toda a teoria que norteia o desenvolvimento e a construção de antenas está baseada na teoria eletromagnética clássica, onde se destaca a parte dos campos eletromagnéticos variáveis no tempo.

Os sistemas de antenas utilizadas para a transmissão de radiodifusão (broadcasting) e para recepção que faz uso de ondas eletromagnéticas no spectrum de frequência, é o mesmo utilizado pelas demais aplicações como telefonia móvel; comunicação marítima; radares; TVs; satélites etc, alterando algumas de suas características de manufatura para melhor adequação de acordo com sua finalidade de uso [GOM, 85].

A teoria está baseada na física clássica onde é estudado a eletricidade com seus campos elétricos variáveis no tempo; eletrostática; magnetismo; campos magnéticos em movimento; magnetostática; a óptica; o eletromagnetismo; as equações de Maxwell etc.

Neste nosso estudo deveremos focar de acordo com o nosso objetivo maior, as partes de antenas empregadas nos enlaces terrestres utilizando as frequências de microondas, atualmente muito usada para transmissão de dados, onde este segmento está crescendo constantemente a passos largos. Contudo deveremos fazer breves comentários sobre componentes eletrônicos das antenas; alguns sistemas de antenas mais utilizadas; conceitos básicos sem um aprofundamento nas demonstrações das teorias físicas e matemáticas; noções de segurança e um esquema da composição dos elementos que fazem parte de um sistema de antenas.

#### 7.1. Conceituando Antenas

Existem vários conceitos sobre antenas, mas basicamente, uma antena consiste de um dispositivo equipado de condutores (geralmente dispostos em pares) alimentados por uma linha de transmissão, denominados também de dipolos, capaz de produzir ondas eletromagnéticas no espaço livre a partir de uma corrente elétrica variável no tempo, onde este por sua vez gera um campo magnético variável no tempo induzindo assim a formação de um campo elétrico variável no tempo, sendo esses campos levados para o espaço sob a forma de uma onda eletromagnética irradiada. Sua aparência física é basicamente mostrada pela figura abaixo, onde podemos classificá-la como um par de condutores alimentados por uma linha de transmissão [GOM, 85].

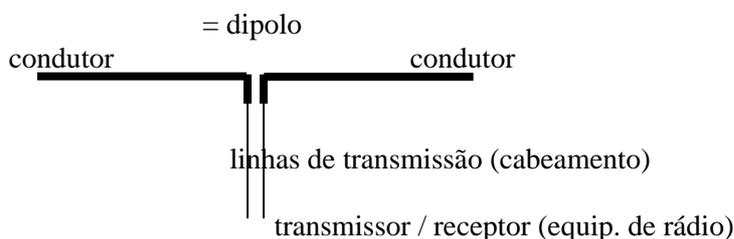


FIGURA 25: Esboço físico de uma antena comum

As antenas são dispositivos que possuem um sentido de “mão-dupla” onde em sua maioria, servem tanto para transmissão quanto para a recepção de ondas e a unidade de grandeza física, ou seja, suas dimensões físicas estão estreitamente relacionadas com o comprimento de onda o qual está associado à frequência do sinal a ser transmitido ou captado. O comprimento de ondas em frequências muito baixas, são extremamente elevadas, as antenas são construídas com um comprimento menor do que o comprimento de onda do sinal a ser irradiado, utilizando as técnicas de dipolo curto, dipolo de meia onda etc, e a corrente elétrica em seus braços não necessariamente estão igualmente distribuídos.

A antena mais comum e básica tanto a nível de projeto quanto de construção, é a chamada de antena monopolo ou também conhecida como antena Marconi. Este tipo de antena consiste de um dipolo, que é formado por um par de hastes condutoras, em que um dipolo fica fixado verticalmente no espaço e a outra haste do dipolo fica aterrada, utilizando do princípio de que a terra é um condutor de razoável eficiência, a haste na vertical descoberta no espaço passa a irradiar sinais que são refletidos no solo e o monopolo passa a se comportar como um dipolo, sendo suficiente para alimentá-lo colocar um dos condutores da linha de transmissão também aterrado.

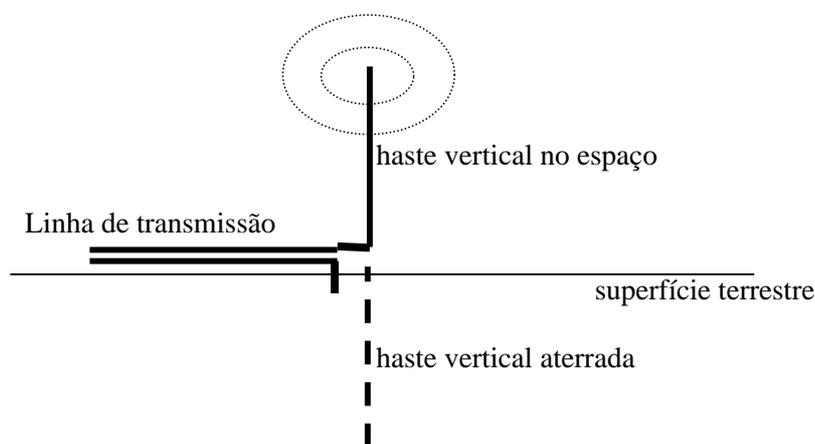


FIGURA 26: Antena de Marconi ou monopolo

## 7.2. Características Básicas das Antenas:

Podemos observar algumas características que compreendem a construção e a aplicação das antenas, para melhor desempenho e seu comportamento satisfatório tanto para ambiente interno como para externos. Esses parâmetros podem ser assim dispostos:

- . Diagrama de Irradiação
- . Ângulo de abertura
- . Eficiência
- . Diretividade
- . Ganho
- . Relação Frente-Costa
- . Resistência a Irradiação
- . Largura de Faixa

- . Potência Recebida
- . Polarização
- . Área Física x Área utilizada
- . Ruídos Incidentes nos sistemas de antenas RF

Para desenvolvermos estes tópicos acima listados, deveremos primeiramente, partir para um novo conceito, o qual serve de base para todo o estudo das antenas. Precisamos inserir e definir a antena isotrópica.

A antena Isotrópica ou hipotética, constitui-se de um irradiador único e esférico, assim denominado também de unipolo. Esta antena, como já mencionamos, é hipotética, ou seja, é uma antena que não existe fisicamente, e portanto é a antena que exprime a maior e melhor relação de irradiação e ganho que pode existir. Ela é utilizada como padrão de unidades de medidas e para definição de outras características. Um exemplo comparativo de uma antena isotrópica real que temos e talvez o mais eficiente, é o Sol.

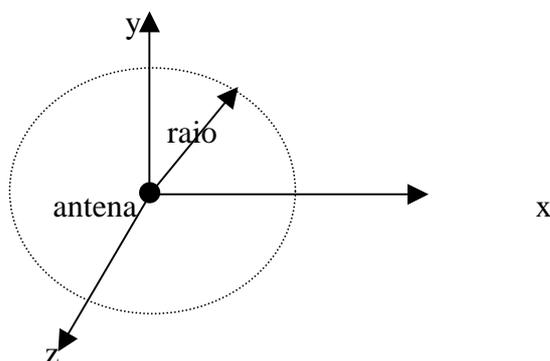


FIGURA 27: Diagrama de irradiação de uma antena isotrópica

Esta antena tem uma forma esférica cuja irradiação é idêntica em todas as direções e sua energia irradiada é distribuída uniformemente em todas as direções, tendo um alcance de acordo com a distância radial da superfície da esfera, como mostra a figura acima, cujas coordenadas podem ser expressas no plano cartesianas ou polar. Seu alcance está diretamente relacionado com a potência irradiada e que é distribuída igualmente em todas as direções cuja distância é dada como as mesmas medidas de um raio centrado na origem e que sua área é de  $4\pi r^2$ . Sua densidade de potência é dada como:  $D_p = P / 4\pi r^2$ . O diagrama de irradiação horizontal e vertical são idênticos e tem uma aparência de um círculo com a antena disposta no centro.

A unidade de medida das potências de uma antena isotrópica, geralmente é expressa em decibéis (dB) e sempre é identificado como dBi. Esta medida procura estabelecer um valor eficaz para o campo elétrico irradiado e é dada por:

$$E = \sqrt{\frac{30P}{r}}$$

onde,  $E$  corresponde ao campo elétrico irradiado,  $P$  a potência irradiada pela antena e “ $r$ ” o raio da esfera.

### 7.2.1. Diagrama de Irradiação

A representação do diagrama de irradiação de uma antena é uma de suas características principais, onde podemos observar graficamente a abrangência e a forma da potência irradiada ou recebida por uma antena para todas as direções no espaço livre. Esse gráfico pode ser representado tanto em coordenadas retangulares ou polares. Primeiramente, temos que encontrar essas coordenadas para posteriormente representá-las graficamente, onde fazemos um levantamento desse diagrama supondo uma antena localizada na origem de um sistema de coordenadas esféricas, medindo as grandezas a serem representadas na superfícies de uma esfera hipotética, sempre tendo como parâmetros, as propriedades da antena isotrópica, sendo achado assim as coordenadas e representando essas grandezas graficamente de acordo com os sistemas de coordenadas escolhido.

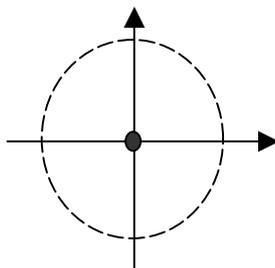


FIGURA 28: Diagrama de irradiação de uma antena isotrópica em 2D.

Neste caso, o diagrama de irradiação horizontal e vertical são idênticos. Agora, suponhamos em colocarmos no centro uma antena com as características modificadas para um dipolo curto, ou seja, condutores alimentados irradiando ou recebendo ondas, onde esses dipolos são ditos curtos pois possuem tamanho de no mínimo 10 ou vezes menor que o comprimento de onda da frequência aplicada. Então o diagrama horizontal e vertical desta antena ficaria assim:

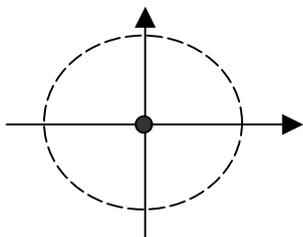


FIGURA 29: Diagrama de irradiação horizontal

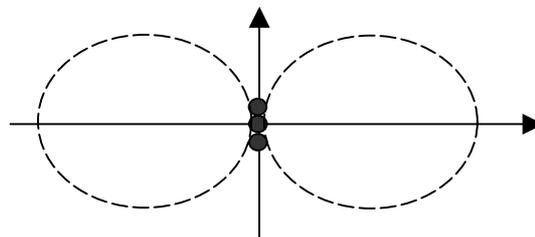


FIGURA 30: Diagrama de irradiação vertical

Apesar desses diagramas serem representados em forma circulares, mas na realidade pela variação que acontece as vezes ocasionado pela impedância da antena variando em pequenos valores, esses círculos possuem pequenas ondulações em relação à intensidade de irradiação informada nominalmente. Contudo, não interfere muito na avaliação gráfica em que podemos observar valores como o ângulo de abertura, abrangência da onda, potência irradiada, intensidade etc.

### 7.2.2. Ângulo de Abertura

O ângulo de abertura de uma antena, também conhecido como largura de feixe, é uma característica da antena que especifica os limites máximos de irradiação de um lóbulo o qual podemos observar graficamente através do diagrama de irradiação.

A largura do feixe pode ser especificado através do ângulo estabelecido através das retas que saem da origem do sistema de coordenadas ou também do centro ou origem do diagrama de irradiação, passando pelos pontos de meia potência ( -3 dB ). Pode ser subdividido em largura de feixe horizontal e vertical, dependendo de qual diagrama de irradiação esteja sendo estudado [GIB, 98].

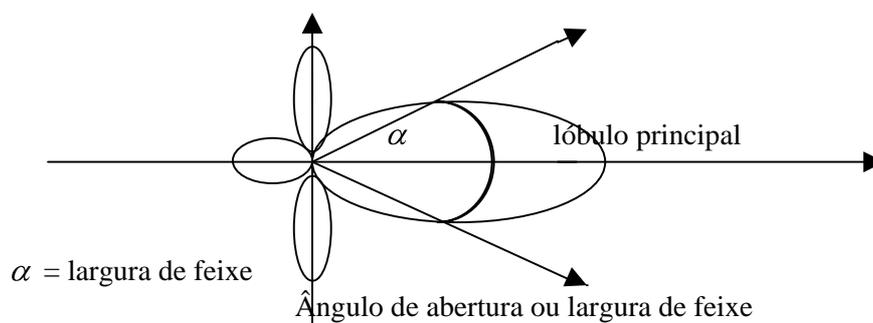


FIGURA 31: Ângulo de abertura do lóbulo principal

Vale lembrarmos que se a antena irradia igualmente em todos os sentidos de um plano – como a irradiação horizontal da antena isotrópica - então sua largura de feixe nesse plano é de  $360^\circ$ . Faz sentido falarmos em ângulo de abertura quando a irradiação de uma antena tenha as características de um lóbulo principal, ou seja, tenha uma irradiação maior em apenas um sentido. Quando isto acontece, dizemos que a antena tem a propriedade de diretividade e quanto maior for o lóbulo principal, maior é a diretividade da antena.

### 7.2.3. Eficiência

Em uma análise simples e direta, podemos dizer que a eficiência de uma antena é dada pela relação entre a potência irradiada e a potência gerada pelo transmissor que chega a antena pela linha de alimentação.

$$E = \frac{P_i}{P_r}$$

onde: E = eficiência (podemos dizer como sendo a eficiência nominal)  
 P<sub>i</sub> = potência irradiada  
 P<sub>r</sub> = potência recebida

Porém, podemos observar que a potência recebida ou de entrada na antena, deve ser ponderada levando-se em consideração que nem sempre é a mesma potência que é gerada pelo transmissor pois devemos levar em consideração a perda de potência através da linha de transmissão até a antena e perda pelo calor dos condutores e dielétrico (material isolante e condutores). Logo, a antena tende a irradiar uma potência menor do que a de entrada.

Para que possamos analisar realmente o desempenho da antena levando-se em consideração as perdas através do meio, devemos definir a eficiência de irradiação como sendo:

$$k = \frac{P_r}{P_e} = \frac{P_r}{P_r + P_L}$$

onde: k = eficiência de irradiação  
 P<sub>r</sub> = potência irradiada  
 P<sub>L</sub> = potência perdida na antena  
 P<sub>e</sub> = potência de entrada

### 7.2.4. Diretividade

A diretividade ou ganho de diretividade de uma antena, consiste na concentração maior de energia em uma direção específica, já que uma antena real, tende a concentrar energia mais em uma direção. O grau de diretividade da antena é dado pela relação direta entre a intensidade da irradiação em uma determinada direção e a intensidade de irradiação média, que corresponde ao valor de irradiação se a antena irradiasse igualmente para todas as direções, ou seja, é a comparação com a intensidade de irradiação de uma antena isotrópica [GOM, 85].

Em um diagrama de irradiação fica fácil observar a diretividade da antena, tomando como referência o lóbulo principal da antena com sua direção predominante. Quanto maior e mais estreito ou ainda, o ângulo de abertura do feixe for menor, maior será o grau de diretividade dessa antena.

Podemos especificar a diretividade da seguinte forma:

$$D = \frac{E_{ir}}{E_{irIsotropica}}$$

onde, D = diretividade  
 E<sub>ir</sub> = energia irradiada em uma determinada direção  
 E<sub>irIsotropica</sub> = energia irradiada pela antena isotrópica

### 7.2.5. Ganho

O ganho da uma antena é dado pelo resultado do produto da eficiência pela diretividade.

$$G = E * D$$

onde, G = ganho da antena  
 E = eficiência  
 D = diretividade

O ganho da antena geralmente é expresso em decibéis e é dado por:

$$G(\text{dB}) = 10 \log G$$

Para o caso de antena direcional, empregadas em enlaces de microondas, a melhor eficiência está relacionada com a área para captação das ondas eletromagnéticas e seu ganho onde podemos quantificar essa relação através da seguinte expressão:

$$G = \frac{4\pi A}{\lambda^2}$$

Sendo assim, o ganho da antena do tipo direcional, aumenta de acordo com a área útil para recepção/transmissão de ondas eletromagnéticas.

### 7.2.6. Relação Frente-Costa

A relação frente-costa de uma antena, corresponde a relação entre o lóbulo principal e o lóbulo secundário os quais podem ser observados em um diagrama de irradiação, como veremos na figura abaixo. Esta característica fica bastante interessante quando aplicamos em antenas receptoras [GIB, 98].

Como já dissemos, a relação frente-costa, é a relação entre a potência irradiada em uma direção predominante e aquela irradiada no mesmo eixo, porém em direção oposta e, geralmente a unidade de medida utilizada é o decibéis ( dB ) através da seguinte relação:

$$RFC = 10 \log \left( \frac{P_f}{P_c} \right)$$

onde, RFC = relação frente-costa  
 Pf = potência de irradiação do lóbulo principal (lóbulo da direção predominante)  
 Pc = potência de irradiação do lóbulo secundário (lóbulo da direção inversa à direção predominante da onda)

A figura abaixo mostra como determinar a direção predominante de irradiação, observando os lóbulos principal e secundário em relação à direção predominante.

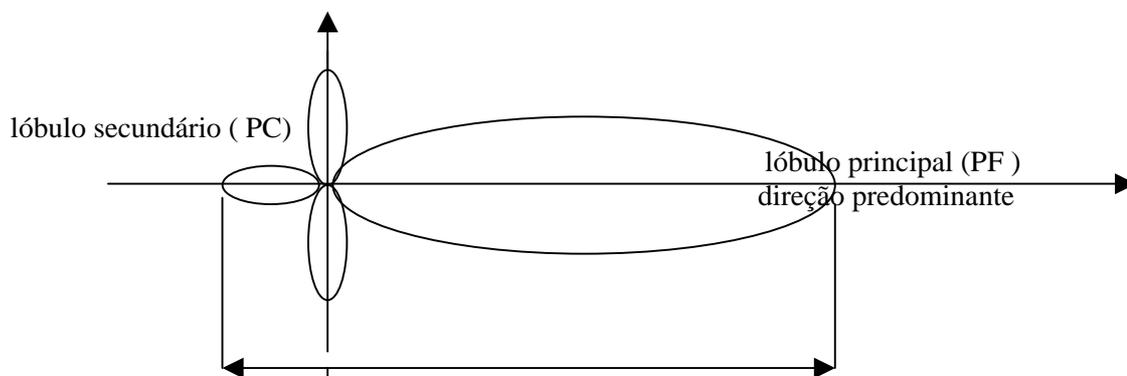


FIGURA 32: Relação frente-costa

A outra forma de expressar em valores a relação frente-costa, é a notação proporcional, onde determina em partes a frente e costa da seguinte forma: 1:1, 5:1, 3:1 etc.

### 7.2.7. Resistência a Irradiação

Quando falamos de resistência de irradiação de uma antena, estamos nos referindo a potência de impedância a qual é dada através de uma ação reativa e outra resistiva. Porém ocorre que a parcela reativa é muito pequena e portanto tecnicamente desprezível, assumindo assim que a antena possui uma ação energizada resistiva [GIB, 98].

A importância da resistência de irradiação de uma antena, é importante no sentido de podermos estabelecer uma relação estreita e harmônica de sua impedância com a linha de transmissão energizada, encontrando dessa forma uma referência de medida para sua potência de irradiação que é dada por:

$$P_i = R_i * \frac{I_p^2}{2}$$

onde:  $P_i$  = potência de irradiação da antena

$R_i$  = resistência de irradiação

$I_p$  = impedância, ou seja, a corrente de pico ao longo da antena

Quando é emitido um sinal para a antena, está havendo um consumo de potência na fonte do sinal, ou gerador do sinal, o qual representa a energia irradiada chegando à antena, que primeiramente passa pela linha de transmissão e dielétricos, podendo haver perdas de potência e, finalmente o sinal sendo irradiado pela antena em forma de ondas eletromagnéticas.

A irradiação da antena deve corresponder a potência irradiada pela fonte do sinal ou gerador do sinal, tendo uma resistência equivalente dissipando a mesma quantidade de potência recebida.

A unidade de medida de uma resistência de irradiação é o Ohm. O valor (em Ohm) de uma resistência de irradiação de uma antena deve estar equivalente com a resistência usada na sistema de transmissão para que não haja nem sobrecarga e nem perda de potência, ocasionando de qualquer maneira perda de sinal ou de qualidade no sinal irradiado.

### 7.2.8. Largura de Faixa

A largura de faixa de uma antena, é uma características importante a ser levada em consideração quando no momento de projeto, e especificar o tipo de antena e sua aplicação. A largura de faixa de uma antena é a faixa de frequências na qual ela pode operar satisfatoriamente, sem alterar suas características mais importantes, como por exemplo a diretividade [GIB, 98].

Devemos considerar as características da antena para que dentro da faixa de frequência especificada, seu desempenho esteja satisfatório atendendo as especificações impostas para impedância, diagrama de irradiação, abertura de feixe etc. Dependendo da aplicação, podemos ter antenas para atender uma faixa bem estreita de frequência, com grande diretividade, ou podemos ter uma aplicação onde a faixa de frequência é bastante grande e a antena tenha que atender as especificações sem perder as características, alterando seu desempenho.

Para determinarmos a largura da faixa ou largura de banda da antena, teremos que calcular a diferença entre a frequência maior e a frequência menor.

$$L_b = F_{\text{maior}} - F_{\text{menor}}$$

Lembramos ainda que, não deve ser confundida com a largura de feixe, que é outra coisa completamente diferente.

### 7.2.9. Potência Recebida

Seja um enlace de rádio onde temos uma antena transmissora com uma potência de irradiação e outra antena receptora com sua potência de recepção. Esse quadro, muito comum, apresenta uma situação em que deve haver uma relação entre o ganho de irradiação e recepção das antenas para que, por exemplo, não tenha perdas de sinais na antena receptora quando a potência de recepção for inferior a carga de transmissão da outra antena. Esta relação é dada por:

$$P_r = \frac{P_t * G_t * G_r * \lambda^2}{(4\pi d)^2}$$

onde:

- Pr = potência receptora da antena
- Pt = potência transmissora da antena
- Gt = ganho da antena transmissora
- Gr = ganho da antena receptora
- $\lambda$  = comprimento de onda, que depende da frequência em operação
- d = distância entre as antenas

### 7.2.10. Polarização

Polarização de antenas e das ondas eletromagnéticas possuem uma relação muito estreita, e relaciona-se diretamente com a direção do campo elétrico da onda.

A polarização de uma antena corresponde a forma de como as ondas eletromagnéticas serão propagadas no espaço, podendo ser irradiadas horizontalmente ou na vertical em relação à superfície da Terra. Nas antenas mais simples e portanto

mais comuns, como por exemplo, as antenas lineares, este efeito poderá ser obtido apenas com a posição da antena em relação à superfície da Terra. Esta característica que as antenas possuem é de fundamental importância pois permite estabelecer a forma de utilização da mesma como por exemplo, a reutilização da mesma antena para transmissão paralela de sinais. A polarização é estabelecida de acordo com a orientação oscilante no tempo, do vetor campo elétrico o que normalmente, coincide com o vetor vertical dos sistemas de coordenadas [GAS, 99].

O efeito de polarização da onda eletromagnética irradiada pela antena, faz sentido aplicar em algumas situações como por exemplo, quando operando em frequências muito baixas até a faixa de ondas médias, fica bastante prejudicado transmitir as ondas com polarização horizontal da antena pois a Terra apresenta-se como um condutor e o campo elétrico fica curto-circuitado prejudicando a qualidade e a perda do sinal. Sendo assim, a polarização vertical é a mais recomendada para frequências até 2MHz.

Uma outra utilização da polarização das antenas é para evitar a interferência de sinais comerciais que trafegam juntos no espaço, e que compartilham faixas de frequências muito próximas como é o caso da televisão através de radiodifusão (entre 54 e 890MHz) e a frequência da telefonia móvel celular que fica na faixa de 824 a 894MHz. O padrão é que as ondas da televisão são polarizadas na horizontal e as antenas de telefonia móvel utilizam a polarização das ondas na vertical em relação à superfície da Terra, evitando assim, conflitos e interferência de sinais entre os dois sistemas. A polarização das antenas aplicam-se também em torres com sistema de antenas repetidoras evitando conflitos com os sinais recebidos por uma antena receptora e os sinais enviados pela a antena retransmissora.

### 7.2.11. Área Física x Área utilizada

Esta característica, corresponde a uma relação entre a potência máxima transferida para a antena e a incidência da onda na superfície da antena parabólica, onde este comportamento é predominante. A área que é utilizada para a incidência das ondas, geralmente fica em torno de 60% a 80% do total da área física da parabólica.

Quando temos uma antena em que conhecemos o seu ganho, para acharmos a área efetiva desta antena, precisamos apenas aplicar a seguinte expressão:

$$A_{\text{util}} = G * \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

onde:  $A_{\text{util}}$  = valor da área efetivamente utilizada pela radiação das ondas

$G$  = é o ganho da antena em que estamos querendo encontrar a área efetivamente utilizada

$\frac{\lambda^2}{4\pi}$  = é a área efetiva de uma antena isotrópica

### 7.2.12. Ruídos Incidentes Nos Sistemas De Antenas Microondas & RF

O ruído da antena, consiste em definirmos a sensibilidade de um sistema de recepção de sinal levando em consideração as interferências de outros sinais internos e externos competindo. Esses sinais "estranhos", chamamos de ruído, os quais possuem três formas de se manifestarem podendo interferir na qualidade do sistema total.

Os tipos de ruídos que costuma interferir em uma antena, são: ruídos externos, vindo de fontes naturais como o espaço; os corpos celestes; as camadas ionosférica e troposférica; a própria superfície terrestre; os mares etc. Outra fonte de ruído externo, são aqueles ruídos artificiais gerados pelo próprio homem como motores de partida; descargas elétricas; automóveis, etc. Finalmente, os ruídos eletrônicos onde de acordo com a temperatura, os componentes eletrônicos do próprio sistema começa a modificar seu comportamento em que os eletrons com o calor excessivo, começam a se agitar demais e emitir pequenas correntes elétricas interferindo no sinal emitido e por isso, chamado de ruído térmico.

Mais importante de conhecer os tipos e as fontes de ruídos, é perceber a influência deste conjunto como um todo, em um sistema de recepção onde fica mais evidente este problema, como o diagrama de amplitude de ondas, irradiação, frequência de atuação etc.

### 7.3. Tipos de Antenas Microondas & RF:

Nesta parte deveremos descrever sucintamente os tipos de antenas que mais comuns e em seguida apresentaremos as antenas que são empregadas para operarem nas frequências de microondas. Dentre as antenas de microondas deveremos focar os dois sistemas mais eficientes e de maior utilização, que são: o sistema ponto-focal e o Cassegrain os quais são os sistemas de antenas tipo prato ou mais conhecidas como parabólicas [GIB, 98].

#### 7.3.1. Antenas Baseadas em Dipolos

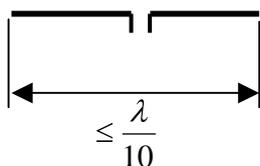
O dipolo é o componente básico da mais simples antena. É basicamente constituído de duas hastes condutoras alimentadas no centro por uma linha de transmissão que vem formar propriamente a antena. Neste esquema, encontramos os tipos:

- . Dipolo curto
- . Dipolo de meia-onda (  $\lambda / 2$  )
- . Dipolo de comprimento de onda (  $\lambda$  )
- . Dipolo de uma vez e meia o comprimento de onda
- . Dipolo dobrado

A seguir, apresentaremos um resumo simplificado destes tipos de antenas.

### 7.3.1.1. Dipolo Curto

Consideramos uma antena como dipolo curto, quando a composição do par de hastes condutoras, que são os dipolos da antena, tendo um comprimento aproximadamente dez (10) vezes menor que o comprimento de onda do sinal irradiado.



Esta antena foi originalmente utilizada por Hertz para comprovar as teorias de Maxwell.

Largura de feixe:	90°
Resistência:	8 Ohm
Ganho:	1,76 dB

### 7.3.1.2. Dipolo de Meia-Onda ( $\lambda / 2$ )

Pelo próprio nome com formação intuitiva, podemos dizer que significa o dipolo componente desta antena, possui um comprimento da metade do comprimento de onda do sinal transmitido.

Largura de feixe:	78°
Resistência:	73 Ohm
Ganho:	2,15 dB

### 7.3.1.3. Dipolo de Comprimento de Onda ( $\lambda$ )

Esta antena possui as mesmas características que a antena anterior, modificando apenas o comprimento do dipolo que agora é do mesmo tamanho do comprimento de onda do sinal na frequência em operação.

Largura de feixe:	78°
Relação frente-costa:	1:1 (isto significa que em um diagrama de irradiação, os lóbulos possuem a mesma intensidade (ou mesmo tamanho) nas duas direções, tendo assim, um grau de diretividade nulo)
Resistência:	200 Ohm
Ganho:	3,8 dB

#### **7.3.1.4. Dipolo de uma vez e meia o Comprimento de Onda**

Esta antena possui um dipolo com um comprimento de uma vez e meia o comprimento de onda do sinal irradiado, tendo uma área de irradiação maior e mais distribuída em várias direções.

#### **7.3.1.5. Dipolo Dobrado**

Esta antena tem as características que a de dipolo de meia-onda, com uma modificação na disposição do dipolo que agora é dobrado em uma ou duas voltas, geralmente em formas circulares ou retangulares.

### **7.3.2. Antena Yagi-Uda**

A antena Yagi foi inicialmente apresentada no Japão pelo engenheiro S. Uda, sendo introduzida no mundo ocidental pelo engenheiro H. Yagi, passando desta forma a ser conhecida por Yagi-Uda ou simplesmente Yagi. Este tipo de antena utiliza os mesmos princípios do dipolo de meia-onda alimentado, e vários dipolos curtos, (parasitas ou diretores) colocados em seqüência a fim de dar direção e radiação desejada.

A Yagi, que também foi chamada de antena radiante, como já dissemos, é um conjunto de elementos paralelos em ordem, usualmente feito de alumínio, tubo ou aço inoxidável em forma de varetas. Um ou mais destes elementos é condutor, e um ou mais são parasitários. Todos os elementos estão alinhados em algum plano. Este plano pode ser orientado horizontalmente, verticalmente ou inclinado [GOM, 85].

Estas antenas geralmente são usadas para operação de rádio-amador a frequências na faixa de 7 MHz em bandas UHF e VHF, em comunicações comerciais de radiodifusão (broadcasting ) em recepção de televisão e rádio. Tem rotação azimute (horizontal) permitindo a antena ser apontada em qualquer direção no horizonte. Uma combinação de rotação azimute/elevação (az/el) permite a antena ser apontada para qualquer ponto do espaço.

Um resumo do que se pode obter com antenas Yagi-Uda é apresentado pela tabela abaixo:

ANTENA	Ganho G (dBi)	Relação frente-costa RFC	Largura de feixe – horizontal $\alpha H$	Largura de feixe – vertical $\alpha V$	Largura de faixa ou Largura de banda
c/ 1 dir.	2,55	5:1	95°	160°	42 MHz
c/ 2 dir.	3,00	6:1	90°	145°	42 MHz
c/ 8 dir.	6,53	20:1	37°	80°	6 MHz
c/ 1 dir/ empilhada	5,56	5:1	95°	65°	42 MHz
c/ 8 dir. lado a lado	9,54	20:1	23°	80°	6 MHz

TABELA 4: Características das antenas Yagi

### 7.3.3. Antena Helicoidal

As antenas Helicoidais são muito comuns para os sistemas de UHF e também faixas de microondas principalmente para recepção de sinais de satélite.

Suas características são: tem uma polarização circular, alto-ganho, antena unidirecional.

A polarização circular desta antena oferece vantagens no uso em altas frequências e microondas, especialmente na comunicação espacial. Quanto ao sentido da polarização, para termos uma boa referência, devemos posicionar um ponto de observação atrás do disco refletor e visualizar a hélice. Quando esta hélice está avançando para a direita, ou seja, no sentido horário, a polarização da antena será circular à direita e ao contrário, quando a hélice estiver circular à esquerda, sua polarização será à esquerda [GIB, 98].

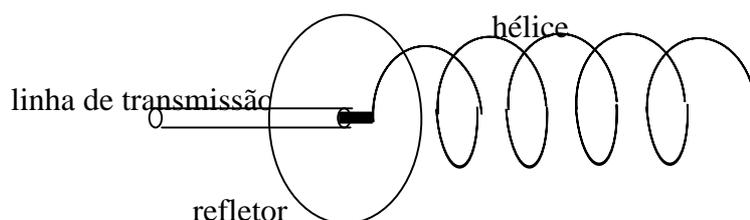


FIGURA 33: Antena Helicoidal

Nesta figura é mostrado um esboço de uma antena helicoidal típica. A superfície refletora, pode ser de construído de chapa metálica ou de tela. O modelo da superfície pode ser circular como um disco, quadrada ou cônica. Neste desenho, o refletor é um disco. O diâmetro do refletor deve ser menor que 0.8 do comprimento de onda e o raio deve ser aproximadamente 0.17 do comprimento de onda. O espaço longitudinal entre os giros ou seja, a hélice deve ser de aproximadamente 0.25 do comprimento de onda dependendo sempre da faixa de frequência em operação.

O tamanho total da hélice pode variar, mas deverá ser menor do que comprimento de onda da frequência em operação.

Um tamanho padrão de uma antena helicoidal pode atingir 15 dB de ganho de frente. Quando posiciona duas antenas helicoidais lado a lado alimentadas em fase por um refletor comum, o ganho aumenta. Este sistema de combinações paralelas de antenas trabalhando em série, são bastante comuns no sistema de comunicação espacial, o qual é a principal utilização destas antenas helicoidais, por causa da polarização circular dos sistemas de transmissão e recebimento reduzindo a fadiga pelas mudanças de orientação dos satélites.

A resistência de irradiação de uma antena helicoidal padrão, é de aproximadamente 150 Ohm e a sua diretividade bem como a largura do feixe são proporcionais ao número de espiras da hélice, cujos valores podemos encontrar utilizando das seguintes expressões:

$$D(\text{dB}) = 10 \cdot \log 4N \quad (\text{diretividade da antena, medida em decibéis})$$

$$\alpha V \cong \alpha H \cong \frac{100}{\sqrt{N}} \quad (\text{largura do feixe da irradiação da antena, med. em graus})$$

onde:  $N$  = corresponde ao número de espiras da hélice  
 $\alpha V$  = ângulo da largura do feixe da antena na vertical  
 $\alpha H$  = ângulo da largura do feixe da antena na horizontal

Geralmente, a quantidade de espiras de uma antena helicoidal padrão, fica em torno de 6 a 8, podendo o aumento excessivo de espiras ocasionar uma brusca queda de impedância, além das alterações previsíveis na diretividade em que o lóbulo principal, tende a ficar perpendicular às esferas e também, na largura do feixe sofrer distorções relevantes prejudicando o desempenho.

#### 7.3.4. Antenas para Microondas

As antenas que são empregadas para altas frequências, como as microondas devem ter algumas características coincidentes com sua função como elevado grau de diretividade, relação frente-costa bastante grande, pequena abertura de feixe etc, combinando com a teoria de empregabilidade e eficiência de enlaces através de microondas baseados em sistemas de visada das antenas e um sinal de excelente condutividade e um feixe bastante restrito a um plano com grande eficiência em pontos de vizinhança para não colidir com possíveis enlaces fronteirios ou em um espaço reduzido, operando em uma mesma faixa de frequência [GIB, 98].

A partir destes princípios, foi idealizado antenas que atende eficientemente essas características as quais são constituídas de uma família conhecida mais por parabólicas, diversificando em seu tamanho de superfície e sua empregabilidade através de técnicas refinadas de construção a fim de melhorar principalmente o ganho de irradiação e sua diretividade, aumentando assim suas especificidades e eficiência. Os dois sistemas mais conhecidos e também mais utilizados são: o sistema de ponto-focal e o sistema Cassegrain.

Foi no período da Segunda Grande Guerra Mundial que trouxe o desenvolvimento das antenas de abertura, sintetizado no trabalho de Silver no M.I.T.

Apesar do nome da teoria poder tornar-se confusa, a teoria de aberturas, não quer dizer propriamente, que a propagação no espaço de ondas eletromagnéticas tenham uma maior abertura, com uma propagação espalhada. Na verdade isto é feito através dos sistemas de antenas irradiantes lineares muito empregadas em radiodifusão e transmissão de TV em frequências baixas, médias e altas.

A teoria de abertura diz respeito a sistemas de antenas de alto-desempenho, com grandes potências de transmissão e que trabalha nas altas frequências de microondas. Esta teoria mostra a possibilidade de irradiação de ondas eletromagnéticas a partir de estruturas que concentram, sob uma certa área, digamos restrita, campos eletromagnéticos variáveis no tempo. Esta visão de poder concentrar a irradiação em um determinado plano, parte dos conceitos elementares da teoria da difração, onde o ângulo mínimo capaz de concentrar a irradiação pode ser dado por:

$$\theta \approx \frac{\lambda}{d}$$

onde:  $\theta$  = ângulo aproximado para maior concentração de irradiação  
 $\lambda$  = comprimento de onda da frequência em operação  
 $d$  = é a maior dimensão da estrutura irradiante a ser considerada

Dessa forma, as ondas para atingirem este objetivos devem ser as menores possíveis, onde os mais pequenos comprimentos de ondas corresponde a faixa de microondas (altas frequências). Contudo, isto não significa que os grandes irradiadores, de alta potência, comparados com os comprimentos de ondas utilizados, são estruturas físicas de dimensões modestas e relativamente pequenas.

A teoria da abertura tem sua ênfase no “controle” de abertura do feixe de ondas em uma região do plano bem delimitado, e considerando a vizinhança no sentido de evitar conflitos de irradiação em outros feixes de uma irradiação de ondas bem próximas obedecendo os limites de fronteira de cada enlace de rádio seja terrestre ou via satélite.

Como já mencionamos, as antenas empregadas em frequências de microondas, possuem alto-desempenho concentrado em razoáveis tamanho físico, por causa do comprimento de onda ser curto. A seguir, apresentaremos alguns tipos de antenas com alto ganho de performance e que são comumente utilizadas nesta faixa de frequência.

As antenas para aplicação em sistemas de microondas normalmente são constituídas por um elemento irradiante básico ligado ao sistema de alimentação (alimentador ou iluminador) e um refletor, podendo ser de dois modos: com alimentador frontal e não-frontal.

#### 7.4.1. Parabólicas e Parabolóides

Este tipo de antena é muito usada para faixas de frequências em UHF, microondas, transmissão e recepção de TV, receptor de TV via satélite, etc. Cada antena de microondas com sua respectiva parábola, geralmente serve para transmitir e/ou receber mais de um canal de RF. As dimensões típicas de uma antena microondas variam desde 50 cm até 1,50 m de diâmetro. Uma de suas características é que possuem uma alta diretividade e portanto, um alto ganho devido o seu poder de concentração dos sinais [GIB, 98].

Lembrando ainda, que o ganho da antena parabólica é devido a sua grande capacidade de concentração, em um único ponto, do sinal recebido.

O tipo de material que podem ser construídas são, por exemplo:

- . tela de alumínio
- . fibra de vidro
- . alumínio
- . tubos de alumínio

A diferença do material empregado em sua construção influenciará em seu ganho. Por exemplo, uma antena feita com alumínio tem um ganho maior que uma de fibra de vidro que têm o ganho maior que uma de tela. Outro fator que influi também no ganho, é o seu diâmetro, quanto maior for o diâmetro da antena maior será o ganho e melhor a qualidade da recepção.

As antenas de microondas, tem, por sua vez dois elementos; o refletor que devido a sua forma chama-se refletor parabólico, e a própria antena que é um dipolo ou um conjunto de dipolos eletromagnético. As microondas focalizadas pela parábola transmissora incidem diretamente sobre a parábola receptora que, por sua vez, focaliza as ondas no seu ponto central, onde está a antena receptora. Dessa antena as ondas são levadas por uma guia de onda até o rádio receptor.

A seguir, apresentamos uma tabela com as antenas parabólicas que estão presentes no mercado para comercialização, utilizando o sistema irradiante de ponto-focal, apresentando seus ganhos típicos especificados em decibéis (dB):

Diâmetro (pés)	Ganho (dB)		
	2 GHz	6,5 GHz	12,7 GHz
4	25,4	35,8	41,4
6	29,0	39,3	44,9
8	31,5	41,8	47,4
10	33,4	43,8	48,6
12	35,0	45,4	-
15	37,0	47,4	-

TABELA 5: Características de antenas parabólicas

Quando um prato ou seja, o refletor ou ainda a superfície refletora da antena, está sendo usado para a função de recepção de sinais distantes, chegam em paralelo com a frente da onda que reflete no prato e vem juntamente ao ponto focal. Quando a antena é usada para transmissão, a energia radiada é refletida para o prato e enviada em ondas paralelas. O princípio é idêntico a de um telescópio ou olofote, exceto quando as ondas de rádio são envolvidas em vez disto, de luz visível.

Uma antena parabólica deve ser corretamente moldada e precisamente alinhada. A moldura de maior eficiência é um refletor do tipo parabolóide. A base tem a forma semelhante a um prato de uma grande parabolóide (uma parábola gira em torno de seu eixo). Menos comum, mas adequado na maioria das aplicações, o refletor esférico, nomeado deste modo por causa dele ter uma seção superficial de uma esfera.

O sistema de alimentação para este tipo de antena usualmente consiste de uma linha coaxial ou guia de onda ligado ao receptor/transmissor e uma vareta com um suporte ou um elemento dispositivo helicoidal condutor até o ponto focal da parabolóide.

Quando corretamente alinhada, as antenas tem um alto ganho de força e uma afiada radiação ou lóbulo principal. A largura do diâmetro do refletor tem uma correlação com o comprimento de onda da frequência em operação, com um grande ganho, e o lobulo principal estreito de super direcionado.

#### 7.4.1.1. Sistemas Refletores

Quando nos referimos a sistemas refletores, consiste de um conjunto de funcionamento da teoria da irradiação a partir de aberturas, inserindo as características particulares dessas antenas de abertura. Embora seja identificado com sistemas refletores, este sistema é composto por duas partes distintas: os refletores e os alimentadores.

Os alimentadores classificam-se em sua operação das seguintes formas: em modo puro, em modo híbrido, fixo, simples, irradiando um único lobulo principal

situado no eixo. O sistema de varredura consiste de ter os feixes fixos. Como não é de nosso propósito principal, deixaremos de descrever cada tipo de alimentadores. Porém, podemos considerar que os alimentadores convencionais, e conseqüentemente mais utilizados para sistemas de microondas em modo de ponto focal, geralmente é o guia de onda do tipo retangular, circular, cornetas piramidais e cônicas [GIB, 98].

Quanto aos sistemas refletores empregados para fins de enlaces em microondas, o parabolóide ou parabólica é sem dúvida o de uso mais freqüente, por conseguir melhor ganho em potência de sinal e conseqüentemente, qualidade e desempenho, principalmente nos enlaces terrestres, fazendo uso de alimentação frontal (o “focal-point”). Para as estações terrenas de comunicações via satélite, as características da parabólica ou parabolóide simples não são suficientes para o sistema, utilizando-se, então, os refletores duplos constituindo os sistemas Cassegrain, os quais serão analisados logo em seguida.

Os sistemas de antenas refletoras, pelo diagrama de irradiação, as antenas com diagrama do tipo “pencil-beam” são aquelas de utilização mais generalizadas, pois possibilitam a instalação de uma antena com um feixe (lobulo principal) seguindo uma certa direção fixa. Os enlaces terrestres em microondas, ponto a ponto e o enlace de subida (up-link) nas ligações via satélite (estações terra-satélite), são exemplos bastante fundamentais para a utilização deste diagrama. Quanto ao tipo “shaped-beam”, são diagramas de irradiação utilizados quando existe a necessidade da cobertura e uma certa região a partir de um único feixe principal. É o caso do enlace de descida (down-link) nas comunicações via satélite, em que as antenas instaladas no satélite são obrigadas a fornecer cobertura adequada para uma região limitada por um contorno particular.

Quanto aos refletores, é interessante tratar de uma forma mais geral, apresentando-se, para aberturas retangulares e circulares, as características de radiação para iluminação uniforme e não-uniforme (conforme o tipo de alimentador utilizado e também de acordo com a aplicação). Procura-se assim, mostrar que algumas vezes o alimentador deve iluminar de forma uniforme a abertura do refletor, enquanto que, em outras vezes, esta iluminação deve ser não-uniforme.

#### **7.4.1.2. Ponto-Focal**

Os sistemas refletores empregando antenas de grandes dimensões transversais, comparadas ao comprimento de onda de operação, podem ser analisados criteriosamente pelo emprego dos princípios da ótica geométrica. Em outras palavras, a familiarização aos sistemas óticos já tornou comum a aceitação do emprego de lentes e refletores quando se procura concentrar um feixe luminoso segundo determinada direção de interesse; o caminho percorrido é descrito por raios em linhas retas definindo a direção. Entretanto, quando a gama de freqüências de utilização é tal que não se alcança a condição de comprimento de onda tendendo a zero (luz), mas, estando-se

envolvido com frequências suficientemente altas de tal forma que os comprimentos de onda utilizados possam ser, comparativamente, muito pequenos em relação às estruturas, é imediato existir um comportamento global bastante semelhante ao caso ótico [ GIB, 98].

Fixando-se a análise apenas os sistemas de ponto focal (ou focal-point), utilizando refletores parabólicos com abertura circular, da figura abaixo, é imediato que, pelos princípios da ótica geométrica, qualquer raio incidente na superfície parabólica, paralelamente a seu eixo z de simetria, passará obrigatoriamente pelo ponto 0, definido como “foco” do parabolóide. Lembrando-se que o refletor parabólico é o resultado da revolução desta curva parabólica em torno do eixo z. Conclui-se que a incidência de um “tubo” de raios paralelos acarretará uma concentração maciça de energia no ponto focal 0. Este comportamento caracteriza a superfície refletora parabólica como superfície “coletora” de energia.

Naturalmente, ao processo inverso da incidência de raios provindo do foco 0, estará associado um tubo de raios paralelos unicamente seguindo a direção z; caracteriza-se a superfície refletora parabólica, então, como superfície “colimadora” de energia.

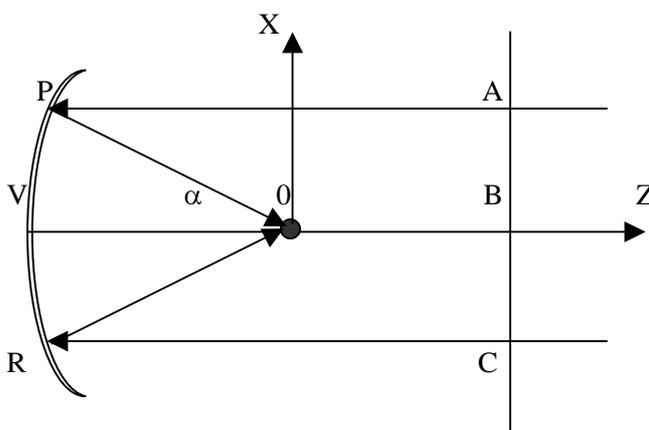


FIGURA 34: Geometria de um sistema refletor tipo ponto-focal

Sendo uma associação possível ao caso ótico, é importante observar que o parabolóide alimentado, a partir de seu foco, por ondas esféricas, somente apresentaria um feixe único na direção axial exatamente no caso ótico. Dentro da associação existente, os sistemas de microondas estão caracterizados por “focal-point” serão refletores de dimensões bastante inferiores aos refletores óticos e, por isso mesmo, não concentrando total e unicamente sua energia na direção axial. Existirão quantidades significativas de energia irradiadas por lóbulos laterais, em direção não-axiais. Estes efeitos de difração não explicados pela ótica geométrica, cujos fundamentos qualitativos podem ser explicados pelo princípio de Huygens, significam que um desenvolvimento exato tem que ser realizado pela matemática da teoria eletromagnética (ótica física).

A partir da lei dos caminhos óticos, a figura acima, permite escrever que:

$$PO + PA = OV + VB$$

Como todos os raios são paralelos ao eixo Z, temos que:

$$PA = OP \cos \alpha + OB \quad \text{e também: } VB = OV + OB.$$

Destas relações temos como resultado:

$$OP = (2 \cdot OV) / (1 + \cos \alpha)$$

O objetivo no estudo dos sistemas “focal-point” é a iluminação desta superfície parabólica refletora circularmente simétrica, produzindo diagramas tipo “pencil-beam”. É importante observar então que a eficiência total, (como mostrado na equação logo abaixo, de eficiência e transbordamento de energia) se desdobrará em mais uma parcela conhecida como perda por polarização cruzada. Na realidade, trata-se de uma das várias aberrações inerentes aos sistemas refletores, causada pela própria geometria do sistema, chamada também de despolarização. Para o caso do parabolóide excitado por um dipolo elétrico curto, demonstra-se que a distribuição de campos na abertura apresenta, além da componente uma polarização desejada, componentes em polarização cruzada, como representado na figura. Embora nos planos principais estes últimos componentes se anulem, nos plano diagonais ( $45^\circ$ ) tal não acontece, existindo a formação de lóbulos em polarização cruzada de alta intensidade. Para o caso de um dipolo magnético curto como excitador, obtem-se a mesma distribuição exceto nos componentes de polarização cruzada que se apresentam em oposição de fase ao caso elétrico. Isto significa que um alimentador consistindo na combinação de um dipolo magnético e um dipolo elétrico, orientados em ângulo reto entre si, resultarão no cancelamento da componente de polarização cruzada. Este tipo de alimentador pode ser sintetizado pelas estruturas corrugadas, apresentando inerentemente um diagrama simétrico. Isto significa que as condições para a obtenção de um diagrama secundário simétrico e com polarização cruzada nula, necessária à otimização de ganho, recaem sobre a obtenção de alimentador com diagrama simétrico. Procura-se evidenciar com isto que o compromisso mencionado entre a iluminação da superfície e o transbordamento de energia além do ângulo ideal total  $\alpha$  está, como um todo, sujeito à eficiência de uma iluminação tão simétrica quanto possível. Alcançando-se esta condição, a eficiência de iluminação fica dependendo apenas, então, da distribuição de amplitude e fase sobre a abertura do refletor.

Uma vez estabelecido estas diferenças, o projeto de um sistema “focal-point” pode ser separado em duas etapas principais. O refletor é escolhido tão grande quanto se julgue necessário em termos de ganho máximo, projetando-se o alimentador para iluminá-lo eficientemente. Maximiza-se o ganho com iluminação uniforme ou minimizam-se os lóbulos laterais com uma adequada iluminação não-uniforme (sacrificando-se o ganho). Estes compromissos estão resumidos na dependência de uma

abertura angular ótica no diagrama do alimentador para um diâmetro fixo  $D$  de um plano de abertura.

Como mencionado anteriormente, o principal problema no projeto de sistemas refletores está na obtenção de uma combinação eficiente de refletor e alimentador. Dentro de uma geometria típica de comunicações ponto a ponto, ilustrada na figura abaixo, é imediata a caracterização das duas situações comentadas: primeiramente, não existindo outros serviços próximos é possível otimizar-se o ganho sem preocupações com o nível de lóbulo lateral. Por outro lado, se os serviços presentes não devem sofrer interferências muito significativas, torna-se necessária uma otimização dos lóbulos laterais ao nível desejado, sacrificando-se então um pouco o ganho. Estas alternativas estão representadas na obtenção de uma atenuação de bordas geralmente em torno de 10 dB, para maximização de ganho, e em torno de 20 dB para otimização de lóbulos laterais.

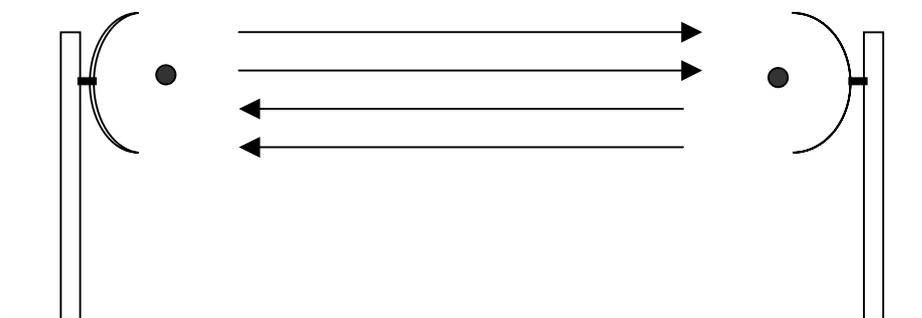


FIGURA 35: Sistema de comunicação ponto a ponto

De acordo com a faixa de frequências a ser utilizada pelo serviço e através de cálculos de propagação para o enlace, é possível determinar um refletor que corresponda ao nível de ganho desejado. Isto significa a adoção de uma certa relação  $f/D$  (ponto focal / Diâmetro), com ângulo máximo  $\alpha$  associado, sobre o qual será medida a atenuação de bordas.

Quanto a intensidade do sinal nas bordas do refletor, é necessário considerar a existência efetiva de uma atenuação no percurso entre o alimentador e a superfície refletora. Esta atenuação espacial pode ser expressa, em dB, pela seguinte equação:

$$A = \log \sec^2 (\alpha / 2)$$

#### 7.4.1.3. Cassegrain

Estas antenas têm sua constituição baseada em um sistema criado por Cassegrain para telescópios. São ideais para parabolóides de grande diâmetro de abertura onde é difícil atingir-se uma boa eficiência de iluminação.

Os sistemas “focal-point”, descritos anteriormente, são sistemas que utilizam uma superfície refletora para obter a formação do feixe, isto é, o feixe é conseguido após uma única reflexão. Alternativamente, é possível a utilização de sistemas com dois refletores definidos como aqueles sistemas utilizando duas superfícies refletoras para obter a formação do feixe. Usualmente, a energia recebida é refletida por um refletor maior (refletor primário) sobre um refletor menor (refletor secundário) e, então, para o sistema de alimentação [GIB, 98].

O mais comum dentre os sistemas de dois refletores é o sistema Cassegrain. Ele permite obter-se uma iluminação mais uniforme do refletor principal (primário) com um transbordamento menor, elevando assim, a eficiência total do sistema. Por outro lado, como mostrado na figura logo abaixo, a presença de um subrefletor (refletor secundário) resulta em um bloqueio de abertura fazendo com que as eficiências típicas medidas situem-se na faixa de 65% a 70% assim mesmo já em torno de 10% superiores às aquelas obtidas para os sistemas “focal-point”.

Um outro aspecto de grande interesse no projeto dos sistemas “Cassegrain” é a possibilidade de localizar-se o sistema de alimentação próximo ao receptor, situação importante no caso das aplicações de baixo ruído das estações terrenas de comunicações por satélite. A presença do sub-refletor permite um grau a

Mais de liberdade no projeto de tal forma que, para alimentadores convencionais, é possível obter-se uma frente de fase uniforme sobre a abertura do refletor principal, com uma distribuição típica de amplitude como mostrado na figura.

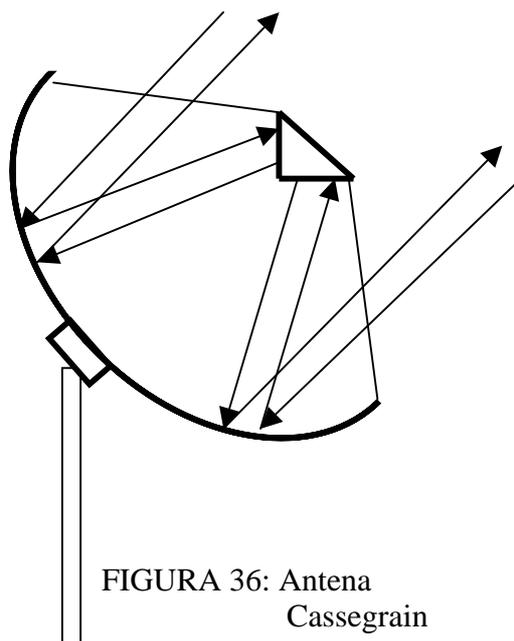


FIGURA 36: Antena Cassegrain

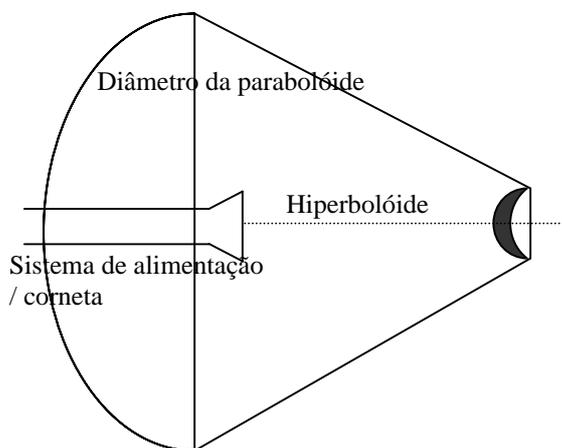


FIGURA 37: Geometria típica de um sistema de antenas Cassegrain

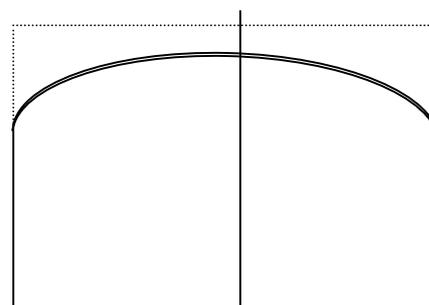


FIGURA 38: Distribuição típica de amplitude para um sistema de antenas Cassegrain

Através de deformações nas superfícies dos refletores, esta situação pode ser otimizada e, dentro das aproximações da ótica geométrica, é possível então obter-se

uma abertura com distribuições uniformes de amplitude e fase, como mostrado pela linha tracejada da figura acima. Alcançar-se, assim, a situação de máxima eficiência para o sistema. Deve ser lembrado que a técnica da ótica geométrica somente se aplica de forma aproximada aos sistemas com dois refletores, tendo em vista que as dimensões do sub-refletor são em geral pequenas, comparadas ao comprimento de onda. Dimensões típicas de sub-refletor, para os sistemas de grande porte (refletor principal com diâmetro superior a 10 m), situam-se em torno de um décimo da dimensão do refletor principal. Para os sistemas de pequeno porte (refletor principal com diâmetros típicos de 5 m, 8 m e 10 m) os sub-refletores são, em relação, maiores.

A rigor, apenas uma configuração poderia ser classificada como “Cassegrain”, sendo aquela derivada dos telescópios óticos desenvolvidos, em 1672, por Willian Cassegrain.

O desempenho dos sistemas “Cassegrain” pode ser avaliado, executando-se os efeitos de bloqueio da abertura pelo sub-refletor, a partir de uma parábola equivalente. Define-se uma parábola tendo o mesmo diâmetro do refletor principal com distância focal igual a uma certa distância focal efetiva do sistema “Cassegrain”. Em outras palavras, sobre o lóbulo principal a antena comporta-se essencialmente como se fosse uma parabolóide alimentada pelo centro de grande distância focal (grande relação  $f/D$ ). O projeto de alimentadores no eixo, ou mesmo deslocados de pequena quantidade a partir do eixo, podem então ser baseados na parábola equivalente.

Os sistemas refletores tipo “Cassegrain” tornaram-se os mais populares como antenas para comunicações espaciais por apresentarem detalhes de construção já bastante conhecidos, serem relativamente de baixo custo para desempenhos melhores que os refletores parabólicos convencionais, com alimentadores no foco. Em termos de ruído na antena, é imediata a constatação de que a maior parte da energia transbordada pelo alimentador (“feed spillover”) está dirigida para o hemisfério superior e não para a Terra, diminuindo consideravelmente o ruído presente no receptor. Ainda assim, dependendo das exigências sobre níveis mínimos de sinais e diagramas de radiação, existem algumas situações nas quais é possível o emprego de um sistema “focal-point” cuidadosamente projetado, por exemplo, para as estações que operam somente em recepção.

Com aplicação maciça às estações terrenas de comunicações via satélite, o projeto de sistemas refletores duplos, seja de pequeno porte ou grande porte, está baseado na observação de quatro características principais, descritas pelos seguintes parâmetros:

EIRP: este parâmetro relaciona-se à energia irradiada do satélite para a Terra (Effective Isotropic Radiated Power) cujos níveis, são dados em dBW. Variações típicas de níveis EIRP situam-se entre 30 dBW e 40dBW.

G/T: este segundo parâmetro, ou figura de mérito da estação, talvez o mais conhecido dos quatro parâmetros, descreve a sensibilidade da estação terrena, dependendo do ganho da antena e da temperatura de ruído do sistema como um todo. Em realidade esta figura de mérito estará separadamente relacionada à faixa de

transmissão e à recepção da estação terrena que por acordo internacional, situa-se para recepção, de 3.700 MHz a 4.200 MHz. Devido às grandes atenuações envolvidas no percurso estação-satélite e às limitações em potência a bordo dos satélites, a melhor figura de mérito tenderá sempre a favorecer a recepção.

Distribuição do nível de lóbulo lateral: este parâmetro, também referenciado como “envoltória de lóbulos laterais”, procura limitar as possíveis interferências entre estações terrenas e/ou sistemas de microondas nas regiões vizinhas.

Alimentador de baixo COE: a utilização de alimentadores com baixos níveis de coeficiente de onda estacionária (COE) torna-se um parâmetro de importância nestes sistemas de baixo ruído.

#### 7.4. Eficiência de Iluminação e Transbordamento dos Sistemas Refletores

Quanto aos sistemas refletores tanto o de ponto-focal ou Cassegrain, o cálculo da eficiência deve considerar não apenas a eficiência de iluminação da abertura do refletor, mas, também, dois outros aspectos fundamentais. Para ambos os sistemas, uma parcela de energia irradiada a partir do alimentador (ou fonte primária) não é interceptada pela abertura, caracterizando um “transbordamento” de energia (spillover), sua intensidade depende diretamente do diagrama de radiação do alimentador. E ainda, as estruturas de suporte (inevitáveis) para o alimentador, e o próprio alimentador, constituem um bloqueio para parte da energia irradiada. Lembrando-se da existência das perdas ôhmicas nas correntes induzidas sobre o condutor que compõe a superfície do refletor (ou dos refletores, no caso do sistema Cassegrain), o ganho dos sistemas refletores pode então ser escrito como:

$$G = n_p \cdot n_t \cdot n_b \cdot n_i \cdot D_o$$

Em que:

G = ganho dos sistemas refletores

$n_p$  = eficiência de perdas

$n_t$  = eficiência de transbordamento

$n_b$  = eficiência de bloqueio

$n_i$  = eficiência de iluminação

$D_o$  = diretividade dada por:  $D_o = (4\pi / \lambda^2) \cdot A$ , onde A é a área física da abertura (superfície da antena)

A figura permite ainda, intuitivamente, prever um compromisso entre eficiência de iluminação e transbordamento, isto é, existirá um determinado diagrama de radiação do alimentador que fornecerá ótima iluminação da superfície refletora com um mínimo de transbordamento. Este comportamento, está diretamente caracterizado no fator de ganho do refletor.

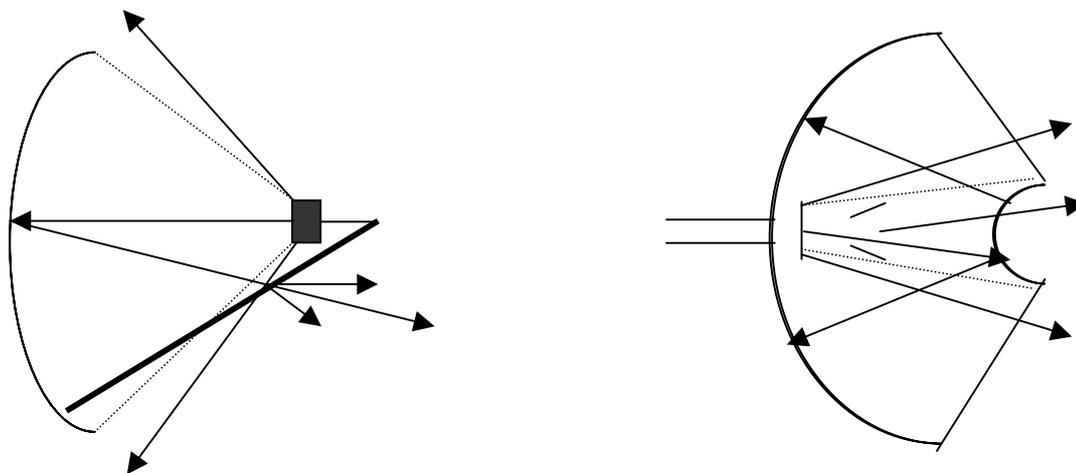


FIGURA 39: Transbordamentos

### 7.5. Linhas de Transmissão e Linhas Elétricas

Uma linha de transmissão é um meio pela qual é transmitido energia de um lugar para outro. Em comunicações wireless e radiodifusão (broadcasting) isto aplica-se para linhas de alimentação das antenas, ou para um cabo usado em TV ou redes de fibra óptica.

Linhas de transmissão eletromagnéticas podem ser categorizadas uma outra linha desbalanceada ou balanceadas. Linhas desbalanceadas incluem linhas elétricas simples, cabo coaxial e guias de onda. Cabos coaxiais também chamados “coax”, isto é um tipo comum de linha de transmissão de RF desequilibrada ou desbalanceada. Linhas balanceadas (equilibradas) são geralmente construídas de energia paralela [GIB, 98].

Toda linha de transmissão exibe uma propriedade chamada de características de impedância. Isto é uma faixa de voltagem para a corrente na linha, quando estas linhas tem terminação com uma carga que resulta em correntes e voltagens que mantém uma faixa média dos pontos ao longo do tamanho da linha. Características de impedância é uma constante que depende da construção física da linha. Linha coaxial típica tem uma característica de impedância ou  $Z_0$ , entre 50 e 100 ohms. Um cabo duplo está avaliado em 75 ohms e 300 ohms. Linhas de energia aberta tem uma característica de impedância entre 300 e 600 ohms, dependendo do espaçamento entre os condutores, e também um tipo de dielétrico empregado para sustentar o espaçamento constante entre os condutores.

## 7.6. Guia de Ondas

Por sua baixa atenuação, os Guias de Onda são utilizados como sistema de alimentação das antenas parabólicas que operam os troncos de microondas de empresas de telecomunicação. São encontrados nos seguintes tipos: Guias de Onda Elípticos; Guias de Onda Retangulares; Guias de Onda Circular

### 7.6.1. Guia de Onda Elíptica

O Guia de Onda elíptico é a melhor opção para a maioria dos sistemas de microondas, possui o corrugado preciso, formado por cobre de alta condutividade e seção transversal elíptica. A parede corrugada, proporciona excelente resistência a compressão, leveza e boa flexibilidade para facilitar o manuseio. A capa de polietileno preto, protege durante o manuseio e a instalação. Uma completa gama de tamanhos de Guia de onda estão disponíveis de 1,7 a 26,5 GHz.

### 7.6.2. Guia de Onda Retangular

O Guia de Onda retangular, é fabricado com cobre de alta condutividade, limpos quimicamente e tratados para prevenir corrosão. Uma vasta gama de componentes e flanges simplificam o projeto do sistema, e todos os elementos são desenvolvidos para trabalharem em conjunto, maximizando o desempenho do sistema. Alguns destes componentes são trechos retos, curvas, Twist, janelas de pressurização, etc.

### 7.6.3. Guia de Onda Circular

O Guia de Onda circular oferece substancialmente menos atenuação que os Guias de Onda elíptico e retangular. Isto pode resultar no uso de antenas menores, reduzindo a carga na torre e diminuindo o preço da antena.

Um único Guia pode conter duas polarizações com o mínimo de 30 dB de isolamento, eliminando a necessidade de um outro guia de onda.

O guia de onda é na realidade uma linha de transmissão, mas não é um cabo coaxial como a maioria dos sistemas de comunicação, neste caso é um tubo quadrangular ou triangular feito de alumínio, ele está entre a antena e o equipamento de rádio.

O desenho é feito assim para ter uma boa reflexão na superfície e evitar os ruídos eletromagnéticos e interferências devido a distância típica entre uma antena e o equipamento de rádio, que é de 25 a 40 metros, por isso existem perdas de sinal.

Em equipamentos leves com torres pequenas e lugares com baixo ruído o guia de onda pode ser um cabo coaxial de alta qualidade.

Resumindo, um guia de onda é uma linha de transmissão RF usada tanto na faixa de UHF como em frequências de microondas. É um tubo de metal ôco, usualmente em formato retangular ou uma barra circular. O campo eletromagnético trafega no tubo,

provendo que o comprimento de onda é bastante pequena. Para uma propagação eficiente em campo eletromagnético, um guia de onda retangular deve ter um lado menor medindo de 0.5 até 0.7 comprimento de onda. Um guia de onda circular poderia ser de 0.6 a 0.7 comprimento de onda.

Um campo eletromagnético pode trafegar numa guia de onda em vários caminhos. Se todas as linhas elétricas do fluxo são perpendiculares ao eixo da guia de onda, ele irá operar no modo elétrico transversal.

A característica de impedância de uma guia de onda varia com a frequência. Neste caso, difere para coaxial ou linha paralela, onde valores são geralmente independente da frequência.

É importante que o interior da guia de onda seja limpo e livre de condensação. Regularmente uma pequena obstrução pode degradar seriamente a performance de um guia de onda.

## 7.7. Perda de Ondas

Toda linha de transmissão tem alguma perda; pode não transferir energia com perfeita eficiência. A perda ocorre por causa da resistência ôhmica (ohm) dos condutores, através do “efeito casca” (uma tendência para corrente de RF fluir sobretudo na superfície de um condutor), e através das perdas pelos dielétricos. Estas perdas são medidas pela unidade de medida do decibél. Na maioria das linhas, esta perda aumenta de acordo com a frequência utilizada. Ele também aumenta se a carga de impedância não é compatível com as características de impedância da linha. Podemos dizer que perda de ondas são voltagem e variação de corrente que existe na linha de transmissão em RF quando a carga de impedância difere das características de impedância da linha.

Em uma terminação de linha de transmissão uma resistência pura tem um valor igual para as características de impedância da linha, não ocorrendo perda de onda. Este é um estado ótimo para a ligação. Quando existem perdas de ondas, ocorre uma distribuição não-uniforme da corrente e da voltagem existente. A faixa de voltagem máxima e mínima, ou a corrente máxima e mínima, é chamado de faixa de perda de onda (SWR – standing wave ratio) na linha. OSWR é 1:1 apenas quando a corrente e voltagem estão nas mesmas proporções em todo lugar ao longo da linha. Em qualquer outra situação, o SWR é sempre maior que 1:1.

Teoricamente, não temos limite definir um índice SWR alto ou baixo numa linha de transmissão. Em casos extremos de um curto circuito, circuito aberto, indutância pura, ou capacitância pura numa carga da linha, o SWR é teoricamente infinito, porque a corrente e a voltagem tende para zero em certos pontos, e vai para valores altos em outros pontos. Na prática, as perdas previsíveis da linha prevê o SWR de um valor infinito, mas podemos chegar a valores como 20:1 ou também 40:1 em linhas de transmissão prática quando ocorre um curto ou abertura do circuito.

O SWR é considerado um importante indicador de performance de um sistema de antenas, o qual pode indicar uma importante competição entre a antena e a linha de transmissão. Isto pode ter um efeito adverso na performance da transmissão ou recepção conectado ao sistema de antenas. Um SWR extremamente grande pode causar uma perda de sinal significativa na linha de transmissão. Se um transmissor de alta potência é usado, a corrente e voltagem entra numa importante competição na linha de transmissão, podendo ser grande o bastante em algumas regiões da linha por causa de efeito físico. A corrente pode chegar a derreter o material dielétrico de polietileno; quanto a voltagem pode causar derretimento ou queimar o dielétrico.

## **7.8. Torres e Infra-estruturas**

Um ponto fundamental do projeto para implementação de um enlace de rádio frequência, é sua infra-estrutura a qual deve ser sem dúvidas um dos primeiros estudos de viabilidade. Teremos que levar em consideração determinados fatores no sentido de atender com segurança e confiabilidade a qualidade e eficiência constante exigida pela aplicação.

Em um estudo de viabilidade, os itens pertinentes devem ser bastante explorados para que não tenha desperdícios em investimentos de tempo e financeiro pondo em riscos a inviabilidade de todo o projeto em etapas mais adiantadas. Devemos ater, primeiramente, se, no caso de um link terrestre ponto a ponto, a localização específica das torres, estudar a topografia local do terreno, tanto específico da localização das torres como também em toda sua extensão levantando o plano diretor da cidade, com possíveis modificações e alterações do ambiente, como inserção de edificações, árvores, clima, etc, que de alguma forma venha alterar o plano de visada direta das antenas, usado para o enlace. Não devemos esquecer ainda, a retaguarda e logísticas necessária para a manutenção preventiva e corretiva como: acesso às torres, alimentação elétrica, segurança, etc.

A elaboração da torre deve considerar primordialmente, sua altura necessária, projetando uma vida útil e possíveis atualizações como inclusão da antena prevista e a potencialidade de hospedagem de novas antenas a curto, médio e longo prazo, como também o tipo de torres mais adequada, em decorrência do tipo de terreno, altura projetada e os tipos de antenas utilizadas. Segue então, a escolha eficiente sobre o modelo da torre que pode ser auto-suportada ou estaiada.

O que devemos considerar, é que a torre é um elemento fundamental para suportar e viabilizar a infra-estrutura de um enlace de rádio frequência.

Temos portanto, a noção de que a torre é o ponto de equilíbrio e um fator decisivo da viabilidade do projeto como por exemplo, interligação de redes de computadores dentro da cidade ou mesmo em distâncias maiores envolvendo periferias e entre cidades. Ela tem a função de suportar as antenas de microondas, sendo rígidas o suficiente para suportar as dificuldades meteorológicas como ventos fortes, tempestades de chuvas torrenciais, abalos sísmicos, etc, para evitar que as transmissões sofram o mínimo de interrupções.

### **7.8.1. Sistema de Visibilidade**

A distância limite entre duas torres, fica no intervalo entre 50 até 60 Km, sendo esta limitação de caráter natural, levando em consideração a curvatura da Terra. Quando utilizamos equipamentos de rádio e antenas com grande potencial de alcance, precisamos, além destas distâncias, incluir estruturas de transmissão/recepção no sentido de servirem de estruturas repetidoras de sinais.

Em um sistema de enlace de rádio frequência em microondas interligando dois pontos ou multipontos terrestre, baseada na categoria de ISM (o qual é o núcleo de nosso estudo), temos a considerar com bastante relevância a condição de visibilidade entre as antenas pois, as radiações em microondas são direcionadas e interligadas através de disponibilidade de visada dos refletores/irradiadores. Existem alguns mecanismos para confirmarmos a visibilidade entre sistemas de transmissão/recepção: podemos estabelecer a visada, utilizando-se de balões coloridos de ar (preferencialmente vermelho ou cores bem atrativas) nas pontas das torres; outro meio é inserir refletores de vidros espelhados e observar a radiação solar entre os espelhos e consequentemente entre as torres. O sistema mais sofisticado pode ser feito com o uso de uma bússola e um aparelho de GPS terrestre, da a mesma categoria utilizado para artilharia, onde consiste e uma das torres aferir a direção com a bússola e aplicar as coordenadas com o GPS, seguindo para a Segunda torre e fazendo o mesmo processo colocando as antenas em sintonias bem aproximadas, restando apenas se necessário, ajustes finos.

### **7.8.2. Torres auto-suportadas**

Em um sistema de torres auto-suportadas, temos modelos com três ou quatro alicerces ou apoio da base, a qual vai suportar sua estrutura como a largura ou abertura e também a altura projetada. Este modelo consiste de maior segurança tanto para não permitir movimentos exagerados laterais com para manutenção, oferecendo melhores condições de segurança com escadas internas para escaladas.

### **7.8.3. Torres Estaiadas**

Consiste de apenas um apoio central onde sua fixação no solo é em apenas um único ponto, o qual suporta toda sua estrutura de altura e aberturas laterais ou largura. Para que seja dado um suporte firme ao sistema, é usado cabos de aço resistentes à tração de até 10 toneladas (os que são mais comuns, contudo dependendo de cada estrutura de torre que está sendo erguida e precisa ser suportada), envolvendo seus elementos, circundando a torre para permitir na sua extensão em altura um equilíbrio evitando movimentos laterais exagerados sob quaisquer condições, mantendo sempre a torre ereta.

#### 7.8.4. Estrutura de Transmissão e Recepção

Seja qual for o tipo de torre, os componentes que constituem um sistema de infra-estruturas para funcionamento de transmissão/recepção são iguais, com ligeiras alterações mas que no geral vem compondo dos seguintes itens:

- . sistema de aterramento
- . pára-raio
- . luz sinalizadora no topo da torre
- . bandeja ou estrutura de suporte para a antena
- . cabos para alimentação de energia
- . cabos coaxiais (são os mais utilizados nos sistemas pequenos e médios, os cabos: RGC 213 ou Selflex (coaxial rígido), ambos de 50 Ohms)
- . guia de ondas (utilizado ainda, em algumas aplicações específicas)

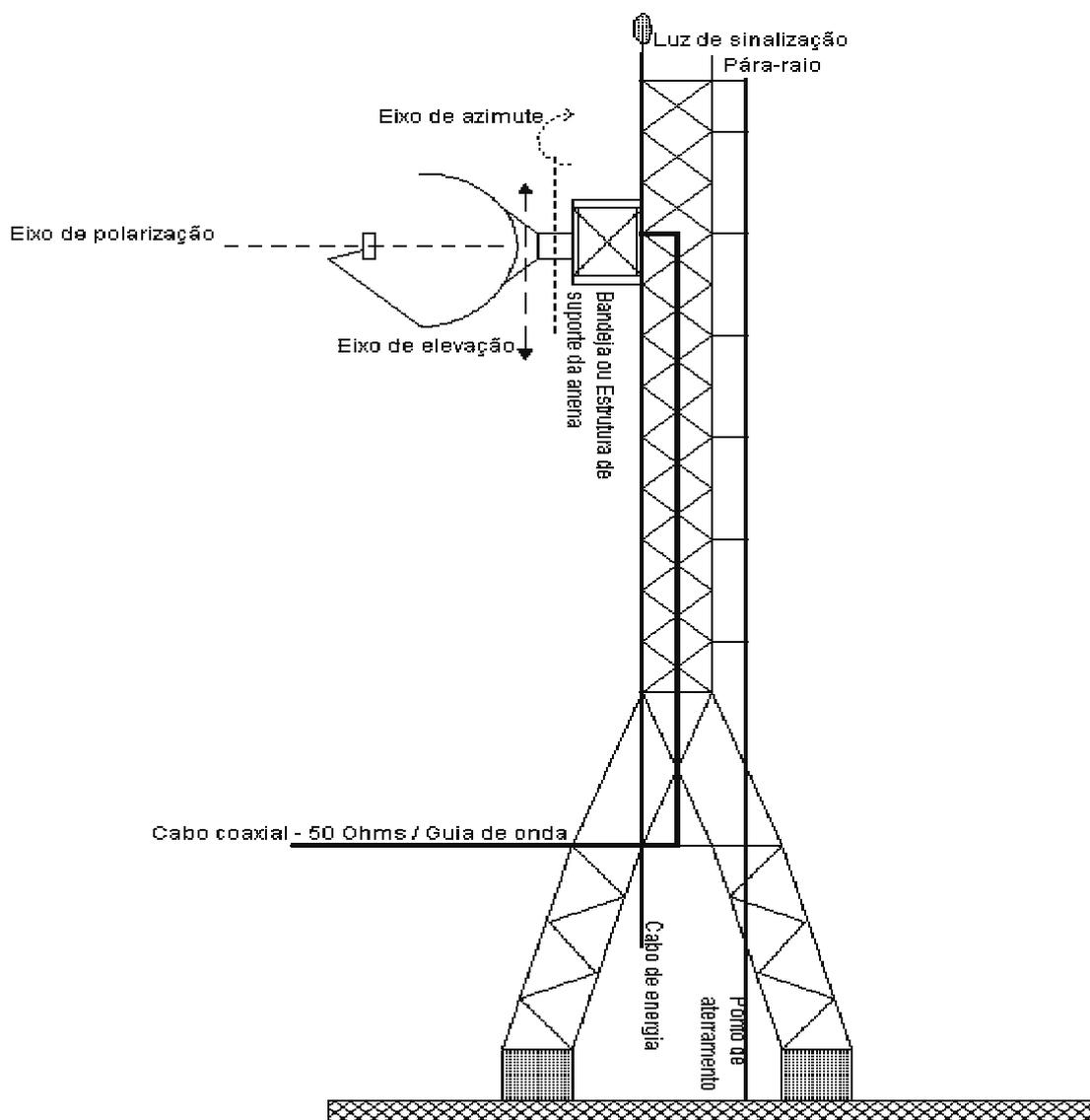


FIGURA 40: Estrutura de Transmissão/Recepção

## 7.9. Tópicos de Segurança

Como parte fundamental em qualquer estrutura de transmissão wireless, seja rádio com enlaces de transmissão terrestre ou transmissão via satélite as antenas e torres merecem todo um cuidado especial na elaboração, construção e manutenção dessa estrutura [GIB, 98].

Os riscos estão envolvidos na instalação, na operação e também na manutenção das antenas.

Inicialmente é preciso observar e planejar o local de instalação das torres, suas dimensões necessárias levando-se em conta a altura necessária, topografia local do terreno, sinalização, estrutura física necessária, tipo de antena, capacidade para atualização, ou seja, inserção de novas antenas receptoras e/ou transmissoras ou até mesmo sua utilização com estrutura repetidora.

Para esta estrutura de antenas externas, uma das principais preocupações é a utilização de força elétrica na torre para alimentação de sinalizador luminoso noturno, aterramento, para-raio e também sistemas de segurança visando acontecimentos como os fenômenos naturais sinistros como tempestades, ventanias e relâmpagos, devendo a estrutura elétrica estar bem protegida e distante das outras linhas de transmissão como a das redes públicas ou qualquer outra torre de transmissão de energia.

Para antenas internas de transmissão, oferecendo conectividade local às redes de computadores de uma companhia nos escritórios ou em prédios inteligentes com estruturas avançadas baseadas em transmissões via ondas eletromagnéticas, não devemos ter tantas preocupações a não ser pelas possíveis lesões biológicas provocadas pelos campos eletromagnéticos e que as pessoas são expostas. Esta preocupação de alguns cientistas está presente também na estrutura externa envolvendo principalmente, as estações rádio-base espalhadas provendo toda uma estrutura de telefonia móvel, cada vez maior no Brasil com crescimentos a taxas elevadíssimas.

Quais os efeitos biológicos que podem ser causados com a exposição constante das pessoas à irradiação das ondas eletromagnéticas? Esta é uma pergunta polêmica e que os cientistas estão com as opiniões divididas, procurando subsídios para que seja respondida. As discussões sobre este assunto aumentaram com a inserção do celular em nossas vidas, em que tornou-se uma constante a exposição dos seres humanos constantemente a irradiação de ondas eletromagnéticas nas frequências próximas aos 900 MHz (no caso da telefonia celular) e outras fontes de irradiação em microondas. A questão mais insistente, é saber se a intensidade de irradiação das ondas eletromagnéticas provocam câncer nas pessoas? Até o momento não tem tido caso descrito desta natureza na literatura médica mundial a qual esteja reportando um caso de câncer em seres humanos decorrente de irradiações excessivas.

Porém a comunidade científica está dividida e desenvolvendo estudos e pesquisas sobre este assunto.

Com certeza a explosão das comunicações sem fio vem fortalecendo esta discussão e acirrando o debate. As tecnologias de telecomunicações sem fio são as que mais crescem no mundo onde já contabilizam uma quantidade de aproximadamente 400 mil torres de rádio base instaladas, apontando suas milhares de antenas irradiando ondas eletromagnéticas 24 horas por dia e também, na outra ponta, já são mais de 250 milhões de usuários no mundo que utilizam algum tipo de comunicação sem fio (PCS, WLL, paging, celulares, redes privadas de computadores, etc).

A radiação ionizante realmente é que apresenta comprovadamente, elevados riscos para a vida dos seres humanos, alimentos e animais. Este tipo de radiação pela sua fonte de energização cósmicas característica pode alterar as moléculas dos materiais biológicos. Como exemplo destas radiações, temos os raios X e os raios ultravioletas nas altíssimas frequências de microondas.

As radiações consideradas não ionizantes, são as radiações que comprovadamente, até o momento, não apresentam problemas como a alteração de materiais e tecidos biológicos em seres vivos e na cadeia alimentar. São exemplos: as ondas eletromagnéticas em faixas de microondas, infravermelho, radiofrequência (RF) como: as emissoras de rádio, TVs por radiodifusão, satélites, celulares, paging, etc.

Estas observações não constituem um conjunto completo para regras de segurança, porém nos dá uma noção de quanto devemos nos preocupar e ter uma especial atenção no projeto e planejamento para a instalação das estruturas de estações terrestres de rádio-base para recepção e/ou transmissão de sinais em ondas eletromagnéticas.

Outras sugestões que podem ser passadas no sentido de que exista uma maior preocupação com momentos particulares envolvendo fenômenos naturais como ventanias e relâmpagos, é que os equipamentos de rádio poderiam não ser utilizados durante as tempestades, sendo desligados momentaneamente. Existem bastantes relatos de situações sinistras as quais ocorreram com a queda de raios na estrutura da torre, atingindo todo o ambiente inutilizando a antena, rádio e demais equipamentos eletrônicos de rede que estavam conectados. Neste caso, por uma estrutura mal feita, uma descarga elétrica de um raio, danificou definitivamente toda a estrutura de rádio bem como a estrutura de equipamentos da rede de computadores local.

Todo e qualquer trabalho nas antenas, nunca podem ser feitos sem levar em consideração o clima do ambiente, ou seja, enquanto tiver indícios de chuvas e relâmpagos na vizinhança. Para acontecer a carga de energia elétrica na torre (ambiente eletrocutado) não se faz necessário um contato direto. O ideal é que as antenas sejam desligadas, desconectadas de equipamentos eletrônicos e que esteja conectada a um excelente sistema de aterramento.

Para subir em torres e prestar serviços de construção ou manutenção nas antenas é um trabalho perigoso, insalubre e que exige a dedicação de profissionais treinados e bem equipados com equipamentos pessoais de segurança. Sob algumas circunstâncias, poderia uma pessoa inexperiente tentar subir na estrutura da torre para proceder pequenos reparos e manutenção como trocar a lâmpada da guia noturno (ou sinalizador)

da torre. Instalação de grandes antenas em torres é um trabalho potencialmente perigoso.

Vale lembrar que as antenas empregadas para as comunicações na faixa de microondas e também em UHF são antenas constituídas de grande potência com um alto ganho de desempenho e de tamanhos no sentido de dimensões físicas pequenas e razoáveis por causa do comprimento de onda ser muito curto caracterizando infraestrutura não muito exageradamente. No caso da aplicação em enlaces de rádio WLAN (Wireless LAN) o sistema de visada constitui em um ganho de potencial elevado concentrando o feixe de propagação das ondas eletromagnéticas.

### 7.10. Determinando o Nível de Potência em RF

O dB é uma abreviação para decibél. Mostra o relacionamento entre dois valores. O nível de energia (potência) RF que é emitido ou transmitido (Tx) ou ainda, recebido (Rx) é expresso em Watts. Ele também pode ser expresso em dBm. A relação entre dBm e Watts pode ser feita da seguinte forma:

$$Pd\text{Bm} = 10 \times \log P\text{mW} \quad (\text{a potência em Dbm} = 10 \times \log \text{ da potência em miliWatts})$$

Por exemplo:

$$1 \text{ Watts} = 1000 \text{ mW, portanto, } Pd\text{Bm} = 10 \times \log 1000 = 30 \text{ dBm}$$

$$100 \text{ mW} = 0,10 \text{ Watts, portanto, } Pd\text{Bm} = 10 \times \log 100 = 20 \text{ dBm}$$

Para calcular o ganho do link, o dBm é mais conveniente do que o Watts.

#### 7.10.1. Atenuação

Atenuação (ou fadiga) de um sinal RF é definido da seguinte forma:



$P_{in}$  = é o nível de potência incidente na atenuação de entrada

$P_{out}$  = é o nível de potência de saída

Atenuação é expressa em dB da seguinte forma:  $P_{db} = -10 \times \log (P_{in} / P_{out})$

Por exemplo, se  $P_{in} / P_{out} = 1/2$ , então a atenuação em dB é:  $dB = -10 \times \log (1/2) = 3 \text{ dB}$

### 7.10.2. Perda de Transmissão

A perda de potência de um sinal de RF transmitido (propagação de ondas) no espaço, é expresso em dB. A perda no caminho (transmissão, sinal) depende basicamente de:

- . a distância entre as antenas de transmissão e recepção
- . visada. A linha de transmissão/recepção deve estar limpa entre as antenas
- . tamanho/altura das antenas

### 7.10.3. Perda no Espaço Livre

O cálculo da atenuação das ondas eletromagnéticas enquanto sua propagação pelo espaço, é feito da seguinte forma:

$$\text{Perda no espaço livre} = 32.4 + 20 \times \log (F \text{ MHz}) + 20 \times \log (D \text{ Km})$$

F é a frequência RF expressa em MHz

D é a distância entre as antenas transmissora/receptora

Para a frequência de 2.4 GHz, a fórmula fica:  $100 + 20 \times \log (D \text{ km})$

Exemplo:

Frequência: 2.4 GHz

Pout = 4 dBm (2,5 mW) (potência de saída, transmissão)

Tx e Rx cabo = 10m. tipo de cabo: RG 214 coaxial (0,6 dB / metro)

Tx e Rx ganho da antena = 10 dBi

Distância entre antenas = 3 Km

Recepção sensível = -84 dBm

## CAPÍTULO VIII

### Estudo de Caso

#### 8.1. Conhecendo o Acre

De acordo com o contexto em que está inserido nossa proposta de trabalho, estamos colocando informações de aspecto geográfico como localização, clima, relevo, população, etc, no sentido de haver inicialmente um conhecimento superficial e específico sobre o território em que estaremos ressaltando, visando elaborar um estudo de viabilidade para inserção de mais uma nova e emergente tecnologia à disposição de nossa comunidade, servindo de alternativa para integração de ambientes regionalizados.

O Estado do Acre está localizado no sudoeste da região Norte do Brasil com uma extensão territorial de 152.589 Km<sup>2</sup>, abrangendo aproximadamente 1,80% do território do Brasil sendo o 14º Estado em extensão territorial. Sua área ocupa 10 milhões de hectares da floresta Amazônica. Elevou-se a categoria de Estado da Federação do Brasil em 1962, tendo portado apenas 38 anos de emancipação tendo duas linhas de fronteiras internacionais de 3.748 Km, dividida ao Sul e a Lestes com a Bolívia (2.183 Km) e ao Sul e a Oeste com o Peru (1.565 Km) [IBG, 99].

Todo o Estado do Acre está localizado no 5º fuso horário relativo a Greenwich, mais cedo do que Londres 6 horas e 2 horas (3 horas no período do horário de verão) em relação a Brasília.

Seu clima é tipicamente tropical, quente e úmido com temperatura média de 24,5°C e um índice pluviométrico anual de 2.000 mm a 3.000 mm. A umidade fica em torno de 80% a 90% em média.

O relevo é bastante uniforme, não apresentando disponibilidades topográficas. Cerca de 63% de sua superfície tem altitudes entre 200 e 300 metros, 16% entre 300 e 609 metros e 21%, abaixo de 200 metros. Em função dessa uniformidade e da inexistência de grandes desníveis altimétricos, são conhecidas três unidades morfoestruturais: planície Amazônica, depressão Rio Acre – Rio Javari e planalto rebaixado da Amazônia [IBG, 99].

A feição geomorfológica do relevo é representada por colinas do tipo mamelonar ou meia-laranja, de aproximadamente 30 a 40 metros de altimetria relativa, com interflúvios de dimensões inferiores a 250 metros e drenagem pouco entalhada; apresenta grandes áreas em planícies e terraços fluviais, áreas aplainadas, com vales de fundo plano.

A infra-estrutura em telecomunicações no Estado, corresponde a região da operadora Brasil Telecom (Teleacre). O Estado está conectado ao resto do Brasil e do mundo através de ligação via satélite operado pela empresa de telecomunicações EMBRATEL que faz parte do segmento de operadora de backbone e longas distâncias. Na parte de normalizações, políticas e fiscalizações, está presente no Estado, uma delegacia regional do Ministério das Comunicações e a Agência Nacional de Telecomunicações. ANATEL.

### 8.1.1. Informações dos Municípios do Acre

MUNICÍPIO	População	Coordenadas Geográficas – Sede		Altitude (M)	Distância até Rio Branco (Km)
		Latitude (S)	Longitude (W.GR)		
Acrelândia	6.922	-	-	-	105
Assis Brasil	2.919	10° 56' 29''	69° 34' 01''	239	342
Brasiléia	13.930	11° 00' 39''	68° 44' 53''	236	222
Bujari	4.888	-	-	-	22
Capixaba	3.460	-	-	-	62
Cruzeiro do Sul	62.698	7° 37' 52''	72° 40' 12''	182	640
Epitaciolândia	10.357	-	-	-	220
Feijó	25.136	8° 09' 51''	70° 21' 13''	153	360
Jordão	3.585	-	-	-	640
Mâncio Lima	9.276	7° 36' 51''	72° 53' 45''	195	674
Manoel Urbano	6.058	8° 59' 20''	69° 15' 35''	162	215
Marechal Thaumaturgo	8.506	-	-	-	878
Plácido de Castro	11.911	10° 15' 57''	67° 11' 07''	129	95
Porto Acre	7.770	-	-	121	78
Porto Walter	4.729	-	-	-	752
Rio Branco	259.544	9° 58' 29''	67° 48' 33''	152	-
Rodrigues Alves	9.752	-	-	-	632
Santa Rosa do Purus	1.946	-	-	-	405
Senador Guiomard	13.830	10° 09' 10''	67° 44' 28''	201	24
Sena Madureira	22.595	9° 03' 56''	68° 39' 25''	129	145
Tarauacá	23.894	8° 09' 05''	70° 46' 00''	168	400
Xapuri	14.231	10° 39' 06''	68° 30' 16''	173	188
<b>Acre - Total</b>	<b>527.937</b>	-	-	-	-

TABELA 6: Municípios do Acre - Fonte: IBGE – Acre – Dezembro/1998.

### 8.1.2. Divisão Territorial do Acre

O Acre está dividido em duas grandes regiões geográficas conhecidas como Vale do Juruá e o Vale do Acre, onde são banhados pelos seus dois principais rios e estão politicamente organizados em 22 municípios ao todo e geograficamente distribuídos da seguinte forma:

#### 8.1.2.1. Vale do Juruá

O Vale do Juruá está dividido em duas micro-regiões geográficas, tendo como referência maior a sede do município de Cruzeiro do Sul.

## Micro-região 01: Cruzeiro do Sul

Municípios	Distância até Cruzeiro do Sul (Km)
Cruzeiro do Sul	-
Mâncio Lima	54
Marechal Thaumaturgo	322
Porto Walter	172
Rodrigues Alves	52

## Micro-região 02: Tarauacá

Municípios	Distância até Tarauacá (Km)
Tarauacá	-
Feijó	40
Jordão	240
Distância entre Cruzeiro do Sul e Tarauacá (Km)	240

**8.1.2.2. Vale do Acre**

O Vale do Acre, está dividido em três micro-regiões geográficas, tendo como referência maior a sede do município de Rio Branco, capital política do Estado.

## Micro-região 01: Sena Madureira

Municípios	Distância até Sena Madureira (Km)
Sena Madureira	-
Manoel Urbano	70
Santa Rosa	260

## Micro-região 02: Rio Branco

Municípios	Distância até Rio Branco (Km)
Rio Branco	-
Bujari	22
Porto Acre	78
Senador Guimard	24
Plácido de Castro	95
Acrelândia	105
Capixaba	62

## Micro-região 03: Brasiléia

Municípios	Distância até Brasiléia (Km)
Brasiléia	-
Epitaciolândia	2

Assis Brasil	120
Xapuri	58
Distância entre Sena Madureira e Rio Branco (Km)	145
Distância entre Brasiléia e Rio Branco (Km)	222

8.1.3. Mapa do Acre

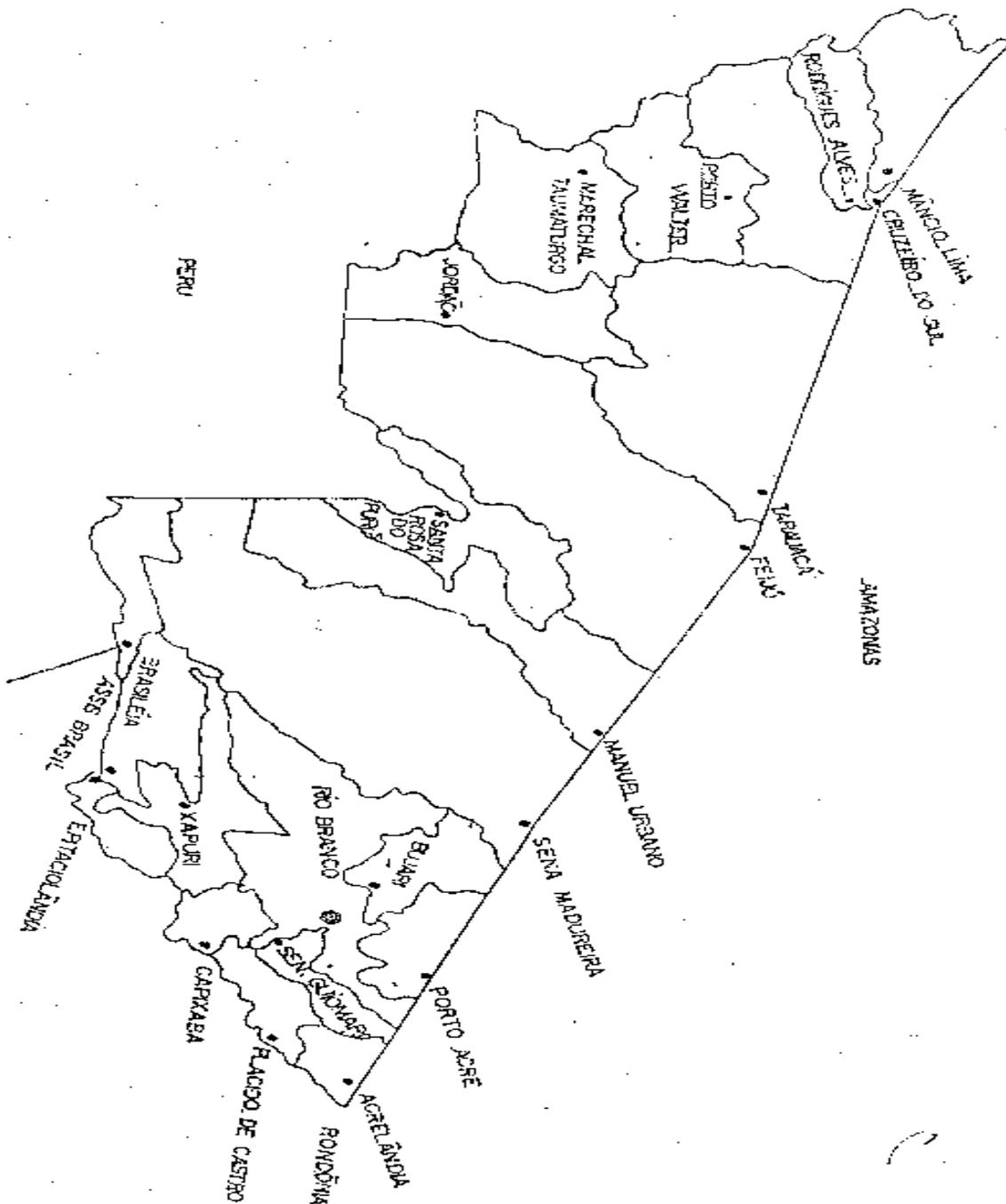


FIGURA 41: Mapa do Acre

## **8.2. A Infra-Estrutura da Rede UFACNet**

### **8.2.1. Reconhecimento do Ambiente**

Apresentaremos a seguir, as características da infra-estrutura de rede da Universidade Federal do Acre – UFAC, a qual foi recentemente concluída e encontra-se em fase de projeto lógico, na fase de instalação e configuração dos equipamentos de rede.

#### **8.2.1.1. A Instituição**

A Região Amazônica passa por um momento histórico em termos econômicos e políticos, expressa pela concentração de parcela significativa da biodiversidade das florestas tropicais úmidas. Esta biodiversidade, objeto de grande interesse mundial, exerce um papel importante nas mudanças planetárias como também contribui de forma decisiva para o avanço da biotecnologia.

A acumulação e o domínio dos dados e informações sobre esta biodiversidade têm uma enorme importância estratégica, contribuindo para definir a posição relativa que a Amazônia e o Brasil podem ocupar, no cenário internacional futuro.

Disso resulta, de imediato, uma grande necessidade de pesquisa e conhecimento da Amazônia, condição importante para uma estratégia de desenvolvimento regional baseado nas potencialidades e na sua riqueza natural.

A UFAC considera a informática uma das mais importantes ferramentas de apoio, que contribuirão no sentido de torná-la um centro de excelência em pesquisas na Amazônia, sem a qual todos os processos em desenvolvimento sofrerão considerável atraso ou até mesmo serão inviabilizados.

Dessa forma, a UFAC necessita urgentemente informatizar um volume de dados, de valor incalculável, que se acumula há 20 anos e que constitui em um precioso patrimônio regional e da humanidade. São dados mantidos fundamentalmente sob a forma de manuscritos, altamente perecíveis. Com os atuais recursos computacionais disponíveis na Instituição, considerados obsoletos, torna-se impossível implementar qualquer estratégia que viabilize o atendimento das necessidades atuais e futuras da UFAC.

Definidas claramente no recente processo de Planejamento Estratégico Participativo da UFAC, essas prioridades estão elencadas no Plano Básico de Informática, e são, essencialmente:

- implementação, manutenção e consulta aos bancos de dados mais necessários (em caráter de urgência) sobre a Biodiversidade Amazônica;
- agilização da recuperação de informações bibliográficas;
- disseminação de dados para outras Organizações de pesquisa nacionais e internacionais, via rede de computadores;
- simulação e modelagem de dados;
- armazenamento e processamento de imagens de satélites;
- contribuir para elevar a capacidade regional de formação, treinamento e fixação de recursos humanos para pesquisa;
- promover a difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos ao sistema produtivo;
- ampliar o conjunto de informações/Conhecimentos sobre recursos ambientais, sociais e econômicos e monitorar a dinâmica dos ecossistemas da Amazônia;
- aprimorar e intensificar o intercâmbio com Instituições de ensino e pesquisa;
- atuar na prestação de serviços à comunidade na utilização de recursos naturais.

### **8.2.1.2. Os Equipamentos**

Os equipamentos de rede disponíveis para suportar a infra-estrutura da rede UFACNet, são manufaturados pela IBM, cujas características são:

- . Quatro switches 8271 com um link ATM de 155 Mbps em cada equipamento
- . Um switch corporativo 8265 modulado com 8 links ATM de 155 Mbps
- . Três roteadores 2210, com capacidade para 2 WANs e duas interfaces Ethernet
- . Vinte e quatro HUBs IBM 8237 padrão Ethernet 10Base-T com 16 portas RJ-45.
- . Vinte e um HUBs IBM 8237 padrão Ethernet 10Base-T com 16 portas RJ-45 e uma porta com conexão para fibra óptica padrão ST 10BaseFL

Para compor a princípio, a parte de servidores de serviços e aplicações, a UFACNet será composta de dois servidores centralizados, baseados no equipamento IBM Net Finity com processador Pentium III 500 MHz, posteriormente será adquirido alguns servidores RISCs com proposto no projeto, para integrar uma linha de servidores de alta capacidade.

### **8.2.1.3. Infra-Estrutura e Canais de Comunicação**

Esta estrutura deverá comportar um backbone em ATM inicialmente com três links de 155 Mbps, podendo chegar até oito, e 23 sub-redes divididas em duas grandes categorias: rede acadêmica e rede administrativa. São 450 pontos de redes no total compondo uma Intranet que possui servidores proxys e firewall controlando atualmente

um link de rádio de 512 Kbps ligando com a Internet através do Ponto de Presença da RNP no Acre – PoP-AC. O link de rádio que está funcionando é uma solução alugada da EMBRATEL e que pretende-se posteriormente, ser adquirido uma solução própria com equipamentos de rádio na faixa de 2 , 10, 11 ou 15 Mbps. Existe ainda, infraestrutura já instalada para comportar mais dois enlaces de rádio na rede UFACNet: um enlace para conectar o Parque Zoobotânico da UFAC e o outro para integrar a UTAL (Unidade de Tecnologias de Alimentos), órgão de pesquisa da UFAC.

Quanto ao cabeamento da UFACNet Campus , está estruturado da seguinte forma:

Toda conexão entre prédios é feita através de fibra ótica monomodo. O Backbone é composto de dutos totalmente isolados e protegidos, onde passam dois dutos cuja finalidade é de backup e ampliação da rede, suportando de imediato sua duplicação e ainda com folga nos dutos para passagem de outros cabos necessários. O conjunto de fibra ótica perfaz um total de 12 Km distribuído no Campus Universitário que tem sua principal característica física de um anel viário de 2 Km de diâmetro onde a maioria dos prédios e departamentos estão distribuídos em seus arredores e também internamente.

As conexões em cabeamento UTP, atende as especificações da Categoria 5 da normalização EIA/TIA 568-A, perfazendo um total de 18 Km de cabeamento atendendo as instalações internas dos diversos prédios que compõem o Campus Universitário.

#### **8.2.1.4. A Rede da Instituição**

O backbone da UFAC levou em consideração as atividades de pesquisa, ensino e extensão desenvolvidas na nossa comunidade, e também, de acordo com o Planejamento Estratégico Participativo de característica decenal, com a preocupação de oferecer infra-estrutura computacional de forma satisfatória.

. Sistemas de Informações e Banco de Dados (Área Administrativa):

- . Sistema de Controle Acadêmico
- . Sistema de Banco de Dados da Biblioteca Central
- . Sistema de Recursos Humanos (Cadastrais e Financeiro)
- . Sistema de Almoxarifado e Patrimônio
- . Sistema de Protocolo
- . Sistema de Concursos Vestibulares
- . Sistema de Controle Acadêmico do Colégio de Aplicação ( 1º e 2º Graus)
- . Sistema de Contabilidade
- . Sistema de Documentação e Controle Jurídico
- . Sistema de Informações Estatísticas
- . Sistema Integrado de Gestão Administrativa

#### . Projetos de Pesquisas

- Implantação do Instituto de Biodiversidade
- Ilhas de Alta Produtividade
- Implantação do banco de dados do acervo de Documentação e Informações Históricas
- Análise Físico/Química dos Alimentos Regionais
- Implantação do banco de dados da Fauna e Flora da Região Amazônica
- Catalogação dos Dialeto e Termos da Linguagem Regional
- Estudo de fontes energéticas alternativas para a Região Amazônica
- Levantamento e implantação do banco de dados dos sítios paleontológicos no Estado do Acre
- Fazenda Experimental Catuaba (Depto. Ciências Agrárias)
- Técnicas para integração com as unidades da UFAC no interior do Estado oferecendo ensino à distância
- Projeto Universidade Virtual
- Estudos de demanda e projeção de infra-estrutura para as informações geradas pelo banco de dados da UFAC
- Projeto de unificação da base de dados da UFAC, constituindo modelos de banco de dados integrados, eficientes, sem redundâncias de informações, para utilização das diversas aplicações usadas na UFAC
- Elaboração e construção de aplicações Internet/Intranet e Web Sites

#### . Atividades de Extensão (Ensino, Cultura, Lazer)

- Programa Comunidade Solidária
- Programa de alfabetização de Jovens e Adultos
- Programa de Reintegração de Apenados
- Oficinas de Teatro, Música, Áudio e Vídeo
- Apoio à formação de estudantes e bolsistas
- Programa de Interiorização das ações educacionais
- Programa TV-Escola – Interiorizando a UFAC

#### **8.2.1.5. O Backbone ATM do Campus**

Com o objetivo de implementar um projeto de infraestrutura de rede no Campus da UFAC, apresentamos a seguir uma descrição da solução técnica projetada, a tecnologia utilizada, características mínimas dos equipamentos e desenho lógico das ligações dos prédios/blocos.

O objetivo é dotar o Campus da UFAC com uma infraestrutura de rede de comunicação de dados de alto desempenho, visando:

- . Capilarizar o acesso à redes internacionais de apoio ao ensino e à pesquisa, sobretudo a RNP.

- . Viabilizar a utilização de informática nas diversas áreas de atuação da Universidade com a instalação de laboratórios, etc.
- . Viabilizar a comunicação de dados intra-UFAC, criando um ambiente favorável ao desenvolvimento de projetos de pesquisa multidisciplinares.

A tecnologia de redes de alta velocidade adotada no projeto foi ATM (Asynchronous Transfer Mode). Dentre as alternativas (de alta velocidade) disponíveis no mercado (Fast-Ethernet, FDDI, e ATM), a que apresenta o desempenho desejado, a escalabilidade desejada, capacitação para utilização de aplicações sofisticadas (envolvendo dados/voz e vídeo), além de quesitos como possibilidade de expansão. Detalhamos a seguir os principais pontos e vantagens:

#### **8.2.1.5.1. Asynchronous Transfer Mode (ATM)**

O ATM (Asynchronous Transfer Mode), difere dos padrões de redes locais tradicionais por não implementar o compartilhamento no acesso ao meio. Ao contrário, a implementação do protocolo ATM garante uma banda dedicada para cada canal de comunicação na rede.

O protocolo ATM abrange desde redes locais a redes de longa distância, possibilitando à homogeneização de toda a rede de comunicação de dados e permitindo a integração de voz e vídeo na mesma rede.

A tendência na utilização de aplicações com recursos de multimídia, aliada ao desempenho crescente das estações de trabalho, às facilidades para migração e aos recursos do ATM como tecnologia de transporte, vêm despertando um grande interesse, principalmente no que concerne a possibilidade da oferta de novos serviços e aplicações, tais como: interconexão pública de redes locais em alta velocidade, transferência e edição remota de imagens, transmissões de vídeo digital bidirecional, video-conferência de alta resolução, suporte a aplicações distribuídas cliente/servidor, aplicações educacionais no ambiente corporativo, universitário e no treinamento profissional, entre outras.

No futuro, a tecnologia ATM poderá viabilizar serviços de vídeo residencial bidirecional, com aplicações de vídeo sob demanda e home-shopping com uso de realidade virtual, etc.

A tecnologia ATM baseia-se do conceito de comutação de células, cada uma delas com tamanho fixo de 53 bytes, com 5 bytes de header. Também chamada de broadband ISDN (Integrated Services Digital Network), foi inicialmente desenvolvida para atender as necessidades das redes públicas, permitindo a integração de dados, voz e imagem. Logo as empresas da área de redes perceberam que a tecnologia trazia benefícios não só para o caso das redes públicas de longa distância como também para as redes locais e de campus, substituindo com vantagem as tecnologias de rede de alta velocidade até então existentes (FDDI e SMDS).

O ITU-T, ATM Forum e o IETF desenvolveram esforços no sentido de criar padrões que permitam que equipamentos de diferentes fabricantes possam interoperar. Hoje isso já é uma realidade para os equipamentos que aderem às especificações do ATM Forum principalmente (ex: PNNI-1).

Embora o ATM possa ser visto como uma extensão de LAN Switching, estas tecnologias se diferenciam de muitas maneiras, proporcionando às redes ATM capacidades superiores, entre elas:

#### **8.2.1.5.2. Protocolo Orientado a Conexão**

As tradicionais LANs de meio compartilhado utilizam protocolo não orientado a conexão que se mostrou adequado para maioria das aplicações orientadas a dados. Embora até a comutação em Ethernet sejam soluções de meio dedicado, elas ainda são fundamentalmente sem conexão em suas operações porque são baseadas nos protocolos de acesso originais de meio compartilhado. Atualmente, somente as tecnologias ISDN e ATM (B-ISDN) proporcionam um ambiente orientado a conexão necessário para as emergentes aplicações multimídia. Além disso, um ambiente ATM oferece benefícios consideráveis para aplicações tradicionais que não sejam orientadas à conexão.

#### **8.2.1.5.3. Protocolos não orientados a conexão**

Vamos assumir por um momento que o sistema de tráfego de uma cidade está seguindo o conjunto de regras da Ethernet (ou qualquer outro protocolo não orientado a conexão). Cada motorista começa a seguir o seu destino assim que a estrada aparentar estar livre para trafegar. O motorista não tem conhecimento de sua rota nem de outros motoristas que poderiam também utilizar a mesma rota ao mesmo tempo. Trata-se de um sistema de tentativa e erro, com tráfego congestionado, probabilidades de colisões e reinícios, sem garantia de tempo de chegada.

Agora vamos assumir que o sistema de tráfego esta baseado no conjunto de regras do ATM. Cada motorista sinaliza e requisita uma rota antes de iniciar uma viagem. O motorista recebe uma rota reservada para sua jornada, ao longo da rodovia com espaço suficiente para o seu carro. Ambos, a linha e largura estão reservados exclusivamente para a duração da viagem. Nada foi modificado nas dimensões da estrada (infra-estrutura de cabeamento). O sistema de tráfego ATM automaticamente seleciona a melhor rota no meio de tantas estradas e rodovias e continuamente reconfigura a rota assim que ocorram mudanças no padrão do tráfego.

Em um ambiente orientado a conexão, os dados permanecem armazenados em um buffer do dispositivo terminal até que a conexão com a estação destino seja estabelecida. Conseqüentemente a rede não é sobrecarregada com o processamento dos dados que estão sendo roteados, permitindo uma determinação mais precisa no que se refere a previsão do tempo de chegada no destino.

Devido às aplicações tradicionais baseadas em LAN compartilhada terem sido escritas para um ambiente não orientado a conexão, é necessário migrar todas as sessões voltadas a não conexão para orientadas a conexão de modo a utilizar essas aplicações sobre ATM. Duas técnicas de mapeamento (Classical IP e LAN Emulation) foram definidos como padrões industriais para facilitar a interoperabilidade entre os diversos fabricantes. A migração realizado pelo LAN Emulation pode até mesmo retardar o desenvolvimento de aplicações ATM nativas porque os benefícios que o ATM traz as aplicações tradicionais são substanciais. Apenas pela migração das aplicações para o

ambiente orientado a conexão ATM, permitem que as clássicas aplicações LAN executem melhor, já que elas levam vantagem da banda dedicada. Além da performance melhorada, características inerentes do ATM como a habilidade de empregar LANs virtuais, reduzem o custo de operação e a manutenção das aplicações tradicionais quando elas são executadas sobre redes ATM com LAN Emulation.

#### **8.2.1.5.4. Velocidade**

Em LAN Switching, cada quadro tem um tamanho diferente e um destino. O processador no switch deve fazer uma decisão individual para cada quadro. Conseqüentemente, o real throughput do switch está diretamente ligado a potência e limitações do seu processador. Técnicas como cut-through switching, onde a transmissão é iniciada assim que são lidos bytes suficientes para reconhecer o endereço de destino podem melhorar a latência do switch a nível de comutação porta-a-porta. A filtragem, adaptação de velocidade de uma porta de 10Mbps para 100Mbps e altas taxas de erro normalmente inviabilizam o cut-through switching.

Em ATM, o dado é enviado em células de tamanho fixo de 53 bytes cada, onde o header de 5 bytes contém a informação de roteamento. As características de conexão são negociadas naquele momento e, se a rede puder garantir a qualidade do serviço, a chamada é aceita e o caminho é estabelecido. A seguir, as células são transmitidas na velocidade do hardware sem a necessidade de re-examinar o conteúdo da célula e sem realizar etapas intermediárias tipo store-and-forward entre a fonte e o destino.

#### **8.2.1.5.5. O sistema de multiplexação**

Em um ambiente LAN (tanto compartilhado como comutado), aplicações em estações de trabalho ou em um servidor alternam-se em enviar dados para o meio. Algumas vezes, mesmo determinando-se uma baixa prioridade para transferência de arquivos, podem ocorrer atrasos na transmissão de um pequeno quadro que requer um atraso mínimo. Este atraso será repetido para todos os nós da rede e irá afetar a sua performance.

Em ATM, como os elementos de transmissão são enviados em células de 53 bytes, células de diferentes fontes podem ser agregadas e enfileiradas de acordo com a sua prioridade individual. Então atrasos fixos podem ser respeitados e a qualidade do serviço pode ser determinada de acordo com os requerimentos da aplicação, em vez dos do adaptador.

#### **8.2.1.5.6. Capacidade superior de largura de banda**

A tecnologia ATM é, pela sua arquitetura, uma solução comutada full-duplex. Embora alguns switches e adaptadores Ethernet tenham capacidade full-duplex, o switch de LAN tradicional deve suportar diversas características para cada uma das portas, atuando como um gateway store-and-forward entre portas de velocidades diferentes. Isto reduz a capacidade real e a largura de banda da rede.

Em ATM, largura de banda é um parâmetro na definição do SVC (Switched Virtual Circuit) e é totalmente independente da conexão física. Não há necessidade de buffers intermediários. De fato, se uma ligação física alcança a capacidade máxima, conexões adicionais podem ser acrescentadas para expandir a largura de banda e suportar o tráfego adicional.

#### **8.2.1.5.7. Acesso ao Backbone**

A maioria dos switches Ethernet são essencialmente bridges multiportas. Eles não podem utilizar múltiplos troncos e a capacidade agregada do switch deve equivaler com capacidade dos troncos.

Como o ATM é um protocolo orientado a conexão, gargalos entre switches de workgroup e o backbone são facilmente removidos através da instalação de troncos adicionais entre estes switches e o backbone de alta velocidade. Switches ATM podem ativar circuitos virtuais sobre diversas rotas de acordo com a atual capacidade de utilização da rede ou de acordo com a disponibilidade de um caminho específico. Isto não somente aumenta a banda como também oferece a possibilidade de substituir um elemento que falhou. A medida que o número de usuários por segmento aumenta em uma rede ATM, a largura de banda por usuário não será necessariamente afetada porque não há limitação na largura de banda do tronco. Além disso, instalar troncos adicionais é um procedimento simples e não causa rupturas ou quedas na rede. A habilidade de proporcionar múltiplos troncos garante serviço ininterrupto para os usuários finais.

#### **8.2.1.5.8. Qualidade de Serviço(QoS)**

A arquitetura de multiplexação do ATM foi projetada para suportar tráfego de diferentes necessidades em termos de largura de banda, jitter e atraso. Esta característica permite que as redes ATM suportem voz, vídeo e dados multiplexados no mesmo canal. A qualidade de serviço é estabelecida no momento em que a conexão é feita. A possibilidade da escolha das características de qualidade de serviço é decorrente do fato do ATM ser um protocolo orientado a conexão. O ATM Forum definiu quatro tipos de qualidade de serviço que foram projetados para suportar diferentes tipos de tráfego.

O CBR (Constant Bit Rate) e o VBR (Variable Bit Rate) são particularmente adequados para aplicações com requisitos críticos de qualidade de serviço, como as

transmissões multimídia ou video-conferência de alta qualidade. Para atender as aplicações de transferência de dados que não possuam requisitos críticos foram criadas as classes UBR (Unspecified Bit Rate) e ABR ( Available Bit Rate).

#### **8.2.1.5.9. Capacidade de Multicast**

Em redes com comutadores de LAN, filtros podem ser utilizados para controlar o tráfego de broadcast, porém eles podem ter um efeito negativo sobre a performance da rede.

A capacidade de multicast do LAN Emulation é fundamental para distribuição de vídeo e video-conferência e é uma característica exclusiva da arquitetura ATM. Diferente dos mecanismos de broadcast na LAN de meio compartilhado, somente aqueles que querem a mensagem irão recebê-la. Como o tráfego é orientado a conexão, recursos de rede não são gastos e não há perigo de "broadcast storms". Nas implementações que utilizam VLAN sobre ATM, a técnica de multicasting do LAN Emulation permite definir precisamente quais estações devem receber os broadcasts.

#### **8.2.1.5.10. Baixa Latência**

As emergentes aplicações isócronas de uso intensivo de banda somente podem trabalhar em um ambiente onde a latência de qualquer switch seja previsível, constante e extremamente baixa. Em ambientes onde são empregados tamanho de pacotes variável e filtragem por quadro, a latência é diretamente afetada. Em redes onde o ATM é empregado até o desktop, o atraso entre dois pontos na rede será quase sempre o mesmo, portanto o tempo de resposta em redes de longa distância será previsível e constante.

#### **8.2.1.5.11. Reduzindo a complexidade da rede**

Estima-se que até 70% do custo total de uma rede seja devido ao seu custo operacional. Conseqüentemente, quanto mais simples a rede, menores serão estes custos. Se observarmos um ambiente típico de LAN de meio compartilhado, as mesmas estão conectadas aos backbones, que normalmente estão rodando um protocolo de LAN diferente (FDDI, Fast Ethernet, etc.), através de bridges ou roteadores, que normalmente também são responsáveis pelas conexões WAN. Estes equipamentos são itens com alto custo de manutenção, especialmente em redes com muitas mudanças, acréscimos e retiradas. As configurações devem ser atualizadas e a rede deve ser sintonizada para melhor performance. A qualidade de serviço e a escalabilidade de banda ATM elimina virtualmente a necessidade de sintonizar a rede. Bridges e roteadores são substituídos

por simples conexões entre switches. O resultado é uma rede mais eficiente e confiável, pronta para aplicações multimídia emergentes e que opera com baixo custo.

#### **8.2.1.5.12. LANs Virtuais (VLANs)**

Nos atuais ambientes de LAN, estações de trabalho estão amarradas a portas de dispositivos específicos, logo as funções disponíveis para aquele dispositivo correspondem exatamente ao que foi predefinido pelo administrador da rede em termos de segurança ou acesso aos recursos. Se o usuário se desloca, o administrador da rede deve associar a essa nova porta física as características que combinam com as necessidades do usuário. Como a afinidade entre grupos é normalmente utilizada como uma maneira de gerenciar redes, quando workgroups são reorganizados, usuários devem ser re-associados para diferentes portas físicas. Em LANs tradicionais, se todos ou parte do grupo de mesma afinidade movem-se para diferentes prédios, o administrador da rede deve fazer mudanças físicas nos dispositivos do backbone (tabelas de filtragem ou canais entre prédios) para preservar as capacidades previstas.

VLANs, como as implementadas em ATM, permitem que usuários façam parte de várias VLANs (grupos de afinidade) e compartilhem recursos comuns sem se preocuparem onde estão localizados fisicamente na rede. Em um ambiente VLAN, com quem você trabalha é mais importante do que onde você trabalha. O LAN Emulation garante associações a mesma VLAN, sem se preocupar com a localização física do usuário. VLANs, como não necessitam da intervenção do administrador da rede ou da assistência de um técnico para habilitar e associar uma porta da LAN, acabam sendo a maior fonte de economia de custos em um ambiente com mudanças frequentes ou que evoluam muito rapidamente.

#### **8.2.1.5.13. Usando os serviços do LAN Emulation**

Muitos usuários ATM tem simplificado os processos de inicialização utilizando o LAN Emulation para melhorar suas redes ATM. A função LAN Emulation integrada aos equipamentos switch que estão em concordância com as especificações do ATM Forum nas suas últimas versões permitem a interoperabilidade entre os diversos fabricantes que sejam aderentes a este padrão. O LAN Emulation é implementado dentro da camada Data Link Control, sob a interface do device driver das estações terminais. Investimentos em hardware são protegidos desta forma, permitindo que redes ATM coexistam com as redes Ethernet.

#### **8.2.1.5.14. Benefícios do LAN Emulation**

O protocolo LAN Emulation permite que redes ATM proporcionem a aparência de LANs Ethernet. Embora ainda não se explore todos os benefícios do ATM, a migração para tecnologia ATM é vantajosa porque reduzimos os custos de manutenção da rede. Circuitos de alta velocidade ATM podem ser utilizados com os atuais ambientes de software e hardware, melhorando a performance enquanto protege o investimento já realizado. Investimentos em software são protegidos porque as interfaces das aplicações não precisam sofrer alterações.

Membros de uma LAN emulada (ELAN) ou VLAN não necessitam estar no mesmo local físico, um benefício importante para o atual e crescente mercado global e distribuído. Além disso, estações de trabalho individuais podem ser membros de múltiplas ELANs, suportando um maior compartilhamento de dados.

Sendo assim, o caminho natural de migração para o ATM é a sua implementação, primeiramente, como backbone para interligação das redes locais, no qual serão conectados os servidores. Num segundo passo, o ATM substituirá totalmente as redes locais tradicionais, chegando até o desktop. Por fim, as aplicações serão adaptadas a esta nova realidade, utilizando as vantagens oferecidas pelo ATM, como o suporte a voz e vídeo, ideal para aplicações multimídia, como vídeo-conferência.

Assim, teremos uma implementação homogênea e mais próxima da situação ideal, onde um só protocolo é utilizado por toda a extensão da rede, seja ela local, de longa distância, de voz, dados ou imagens.

#### **8.2.1.6. Premissas / Dados de Projeto da UFAC**

O projeto abrange dentro do Campus da UFAC inicialmente as seguintes localidades: Reitoria, Vice-Reitoria, Pro-Reitorias de Administração, Planejamento, Pro-reitoria Jurídica, Graduação, Pos-Graduação, Assuntos Comunitários, Laboratórios de Informática, Anfiteatro, Biblioteca Central, Administração de Departamentos Acadêmicos, Laboratórios de Biologia, Física, Química, Paleontologia, Enfermagem e Anatomia, Sementes, Agrárias, Solos, Engenharia Civil, Gráfica Universitária, redes acadêmicas dos 14 Departamentos Acadêmicos, Fundações de Apoio a Pesquisa e outros órgão pertencentes a UFAC e/ou integrantes do Campus em forma de parcerias e financiadores de projetos de pesquisas.

A rede como um todo será estruturada em sub-redes utilizando simultaneamente as tecnologias Ethernet e ATM. Foram adotados pontos de concentração obedecendo critérios físicos e lógicos para a concentração das sub-redes. A interligação dos pontos de concentração constituirá o backbone da UFAC.

A tecnologia ATM se restringirá a conexão de servidores centrais e ao backbone (ligação entre os switches corporativo e departamentais) . As redes departamentais de

estações de usuários serão ethernet, limitando-se a utilização de 20 estações por seguimento, no máximo.

A tecnologia de ATM conduz a uma larga utilização de VLANs (Virtual LANs), redes virtuais, ou seja, um desacoplamento do conceito físico do conceito lógico de redes locais. De uma forma geral, a rede da UFAC será dividida em várias redes virtuais de forma que cada uma delas se comunique com as demais.

A grande velocidade do backbone (155Mbps) permitirá a utilização de aplicações sofisticadas do tipo vídeo-conferência de alta velocidade, distribuição de vídeo, cliente-servidor, integração de voz, etc.

### 8.2.1.7. O Backbone UFACNET

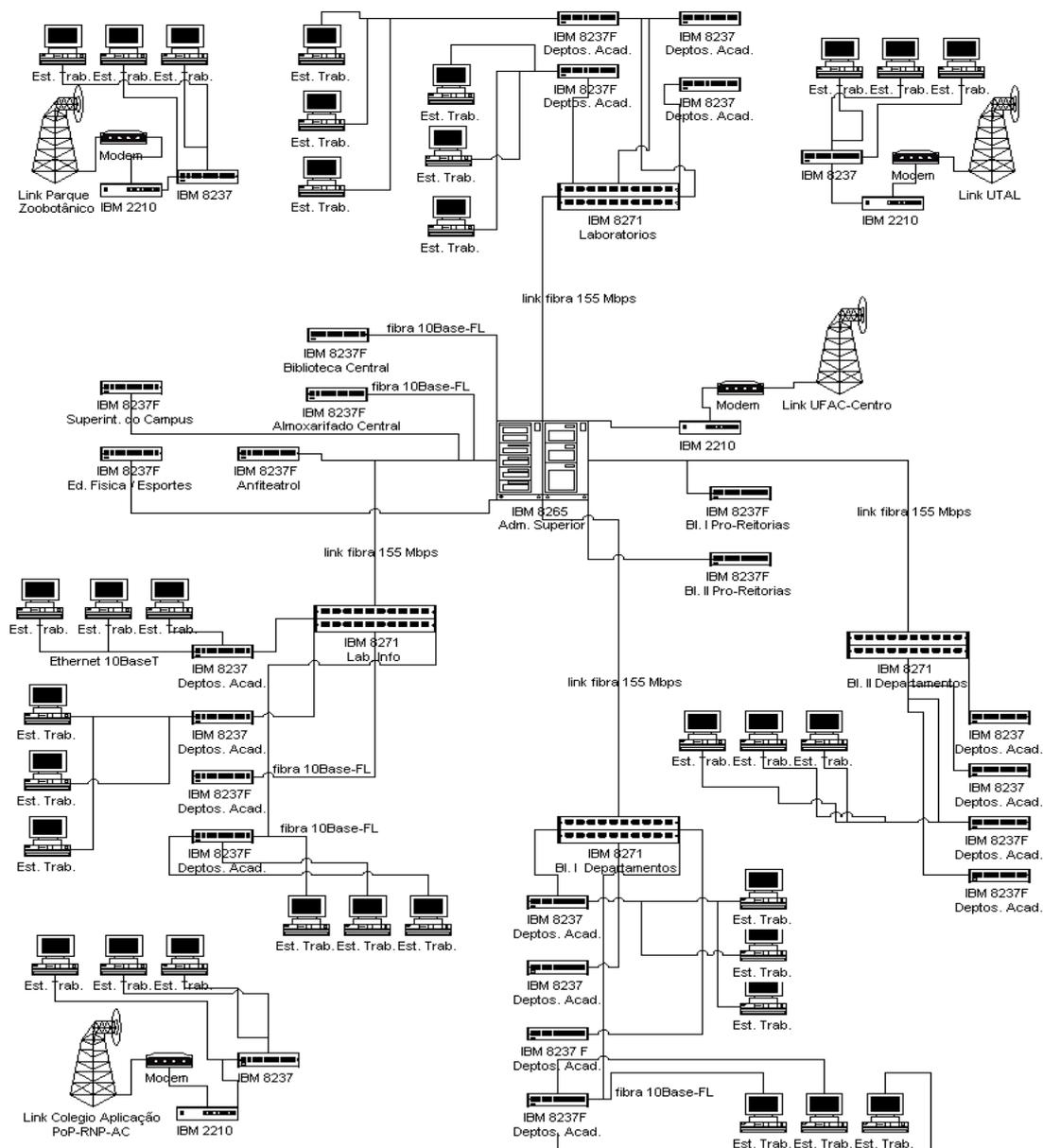


FIGURA 42: Estrutura da rede Campus UFACNet

O ponto central do backbone da rede UFAC será no CPD, onde será feita a instalação do switch ATM corporativo. No laboratório de Informática, na Administração departamento de humanas, e na Administração de Ciências Agrárias e Tecnológicas, haverá switches Ethernet departamentais com uplinks ATM. O critério, conforme comentado anteriormente, foi a maior quantidade de pontos do próprio bloco (traduzido em demanda por banda) em conjunto com a maior concentração de pontos em blocos próximos, de forma a otimizar a infraestrutura de cabeamento.

A ligação dos hubs ethernet (todos gerenciáveis) às portas dos switches departamentais é feita via fibra ótica multimodo (conectores ST) sempre que estiverem em blocos separados. Os hubs instalados no mesmo bloco do switch serão ligados via par trançado (UTP 5).

Cumpra salientar que os switches departamentais são switches Ethernet, contudo possuindo conexão ATM de 155Mbps.

O crescimento da rede, portanto, obedecerá a dois pilares mais importantes: o primeiro, o incremento de nós do backbone; segundo, a capilarização das redes departamentais. O backbone proposto permite um crescimento substancial tanto de servidores quanto de estações a ser feito em estágios. Este foi um dos direcionadores para o dimensionamento dos equipamentos.

Na figura abaixo temos uma visão geral do agrupamento dos principais pontos do backbone da UFAC, como também o detalhamento do diagrama lógico do backbone do Campus:

#### **8.2.1.8. O Switch ATM central**

O switch ATM central é o componente mais importante da rede, o qual concentrará todos os servidores corporativos bem como os uplinks de switches departamentais.

Portanto, uma atenção especial é dispensada a esse componente do backbone. Ele deve atender a rígidos requisitos de segurança, gerenciamento, crescimento, desempenho e flexibilidade. A seguir detalhamos tecnicamente as características técnicas que endereçam tais requisitos:

O switch ATM corporativo deve ser modular em chassi, inteligente, e suportar protocolo de gerência SNMP, MIB II e RMON. O concentrador modular deve possuir um número de slots tal que permita dar início ao projeto das necessidades hoje identificadas na UFAC bem como permitir um crescimento significativo, de forma a preservar o investimento ora realizado. Além disso deve possuir suporte a todos os padrões de gerência disponíveis no mercado, o que possibilitará um controle de toda a rede de forma gráfica e com detalhadas estatísticas de tudo que ocorre na rede.

O chassi deve ser flexível, suportando os protocolos ATM, Ethernet, Fast Ethernet simultaneamente, além de permitir a retirada e inserção de módulos mesmo com o hub em funcionamento, sem impactar o funcionamento dos demais módulos. Deve ainda possuir suporte a todas as tecnologias de rede acima, o que garante a UFAC uma total tranquilidade em relação a futuros incrementos à rede. O mesmo pode se

afirmar quanto a sistemas de cabeamento, suportando tanto fibra ótica multimodo (para distâncias de até 2Km) , monomodo (para distâncias de até 20Km) e par trançado (para distâncias de até 100m).

A confiabilidade, alta disponibilidade são características inerentes a equipamentos ATM. Os níveis de redundância se apresentam não apenas a nível de fontes, mas também de switches, links, módulos de controle, etc. O Switch Central deve ser configurado com fontes de alimentação redundantes que operam com balanceamento de carga. O switch em questão deve possibilitar também uma configuração totalmente redundante, onde não há um ponto único de falha. Nesse primeiro momento adotamos apenas redundância a nível de fontes de alimentação.

A medida do crescimento da rede e de aplicativos de missão crítica, o switch estará pronto para receber features de redundância.

O posicionamento dos módulos nos hubs não deve ser fixo, podendo ser adquiridos novos módulos à medida da necessidade e encaixados nos slots que estiverem vazios, permitindo, desta forma, um crescimento gradual da rede. Conforme comentado anteriormente, qualquer crescimento futuro pode ser feito apenas com a inserção de novos módulos nos slots livres sem impactar em qualquer momento o funcionamento da rede.

O equipamento deve ser gerenciável, local e remotamente, através de módulos de gerência que possuem agente SNMP.

O switch ATM deve possuir uma capacidade agregada que caracterize o alto desempenho. A capacidade mínima de 5Gbps é recomendada nesse projeto. A característica que mede a potência do switch é sua capacidade de comutação, por isso, esse valor deve representar um desempenho que atenda todas as necessidades atuais, bem como capacite a UFAC para a utilização de aplicações da mais sofisticadas que virão.

O backplane deve implementar uma arquitetura de dupla estrela, permitindo desta forma a inclusão de uma segunda matriz de comutação redundante. O backplane deve ser de no mínimo 20Gbps. A capacidade do barramento (backplane) ATM é outro item relacionado com o desempenho do equipamento. É através do backplane que todos os módulos se comunicam.

Com relação ao suporte as LANs tradicionais (legadas) o chassi deve suportar módulos ethernet com alta densidade de portas por slot. Os módulos de switch ethernet devem possuir no mínimo 12 portas 10BaseT com conectores RJ-45. A possibilidade de crescimento no mesmo módulo ou ainda a instalação de portas 10BaseFL ou 100BaseTX ou FX também agregaria ao projeto. A comunicação dos módulos de LAN com a rede ATM deve ser implementada através do backplane. O compartilhamento de várias tecnologias é fundamental tanto no equipamento central quanto nos departamentais. Além de ter slots disponíveis é fundamental ter uma densidade de portas elevada que permita uma otimização dos slots e de custo.

Outra característica importante do SWITCH ATM é a capacidade de roteamento interno de VLANs, o que dispensa o uso de um roteador externo para realizar tal função, o que seria uma degradação do desempenho da rede como um todo. Esta característica é um dos principais pontos do projeto. Quando se adota ATM para solução de rede, a utilização de VLANs é praticamente mandatória, sendo que cada

VLAN possui endereços distintos, mas mesmo assim precisam se comunicar. Essa comunicação entre VLANs exige funções de roteamento. Quando esse roteamento de VLANs é implementado internamente ao equipamento, é garantido um desempenho superior, bem como uma economia financeira em relação a utilização de um roteador externo, além do item segurança, visto que o switch ATM já possui todos os requisitos relativos a este item.

É essencial um amplo suporte a módulos de interfaces variadas como ATM WAN (E1), suporte a integração de PBX digital, distribuição de vídeo, etc. Como um estágio seguinte da evolução da rede, a UFAC poderá adotar uma solução de voz integrada com a rede campus. Desde já estará capacitada para isto.

As interfaces ópticas das portas ATM deverão ser conformantes com os standards do ATM Forum (ATM UNI 3.0 ou UNI 3.1). É de fundamental importância a aderência aos padrões de mercado, e no caso de ATM a entidade responsável pela padronização é o ATM Forum (conforme visto anteriormente). O switch ATM deverá suportar as categorias de serviço UBR, CBR, VBR e ABR. Um das principais razões da criação e utilização das redes ATM é a capacitação para utilização de aplicações que integram vídeo. Mesmo que a UFAC não utilize de imediato tais aplicações é essencial que todos os padrões e tipos de categorias de Qualidade de serviço (QoS) (visto anteriormente) estejam presentes na solução.

A interface de conexão ATM entre switches deverá suportar as recomendações do ATM Forum para a interface IISP e P-NNI fase 1. O padrão definido pelo ATM Forum para interoperabilidade entre equipamentos de fabricantes diferentes especificado pelo ATM Forum mais recentemente é o PNNI fase 1. É vital essa especificação.

Interfaces ATM: 25 Mbps, 155Mbps e 622Mbps. É fundamental a possibilidade ampla de interfaces ATM, endereçando o benefício de escalabilidade. A utilização da velocidade certa para a função certa.

#### Configuração / Interfaces:

- . 8 portas ATM 155Mbps MMF (SC).
- . 12 portas Ethernet 10BaseT (RJ45) switched.
- . 9 portas Ethernet 10BaseFL (ST) switched.
- . Crescimento possível (32 portas ATM 155Mbps ou 8 portas ATM 622Mbps ou 76 portas ethernet switched (10BaseT).
- . LES/BUS e Roteamento de VLANs interno ao chassi.
- . Switch engine (mínimo ): 5 Gbps - Backplane : 20Gbps

### 8.2.1.9. HUBs Empilháveis Ethernet

Os hubs padrão Ethernet utilizados nesse projeto possuem 16 portas Ethernet 10Base-T RJ45 cada e devem permitir empilhamento até dez unidades, possibilitando sua expansão até 160 portas, sem repetição de sinal. Os hubs considerados devem ser gerenciáveis via protocolo SNMP e ter a capacidade de gerenciar os demais montados na mesma pilha.

Os hubs devem possuir ainda uma 17ª porta de expansão de fibra ótica (padrão 10BaseFL - conectores ST) para ligação a portas dos switches.

### 8.2.1.10. O Switch Ethernet ATM departamental

Nas localidades Laboratório de Informática, Blocos I e II principais concentrações de Administração de Departamentos Acadêmicos, optamos por dimensionar um switch Ethernet, disponibilizando a função de uplink.

Trata-se de equipamento de comutação ethernet que deve possuir portas tanto em par trançado (10BaseT) como em fibra ótica (10BaseFL) para ligação de hubs do mesmo bloco e blocos próximos respectivamente. O total de 8 (oito) portas ethernet é suficiente. O switch do Laboratório de Informática, devido a maior densidade de pontos internos, não necessita de portas ethernet em fibra.

Cumpramos salientar que esse equipamento deve possuir roteamento interno IP de forma a reduzir broadcast entre segmentos de rede (melhorando o desempenho da rede) e também possuir extenso suporte a VLANs.

Configuração / Interfaces:

- .4 portas Ethernet 10BaseFL (ST)
- .4 portas Ethernet 10BaseT (RJ45)
- .1 portas ATM 155Mbps MMF (SC) de uplink para ligação ao switch ATM central.
- . Suportam gerenciamento RMON, SNMP e MIB II.
- . Possibilitam inserção de portas Fast Ethernet.
- . Suportam roteamento interno IPX e IP
- . Permitir a criação de VLANs através das seguintes políticas: porta física, MAC Address, Protocolo e endereço da camada 3.

### 8.2.1.11. Estudo do Ambiente

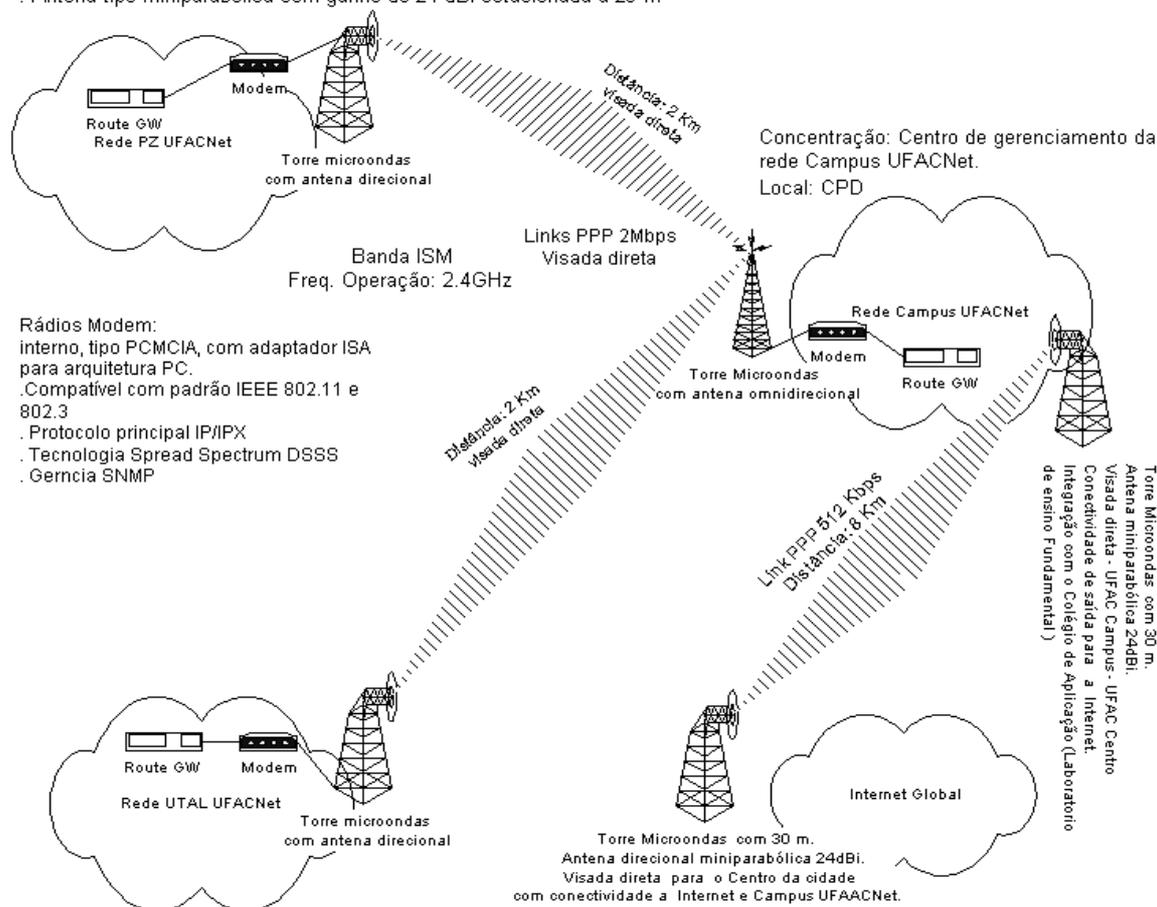
Este tópico fornece ao projeto informações detalhadas de todo o ambiente que envolve os enlaces de rádio proporcionando melhor controle em cima da estrutura de comunicação que fazem parte da estrutura de redes ou backbone da Instituição.

Parque Zoológico:

Centro avançado de pesquisa da UFAC, inserido no centro da reserva florestal do Campus Universitário.

Unidades internas:

- . Herbário
- . Viveiro de mudas de plantas regionais
- . Mini-Zoológico
- . Laboratórios
- . Estrutura administrativa
- . Rede local: Padrão Ethernet 10BaseT, com 40 estações
- . Estrutura da torre compatível com as especificações (segurança, sinalizador, aterramento, etc)
- . Altura da Torre: 30 m
- . Antena tipo miniparabólica com ganho de 24 dBi estacionada a 29 m



UTAL - Unidade de Tecnologia de Alimentos:

Centro avançado de pesquisa da UFAC, inserido no extremo norte do Campus Universitário. Forma de acesso: externo ao Campus, pela BR-364 cortando toda frente do Campus Universitário.

Unidades internas:

- . Laboratório avançado de Análise Físico-Química de alimentos
- . Estrutura administrativa
- . Sala de aula
- . Unidade de armazenamento de alimentos

- . Rede local: Padrão Ethernet 10BaseT, com 10 estações
- . Estrutura da torre compatível com as especificações (segurança, sinalizador, aterramento, etc)
- . Altura da Torre: 30 m
- . Antena tipo miniparabólica com ganho de 24 dBi estacionada a 29 m

FIGURA 43: Estrutura de rádio do backbone Campus UFACNet

#### **8.2.1.11.1. Definição da Área de Cobertura**

Devemos especificar qual será a abrangência da área de cobertura ou célula, em que o enlace deverá atender. Trata-se de um links do tipo ponto a ponto, externo ao Campus da Universidade apontando para o prédio da UFAC no centro da cidade, distante aproximadamente 8 Km, e também, dois links do tipo ponto multi-ponto, todos permitindo facilmente visada direta e limpa sem obstáculos, entre as unidades da Universidade, com uma especificação básica de antena com ganhos de 24 dBi, bastando para ter eficiente lóbulos laterais estreitos e com ganho suficiente para cobrir a distâncias entre as unidades que fica próximo de 2 Km, dentro da faixa de potência ideal tanto para não espalhar demais o sinal como para permitir eficiência na qualidade do sinal no receptor e transmissor. A preocupação fica por conta do ponto omnidirecional, equipado com uma antena multidirecional que por estar recebendo e ransmitindo para antenas com ganho de 24 dBi, precisamos inserir amplificador para equiparar os sinais de recepção e transmissão.

#### **8.2.1.11.2. Definição do Perfil de Tráfego**

Nesta tarefa deveremos especificar o tipo de tráfego da rede, taxas de throghput, tipos de serviços a serem oferecidos e protocolos. No caso específico em que estamos tratando, este tráfego é bastante comum, onde as duas redes estão baseadas na plataforma de sistemas operacionais Linux e Windows com protocolo TCP/IP para conectividade com Internet/Intranet. Com base neste ambiente, achamos que um enlace com velocidade de 2 Mbps para througput atende satisfatoriamente ao ambiente corporativo o qual restringe-se a um tráfego essencialmente de dados (pacotes IPs) em cima de tecnologia Internet.

#### **8.2.1.11.3. Localização das Estações-Rádio**

Deveremos especificar a localização física e seus ambiente devidamente preparados e climatizado com infra-estrutura mínima para hospedar a estação rádio a qual, pode ter características de um servidor de serviços ou comunicação da rede. Especificamos para este caso, nos links dentro do Campus da Universidade, equipamentos de rádio do tipo interno, padrão de cartões PCMCIA com placas adaptadoras padrão PCI para plataforma de sistemas computacionais PC Intel. As salas estão com infra-estrutura adequada como isolamento térmico, ar condicionado, imunizada contra partículas de poeiras, insetos etc. A estrutura de torres, está adequada de acordo com as características de segurança, sendo torres do tipo estaiadas, com altitude de 30 metros, sinalizadas, com aterramento, e bandeja para a antena estacionada a 28 metros. O cabeamento está baseado em cabo coaxial tipo RGC 213 de 50 Ohms. Estas estruturas estão localizadas: na sede do Parque Zoobotânico e na Unidade de Tecnologia de Alimentos, ambas apontando para a estrutura central, localizada no CPD (Centro de Processamento de Dados) da Universidade, onde, abriga o controle geral de toda a rede UFACNet.

#### **8.2.1.11.4. Medidas de Campo**

Esta tarefa compreende o levantamento físico do ambiente, seguindo de medidas necessárias a atender as especificações do projeto de enlace de rádio como: identificação da visada limpa e direta, podendo ser necessário efetuar cortes de árvores, podas, conseguir autorizações para, se necessário, entrar em áreas particulares para possíveis instalações ou manutenções em torres ou repetidores, etc. É importante também estudar a área que deverá ser atendida juntamente com o plano diretor da cidade para verificar as possíveis localizações de prédios, coleta de alturas máximas permitidas na área de cobertura, previsões para o futuro, comportamento do ambiente da vizinhança, etc.

Neste caso, quando estacionamos as antenas na altura de 28 metros, não foi necessário tomar nenhuma medida de acomodação. A partir do plano diretor da cidade, não consta nenhum impedimento na implantação do link ponto a ponto com distância de 8 Km de visada direta, ligando o Campus Universitário com a sede da UFAC no centro da cidade.

#### **8.2.1.11.5. Equipamentos Selecionados**

Devemos a partir deste momento, especificar os equipamentos necessário para atender as demandas e características estabelecidas no projeto, descrevendo os tipos e famílias de equipamentos com suas características a fim de levantar uma tabela de prováveis aquisições em cima da difícil equação custo/benefício para a Instituição. Este levantamento encontra-se no anexo D, tomando como base as características de fabricantes com assistência total no Brasil e que tem excelente nível de qualidade.

De acordo com avaliação mercadológica devemos optar pelas soluções Lucent ORINOCO, na qual atende perfeitamente as necessidades e possui uma base sólida de assistência técnica no Brasil. Esta família está completamente compatível com o padrão IEEE 802.11.

#### **8.2.1.12. Visões Conclusivas**

Atualmente, as oportunidades e também a necessidade de modernização operacional são incontestáveis. Com teorias que chegam e que saem como o downsize, re-hierarquização, re-engenharia e outras, é natural que as remodelagens mais sensacionais passem a acontecer daqui para a frente.

É evidente que quem acessa a internet, e não são poucos, conhece o seu lado popular, como sites sobre lazer, shopping, cultura, etc. As Intranets tem a ver com os sistemas corporativos de informações, que também podem ser acessados via Internet. As empresas descobriram que podem criar redes como a Internet, porém privadas, que

cumprem o papel de conectar entre escritórios, filiais, departamentos, clientes, etc, mesclando com segurança, as suas redes particulares de informação com a estrutura de comunicações da Internet.

O maior objetivo da uma Intranet é disponibilizar para cada funcionário o acesso fácil e instantâneo às informações através de seu computador; facilitar o desenvolvimento de novas aplicações; formar de maneira mais rápida e eficiente seus recursos humanos; possibilitar maior flexibilidade em cima de uma estrutura organizacional que muitas vezes, é ultrapassada, rígida, improdutiva, centralizada e autoritária. Com a intranet, a tendência é criar um fluxo interno de informações mais rápido com o mínimo de custo, tempo e esforço, liberando burocracias, formulários em papéis, etc. Em métodos tradicionais de administração, são baseados em papéis e pessoas, utilizando documentos escritos, envelopes, ofícios, faxes, telefonemas via ramais internos, etc, são caros, lentos e improdutivos. A abordagem recente, utiliza os serviços de correio eletrônico e produtos de comunicação entre grupos de trabalho (groupware), sendo mais versáteis, rápidos, possuem menor custo e relativamente fáceis de utilizar.

## CAPÍTULO IX

### Conclusões

O avanço da tecnologia ao longo dos anos, transformou as grandes máquinas em pequenos computadores de mesa. À medida em que as pessoas iam sentindo a necessidade de reduzir custos e compartilhar informações de maneira mais rápida, surgiram as Redes de Computadores.

As Redes de Computadores são formadas por estações ou nós conectados entre si que se comunicam obedecendo padrões e topologias que garantem uma comunicação eficiente entre as máquinas.

As redes trouxeram benefícios tais como:

- compartilhamento de arquivos e periféricos;
- acessos a base de dados comum;
- redução nos custos;
- maior produtividade;
- envio de mensagens utilizando correio eletrônico;
- menor taxa de redundância dos dados;
- armazenamento centralizado das informações;
- melhor gerenciamento dos dados;
- entre outros.

Hoje, as empresas não pensam apenas em conectarem seus equipamentos para um uso interno, fechado. Tudo caminha para a interconectividade, onde as redes locais se tornam subredes (subconjuntos) de uma rede maior.

Enquanto o usuário puder operar seu micro de forma fixa, em seu escritório, por exemplo, as redes cabeadas constituirão uma boa escolha. A partir do momento em que o usuário necessitar de mobilidade, não possuindo um local fixo para exercer suas atividades, as redes cabeadas poderão se tornar uma restrição.

Uma solução viável para isto, poderia ser a utilização de equipamentos conectados por meio de uma Rede sem Fio.

Atualmente, na cidade de Aracajú existe uma situação real de utilização da técnica eficiente de integrar redes de computadores através de enlaces de rádio frequência permitindo assim, conexão com a Internet. Trata-se da empresa NetDados está trabalhando com uma solução de integração entre empresas oferecendo acesso dedicado à Internet para redes corporativas baseado no IP Broadband Wireless Local Loop (IBWLL), solução proprietária da empresa israelense BreezeCom onde permite oferta de enlaces de rádio com velocidades de até 3 Mbps.

A idéia da comunicação sem fio vem desde 1901, quando o físico italiano Guglielmo Marconi, utilizando-se dos códigos telegráficos da época para comunicação por meio de fios e, de um aparelho criado pelo físico alemão Heinrich Hertz capaz de

irradiar e receber energia, inventou o telégrafo sem fio que transmitia informações de um navio para o litoral através de código Morse.

A utilização de redes sem fio pode trazer muitas vantagens a seus usuários sendo aplicada de diversas maneiras.

As redes sem fio e a computação móvel possuem uma relação bastante estreita, porém, contam com algumas diferenças. Computadores portáteis podem ser conectados por fios e computadores sem fio podem não ser portáteis. Podemos então, dizer que temos uma computação móvel quando existirem equipamentos que podem ser transportados para qualquer lugar capazes de transmitir e receber informações utilizando fios ou não. As redes sem fio fornecem comunicação entre equipamentos fixos e móveis através de antenas transmissoras e receptoras de dados deixando de lado a cara estrutura de cabeamento.

As redes sem fio são mais fáceis de instalar, modificar, possuem flexibilidade com relação a suporte, mobilidade, são mais baratas entre outras características.

Segundo o futurólogo e pesquisador da IBM na Califórnia - EUA, o brasileiro Jean Paul Jacob, euforicamente em suas palestras tem um ponto de vista bastante entusiasta e confiante nas tecnologias utilizando de acessos sem fio, achando que existe uma tendência de multiplicar o emprego dessa tecnologia. Podemos adivinhar o futuro? Provavelmente não (até o momento) mas, não é necessário uma bola de cristal para ver que através das ações de P&D e de C&T, para onde estamos indo. Com certeza aposto nas previsões de Jacob como:

- . Multiplicar em grandes escalas o emprego de tecnologias sem fio, abrangendo voz, dados, imagens, etc

- . P& D (Pesquisas e Desenvolvimento) devem crescer. Existem infinitas frequências que devem ser estudadas, ampliadas e empregadas a novos produtos.

- . Efeitos colaterais: é um ponto pouco explorado, e que na verdade até o momento, não sabemos exatamente o mal provavelmente provocado ao ser humano exposto a cada vez mais faixas de frequências.

- . BlueTooth: tecnologia que já está despontando com a finalidade de eliminação dos fios em equipamentos como PC's, impressoras, scanners, etc .

- . Bluetooth é uma tecnologia que funciona por radio frequência de sinais em um raio de 5 metros. Acredita ele, que brevemente, todos os equipamentos terão incorporados bluetooth e não precisará de um monte de fios para conectar um sistema de computação, por exemplo. (PC's, câmeras digitais, impressoras, notebooks, celulares, PDA's, Pagers, etc ...).

- . Wearable Computers (computadores vestíveis), equipamentos incorporados em roupas e acessórios que através de microfones e pontos acústicos embutidos, óculos tridimensionais etc, devem oferecer acesso à Internet, telefonia celular, agendas,

transações eletrônicas, serviços, conteúdos, comércio, etc , em qualquer lugar que estiver.

Está se tornando realidade, a partir da chegada da terceira geração dos aparelhos de celular (3G Celular), o acesso à rede mundial de computadores – Internet. Isto é possível aplicando o protocolo WAP (Wireless Application Protocol) que aos poucos está tornando-se mais uma sigla conhecida no meio das telecomunicações, uma área que cresce em grandes proporções em todo mundo com as necessidades impostas pelas sociedades de integração global.

O protocolo WAP permite oferecer acesso à e-mail, recebimento de informações, oferta de conteúdos, transações comerciais e bancárias (e-commerce e e-business) e até mesmo navegar na Web, em aparelhos celulares e rádio transceptores digitais.

A partir da aplicação do VoXML, tecnologia desenvolvida pela Motorola, deverá ser possível o celular navegar pela Web. A VoXML é mais um padrão que está aparecendo na Internet o qual constitui-se em uma linguagem como o HTML e que visa criar uma interface de voz para os sites desenvolvidos ou adaptados, permitindo o celular interpretar as páginas da Web, onde será possível “falar” com a rede e “ouvir” as páginas WWW.

A previsão é de que estas tecnologias estejam disponíveis a partir do primeiro semestre deste ano, onde as empresas que já estão apresentando seus aparelhos de celular 3G são: Motorola, Nokia e Ericson. Este deve ser um marco na história da telefonia móvel celular no Brasil, onde as operadoras deverão passar por uma ampla reforma deixando de ser simplesmente uma fornecedora de serviços e passar a ser também uma fornecedora de conteúdos. Neste ponto a palavra chave atualmente é de “parcerias” que devem acontecer entre operadoras de telefonia e empresas de conteúdo Internet, indústrias, comércios e serviços como bancos, pagers, etc.

O tráfego de dados em celulares devem chegar a faixas de transferências em torno de 64 Kbps e sua filosofia de uso, não é tornar o celular um “modem” e sim um equipamento que oferece serviços, conteúdos, e-mail, acesso a Web, transações bancárias, compras, agenda, fax, etc, incorporando inclusive as funções dos conhecidos PDA’s (Personal Digital Assistant), como os Palm por exemplo.

WAP é uma tecnologia que foi concebida e desenvolvida pelas companhias: Motorola, Nokia, Ericson e Unwired Planet.

No Brasil, já existe serviços sendo oferecidos via telefones celulares como e-mail, recebimento de mensagens, transações comerciais e bancárias. O pioneirismo no Brasil está às mãos da Telemig Celular em parceria com a operadora de Pager PageCell da StarMedia. O objetivo é oferecer acesso total à Internet utilizando o WAP.

A PSINet, empresa de Internet provedora presente no Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte, está oferecendo acesso wireless apenas para empresas com links de

acesso de até 128 Kbps, com um raio de cobertura de 7,3 quilômetros via ondas de rádio.

A também gigante da Internet, Yahoo! , lançou seu serviço de acesso móvel (Yahoo Mobile Service) que possibilita Palmtops receberem conteúdos de sites na Internet. O serviço é compatível com Palms e Windows CE.

## 10. Referências Bibliográficas

- 2WO 00 2º Workshop de Comunicação Sem Fio – Anais 2000. 18º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. SBRC 2000. UFMG / ICEx / DCC. Belo Horizonte – MG. Maio, 2000.
- ALV 92 ALVES, Luiz. Comunicação de Dados. Makron e McGraw-Hill, São Paulo, 1992.
- BAM 93 BAMBIRRA, Paulo. Antenas de TV. VHF – UHF – Parabólica. Editora Fittipaldi, Número 1, 1993.
- BAT 94 BATES, Regis J. e Bud Bates. Wireless Networked Communication: Concepts, Technology and Implementation. McGrawHill, 1994.
- BIN 00 BING, Benny. High-Speed Wireless ATM & LANs. Artech House. Jan 2000.
- BLA 00 BLACK BOX. Catálogo Edição 2000 . The World's Source for Cabling and Network Connectivity.
- BRI 99 BRICEÑO, José. Teoria Basica de la Dispersion de Espectro (Spread Spectrum). Tutorial - Laboratório de Comunicaciones. Universidad de los Andes. Merida, Venezuela, 1999.
- CER 97 CEREDA, Ronaldo Luiz Dias; et al. ATM: O Futuro das Redes. São Paulo, Makron Books: Brisa, 1997.
- DAY 97 DAYEM, Rifaat A. Mobile Data and Wireless LAN Technologies. Prentice-Hall, 1997.
- DER 00 DEROSE, James F. Wireless Data Handbook. John Wiley. Fev 2000.
- DOD 97 DODD, A. Z. The Essential Guide to Telecommunications. – Upper Saddle River: Prentice-Hall PTR, 1997.
- EST 81 ESTEVES, Luiz Claudio. Antenas: Teoria Básica e Aplicações. Ed. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, 1981.
- FEH 95 FEHER, Kamilo. Wireless Digital Communications: Modulation & Spread Spectrum Applications. Prentice Hall, Maio 1995.
- GAS 99 GASPARINI, Anteu Fabiano L., et. al. Projetos para Redes Metropolitanas e de Longa Distância – MAN, Campus e WAN Backbone Designer. São Paulo. Ed. Érica, 1999.
- GEI 96 GEIER, Jim. Wireless Networking Handbook. New Riders Publishing, 1996.

- GEI 99 GEIER, Jim. Wireless LANs: Implementing Interoperable Networks. Macmillan Technical Publishing, Jan 1999.
- GIB 98 GIBILISCO, Stan. Handbook of Radio and Wireless Technology. McGrawHill, 1998.
- GOM 85 GOMES, Alcides Tadeu. Telecomunicações: transmissão e recepção AM – FM: Sistemas pulsados. Ed. Érica, 2ª ed. São Paulo, 1985.
- IBG 99 IBGE. Boletins e Resoluções da Superintendência do Acre. 1998/1999.
- INF 99 INFOEXAME. Revista nº 165, Dezembro/1999.
- INT 99 INTERNET.BR. Revista nº 43, Dezembro/1999.
- INTB 00 INTERNET BUSINESS. Revista nº 29, Janeiro/2000.
- LAR 96 LARSON, Lawrence E. e Lawrence A. Larson. RF and Microwave Circuit Design for Wireless Communications. Artech House. Fev 1996.
- LU 98 LU, C. The Race for Bandwidth: Understanding Data Transmission. Redmond: Microsoft Press, 1998.
- MON 95 MONTORO, Fábio de Azevedo. MODEM: Você precisa dele para navegar nas redes de computadores. Ed. Érica, 4ª ed. São Paulo, 1995.
- MUL 95 MULLER, Nathan J. e Linda Lee Tyke. Wireless Data Networking. Artech House, Janeiro 1995.
- NET 94 NETO, Vicente Soares. Transmissão Via Satélite: Um conceito sobre sistemas. São Paulo, Ed. Érica, 1994.
- NET 99 NETO, Vicente Soares et al. Telecomunicações: Sistemas de Propagação e Rádio Enlace. São Paulo, Ed. Érica, 1999.
- NEW 98 NewsGeneration / RNP. As Tecnologias de Redes Wireless. v. 2, n. 5. Maio 1998.
- PAH 95 PAHLAVAN, Kaveh. e Allan H. Levesque. Wireless Information Networks. John Wiley. Jun 1995.
- PEN 98 PENNOCK, S. R. e P. R. Shepherd. Microwave Engineering with Wireless Applications. McGraw Hill, Maio 1998.
- PCW 00 PC WORLD. IDG Brasil. Revista nº 92, Fevereiro/2000.

- RAP 99 RAPPAPORT, Theodore S. e Joseph C. Liberti. Smart Antennas for Wireless Communications. Prentice Hall. Abril 1999.
- REA 98 READ, R. The Essence of Communication Theory. London: Prentice-Hall Europe, 1998.
- SAN 94 SANTAMARIA, A. e F. J. Lopez-Hernandez. Wireless LAN Systems. Artech House. Abril 1994.
- SAU 99 SAUNDERS, Simon R. Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems. John Wiley, Novembro 1999.
- SIL 91 SILVEIRA, Jorge Luiz da. Comunicação de Dados e Sistemas de Teleprocessamento. São Paulo. Makron – McGraw-Hill, 1991.
- SPE 99 SPECIALSKI, Elizabeth. LIMA, Abiel Rocha. SALES, André Barros de. Wireless ou Comunicação Sem Fio. UFSC, 1999.
- SOA 95 SOARES, Luiz Fernando G.; Lemos, Guido; Colcher, Sérgio. Redes de Computadores: Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM. – Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1995.
- SOU 99 SOUSA, Lindeberg Barros de. Redes de Computadores: Dados, Voz e Imagem. São Paulo, Ed. Érica, 1999.
- TAN 96 TANENBAUM, Andrew S. Computer Networks. 3rd. ed. Prentice Hall. 1996.
- TAR 79 TAROUCO, Liane Margarida Rockenback. Redes de Comunicação de Dados. Ed. LTC, 2ª ed. Rio de Janeiro, 1979.
- WAL 97 WALDMAN, Hélio. e Michel Daoud Yacoub. Telecomunicações: Princípios e Tendências. 3. ed. São Paulo, Ed. Érica, 1997.
- WEN 96 WENIG, Raymond P. Wireless LANs. London, AP Professional, 1996.

### 10.1. Referências na Internet

	Descrição / URL	Data
01.	BreezeCOM - Technical Tutorials. <a href="http://www.breezecom.com">http://www.breezecom.com</a>	Maio /1999
02.	INET'98. Conferência Anual da "Internet Society". <a href="http://www.inexo.com.br/~danton/inet98/index.html">http://www.inexo.com.br/~danton/inet98/index.html</a>	Maio /1999
03.	WLI Forum. <a href="http://www.wlif.com">http://www.wlif.com</a>	Maio /1999
04.	NewsGeneration. RNP. <a href="http://www.rnp.br/newsgen/atual/wireless.shtml">http://www.rnp.br/newsgen/atual/wireless.shtml</a>	Maio /1999
05.	A Tecnologia Spread Spectrum. <a href="http://www.cernet.com.br/tutoriais/spread.html">http://www.cernet.com.br/tutoriais/spread.html</a>	Junho /1999
06.	Comunicações Móveis. <a href="http://www.gta.ufrj.br/~andreamb/com_mov/com_mov.html">http://www.gta.ufrj.br/~andreamb/com_mov/com_mov.html</a>	Junho /1999
07.	Trabalho sobre Equipamentos de Interconexão de Redes. Florianópolis,1998. <a href="http://www.inf.ufsc.br/~jefepist/ine6401/joao_e_agosto/equipamentos.html">http://www.inf.ufsc.br/~jefepist/ine6401/joao_e_agosto/equipamentos.html</a>	Junho /1999
08.	Portaria e Anexo do Ministério das Comunicações que regulamentam o uso do espalhamento espectral no Brasil. <a href="http://www.inexo.com.br/portaria.html">http://www.inexo.com.br/portaria.html</a>	Junho /1999
09.	IP Móvel <a href="http://www.eee.ufg.br/~lguedes/pfl/o_projeto.htm">http://www.eee.ufg.br/~lguedes/pfl/o_projeto.htm</a>	Junho /1999
10.	INOVAR <a href="http://www.inovar.com.br">http://www.inovar.com.br</a>	Junho /1999
11.	Tutorial SDH <a href="http://www.eee.ufg.br/~lguedes/sdh1-1.html">http://www.eee.ufg.br/~lguedes/sdh1-1.html</a>	Junho /1999
12.	Overview of the Global System for Mobile Communications URL: <a href="http://www.ccnga.uwaterloo.ca/~iscouria/GSM/gsmreport.html">http://www.ccnga.uwaterloo.ca/~iscouria/GSM/gsmreport.html</a>	Junho /1999
13.	EMBRATEL <a href="http://www.embratel.com.br/tecnologia/radio/radio.html">http://www.embratel.com.br/tecnologia/radio/radio.html</a>	Junho /1999
14.	WaveLAN <a href="http://www.wavelan.com">http://www.wavelan.com</a>	Junho /1999
15.	Tecnodata Network Solution Provider <a href="http://www.tecnodatanet.com.br/historia.htm">http://www.tecnodatanet.com.br/historia.htm</a>	Julho /1999
16.	ReMet – Campinas <a href="http://www.unicamp.br/cgi/remet-campinas/Aspectos_Relevantes.html">http://www.unicamp.br/cgi/remet-campinas/Aspectos_Relevantes.html</a>	Julho /1999
17.	Grupo de Discursão Wireless BR <a href="http://www.egroups.com/group/wirelessbr/info.html">http://www.egroups.com/group/wirelessbr/info.html</a>	Julho /1999
18.	Lucent Technologies <a href="http://www.lucent.com.br">http://www.lucent.com.br</a> <a href="http://www.lucent.com">http://www.lucent.com</a> <a href="http://www.lucent.com/wirelessnet/story">http://www.lucent.com/wirelessnet/story</a>	Julho /1999
19.	Laboratórios Bell <a href="http://www.belllabs.com">http://www.belllabs.com</a>	Outubro /1999

- |     |   |                   |
|-----|---|-------------------|
| 20. | PROXIM Company<br><a href="http://www.proxim.com/">http://www.proxim.com/</a>   | Outubro<br>/1999  |
| 21. | Intermec Technologies Corporation<br><a href="http://www.intermec.com/index2.htm">http://www.intermec.com/index2.htm</a>  | Outubro<br>/1999  |
| 22. | Interoperability Lab Tutorials<br><a href="http://www.iol.unh.edu/training/index.html">http://www.iol.unh.edu/training/index.html</a>   | Outubro<br>/1999  |
| 23. | NORTEL NETWORKS<br><a href="http://www.netwave-wireless.com">http://www.netwave-wireless.com</a><br><a href="http://www.nortelnetworks.com.br">http://www.nortelnetworks.com.br</a> | Outubro<br>/1999  |
| 24. | WLAN Association<br><a href="http://www.wlana.com">http://www.wlana.com</a>   | Outubro<br>/1999  |
| 25. | 3COM do Brasil<br><a href="http://www.3com.com.br">http://www.3com.com.br</a>   | Dezembro<br>/1999 |
| 26. | NASA – Agência Aeroespacial Norte Americana<br><a href="http://www.nasa.gov">http://www.nasa.gov</a>  | Dezembro<br>/1999 |
| 27. | NetDados – ISP<br><a href="http://www.netdados.com.br">http://www.netdados.com.br</a>   | Janeiro<br>/2000  |
| 28. | ImpSat<br><a href="http://www.impsat.com.br">http://www.impsat.com.br</a>   | Janeiro<br>/2000  |
| 29. | ComSat<br><a href="http://www.comsat.com.br">http://www.comsat.com.br</a>   | Janeiro<br>/2000  |
| 30. | Unimicro – ISP<br><a href="http://www.unimicro.com.br">http://www.unimicro.com.br</a>   | Janeiro<br>/2000  |
| 31. | Motorola<br><a href="http://www.motorola.com.br">http://www.motorola.com.br</a>   | Janeiro<br>/2000  |
| 32. | Nokia<br><a href="http://www.nokia.com">http://www.nokia.com</a>  | Janeiro<br>/2000  |
| 33. | Ericsson<br><a href="http://www.ericsson.com">http://www.ericsson.com</a>   | Janeiro<br>/2000  |
| 34. | Telemar / Telemig<br><a href="http://www.telemar-mg.com.br/minas/index.htm">http://www.telemar-mg.com.br/minas/index.htm</a>  | Janeiro<br>/2000  |
| 35. | Comunicação Celular e Satélite<br><a href="http://www.inf.ufsc.br/~jefepist/ine6403/marcus/">http://www.inf.ufsc.br/~jefepist/ine6403/marcus/</a>                                   | Janeiro<br>/2000  |
| 36. | Sinais em comunicação de dados: Rádio enlace<br><a href="http://www.inf.ufsc.br/~jefepist/ine6403/joao_e_agosto/">http://www.inf.ufsc.br/~jefepist/ine6403/joao_e_agosto/</a>       | Janeiro<br>/2000  |
| 37. | Codificação e transmissão do sinal<br><a href="http://www.inf.ufsc.br/~jefepist/ine6403/jose_ademar/">http://www.inf.ufsc.br/~jefepist/ine6403/jose_ademar/</a>                     | Janeiro<br>/2000  |
| 38. | Características dos codificadores de voz<br><a href="http://www.inf.ufsc.br/~jefepist/ine6403/seara/">http://www.inf.ufsc.br/~jefepist/ine6403/seara/</a>                           | Janeiro<br>/2000  |
| 39. | SIAM – Sistemas de Informação em Ambientes de Computação Móvel<br><a href="http://www.dcc.ufmg.br/siam/intro.html">http://www.dcc.ufmg.br/siam/intro.html</a>                       | Janeiro<br>/2000  |
| 40. | BLACK BOX<br><a href="http://www.blackbox.com.br">http://www.blackbox.com.br</a>  | Janeiro<br>/2000  |
| 41. | CERNET Tecnologia e Sistemas Ltda.<br><a href="http://www.cernet.com.br">http://www.cernet.com.br</a>   | Janeiro<br>/2000  |
| 42. | Grupo de Trabalho IEEE 802.11<br><a href="http://grouper.ieee.org/groups/802/11">http://grouper.ieee.org/groups/802/11</a>  | Janeiro<br>/2000  |

- |     |   |                |
|-----|---|----------------|
| 43. | Harris Corporation<br><a href="http://www.harris.com">http://www.harris.com</a>   | Março<br>/2000 |
| 44. | Depósito de Dados da IEEE sobre o Padrão 802.11<br><a href="ftp://stdbbs.ieee.org/pub/802_main/802.11">ftp://stdbbs.ieee.org/pub/802_main/802.11</a>  | Março<br>/2000 |
| 45. | Institute of Electrical and Electronics Engineers<br><a href="http://www.ieee.org">http://www.ieee.org</a>  | Março<br>/2000 |
| 46. | Federal Communications Commission<br><a href="http://www.fcc.gov">http://www.fcc.gov</a>  | Março<br>/2000 |
| 47. | Revista PC Magazine<br><a href="http://www.pcmag.com">http://www.pcmag.com</a>  | Março<br>/2000 |
| 48. | Fundação CPqD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em<br>Telecomunicações<br><a href="http://www.cpqd.com.br">http://www.cpqd.com.br</a>  | Março<br>/2000 |
| 49. | Cisco System Inc.<br><a href="http://www.cisco.com">http://www.cisco.com</a><br><a href="http://www.aironet.com/">http://www.aironet.com/</a>   | Março<br>/2000 |
| 50. | Wireless Ethernet Compatibility Aliance<br><a href="http://www.wirelessethernet.org">http://www.wirelessethernet.org</a>  | Março<br>/2000 |
| 51. | Apple<br><a href="http://www.apple.com/airport/">http://www.apple.com/airport/</a>  | Março<br>/2000 |
| 52. | Compaq Company<br><a href="http://www.compaq.com">http://www.compaq.com</a>   | Março<br>/2000 |
| 53. | RadioLAN Company<br><a href="http://www.radiolan.com">http://www.radiolan.com</a>   | Março<br>/2000 |
| 54. | Universidade Federal do Rio Grande do Sul<br><a href="http://www.penta.ufrgs.br/redes.94-2/lisianeh/wireless.html">http://www.penta.ufrgs.br/redes.94-2/lisianeh/wireless.html</a><br><a href="http://penta2.ufrgs.br/Liane/palestras/tecred">http://penta2.ufrgs.br/Liane/palestras/tecred</a><br><a href="http://www.penta.ufrgs.br/">http://www.penta.ufrgs.br/</a><br><a href="http://www.inf.ufrgs.br">http://www.inf.ufrgs.br</a> | Abril<br>/2000 |
| 55. | The Wireless InterNet Inc.<br><a href="http://www.twin.net/">http://www.twin.net/</a>   | Abril<br>/2000 |
| 56. | Symbionics<br><a href="http://www.symbionic.oc.uk/">http://www.symbionic.oc.uk/</a>   | Abril<br>/2000 |
| 57. | Tecview Informática<br><a href="http://www.tecview.com.br">http://www.tecview.com.br</a>  | Abril<br>/2000 |
| 58. | TradeSys Comercio e Serviços Ltda<br><a href="http://www.tradesys.com.br">http://www.tradesys.com.br</a>  | Abril<br>/2000 |
| 59. | Turma Aguia – Aviadores da Aeronáutica<br><a href="http://www.turma-aguia.com">http://www.turma-aguia.com</a><br><a href="http://www.turma-aguia.com/davi/">http://www.turma-aguia.com/davi/</a><br><a href="http://www.turma-aguia.com/davi/ss/ss_tec.htm">http://www.turma-aguia.com/davi/ss/ss_tec.htm</a>   | Abril<br>/2000 |
| 60. | Radio Connect Corporation<br><a href="http://www.radioconnect.com">http://www.radioconnect.com</a>  | Abril<br>/2000 |
| 61. | NEC do Brasil<br><a href="http://www.nec.com.br/wireless.html">http://www.nec.com.br/wireless.html</a>  | Abril<br>/2000 |
| 62. | Tributo ao Padre Landell de Moura<br><a href="http://www.geocities.com/Athens/Olympus/4133/index.html">http://www.geocities.com/Athens/Olympus/4133/index.html</a>  | Abril<br>/2000 |

63. FEPLAM – Fundação Educacional e Cultural Padre Landemm de Moura  
<http://www.feplam.com.br> Abril /2000
64. Transmissão de dados em redes de computadores sem fio  
<http://www.inf.ufsc.br/~jefepist/ine6403/andreb> Abril /2000
65. Wireless ATM  
[http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-95/wireless\\_atm/index.html](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-95/wireless_atm/index.html) Abril /2000
66. RF GlobalNet  
<http://rf.rfglobalnet.com/library/home.htm> Abril /2000
67. Network World Telecom  
[http://www.uol.com.br/networkworld/networkworld/nwt05/trans\\_01.htm](http://www.uol.com.br/networkworld/networkworld/nwt05/trans_01.htm) Abril /2000
68. Journal of Microwave and Optoeletronis  
<http://jmo.ene.unb.br/indexes/toc.htm> Abril /2000
69. Introdução a Arquitetura de um Sistema WLL  
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Galaxy/8883/WLL/intro.htm> Abril /2000
70. Hierarquia Digital – UFG  
<http://www.eee.ufg.br/~lguedes/sdh.html> Abril /2000
71. Relatório 3G Wireless  
<http://www.alexanderresources.com/reports/3G%20report%20promo%20&%20outline.htm> Abril /2000
72. O ABC do Spread Spectrum – Um Tutorial SS  
<http://www.sss-mag.com/>  
<http://www.sss-mag.com/ss.html> Abril /2000
73. UC – Centro de Informática – Acesso sem fio  
<http://www.ci.uc.pt/ciuc/rsf.htm> Abril /2000
74. California Wireless – Interesting Wireless  
<http://wireless.com/interesting.html> Abril /2000
75. Bluetooth  
<http://www.bluetooth.com> Abril /2000
76. Sirius Communications – CDMA Products  
<http://www.sirius.be/Aplic.htm> Abril /2000
77. Cernet Tecnologias e Sistemas  
<http://www.cernet.com.br/wavelan> Abril /2000
78. First Tech – Produtos Wireless  
[http://www.first-tech.com/cw\\_des.htm](http://www.first-tech.com/cw_des.htm) Abril /2000
79. HomeRF Inthe News  
<http://www.homerf.org/press> Abril /2000
80. UCP – Interligação de Redes Locais Wireless  
<http://atlas.ucpel.tche.br/~bagatini/indexmon.html> Abril /2000
81. Quality of Service in Wireless Networks  
[http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/refs/wqos\\_ref.htm](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/refs/wqos_ref.htm) Abril /2000
82. AT&T Laboratories Cambrige – Radio ATM  
<http://www.cam-ork.co.uk/radio/> Abril /2000
83. Revista REDES - FBNET – A Tecnologia WaveLAN  
<http://www.fbento.pt/red/0298/a01-04-00.shtml> Abril /2000
84. Spread Spectrum Communication  
<http://cobalt.et.tudelft.nl/~glass/ssc/techn/techniques.html> Abril /2000

- |      |  |                |
|------|--|----------------|
| 85.  | TAPR Spread Spectrum<br><a href="http://www.tapr.org/ss/">http://www.tapr.org/ss/</a><br><a href="http://www.tapr.org/tapr/html/Ftaprfhss.html">http://www.tapr.org/tapr/html/Ftaprfhss.html</a>   | Abril<br>/2000 |
| 86.  | CWC – Center for Wireless Communications –<br>UC University of California – San Diego –<br><a href="http://cwc.ucsd.edu/">http://cwc.ucsd.edu/</a>   | Abril<br>/2000 |
| 87.  | Radio LAN<br><a href="http://www.radiolan.com">http://www.radiolan.com</a>   | Abril<br>/2000 |
| 88.  | Mikro Tik Routers & Wireless<br><a href="http://www.mikrotik.com">http://www.mikrotik.com</a>  | Maio<br>/2000  |
| 89.  | Cylink<br><a href="http://www.cylink.com">http://www.cylink.com</a>  | Maio<br>/2000  |
| 90.  | Conifer – Andrew Corp.<br><a href="http://www.conifercorp.com">http://www.conifercorp.com</a><br><a href="http://www.andrew.com/products/broadbandwireless">http://www.andrew.com/products/broadbandwireless</a>                                   | Maio<br>/2000  |
| 91.  | Times Microwave System<br><a href="http://www.timesmicrowave.com">http://www.timesmicrowave.com</a>  | Maio<br>/2000  |
| 92.  | California Amplifier<br><a href="http://www.calamp.com">http://www.calamp.com</a>  | Maio<br>/2000  |
| 93.  | Internet Society – INET 99<br><a href="http://www.isoc.org/inet99/proceedings/4d/index.htm">http://www.isoc.org/inet99/proceedings/4d/index.htm</a>  | Maio<br>/2000  |
| 94.  | Aplicação da tecnologia de agentes móveis no desenvolvimento e<br>gerenciamento de sistemas data mining<br><a href="http://www.inf.ufsc.br/~jbosco/adriana/Madalena/artmada.html">http://www.inf.ufsc.br/~jbosco/adriana/Madalena/artmada.html</a> | Maio<br>/2000  |
| 95.  | SIEMENS<br><a href="http://www.siemens.com">http://www.siemens.com</a><br><a href="http://www.siemens.com.br">http://www.siemens.com.br</a>  | Maio<br>/2000  |
| 96.  | NEWBRIDGE<br><a href="http://www.newbridge.com">http://www.newbridge.com</a>   | Maio<br>/2000  |
| 97.  | GILAT<br><a href="http://www.gilat.com/gilat/">http://www.gilat.com/gilat/</a>   | Maio<br>/2000  |
| 98.  | Modem Express<br><a href="http://www.modemexpress.com">http://www.modemexpress.com</a>   | Maio<br>/2000  |
| 99.  | IBM RedBooks – Wireless LAN Communications<br><a href="http://www.redbooks.ibm.com/">http://www.redbooks.ibm.com/</a>  | Maio<br>/2000  |
| 100. | Wireless LAN/MAN Modem<br><a href="http://hydra.carleton.ca/info/wlan.html">http://hydra.carleton.ca/info/wlan.html</a>  | Maio<br>/2000  |
| 101. | Sierra Wireless<br><a href="http://www.sierrawireless.com">http://www.sierrawireless.com</a>   | Maio<br>/2000  |
| 102. | Digital Wireless Corporation<br><a href="http://www.digital-wireless.com">http://www.digital-wireless.com</a>  | Maio<br>/2000  |
| 103. | InSat Wireless Modem<br><a href="http://www.networkalpha.com/insat.html">http://www.networkalpha.com/insat.html</a>  | Maio<br>/2000  |
| 104. | Inficom – Wireless Broadband<br><a href="http://www.inficom.com">http://www.inficom.com</a>  | Maio<br>/2000  |
| 105. | Wireless Internet Services<br><a href="http://www.wirelesstcp.net/fastest/contact.html">http://www.wirelesstcp.net/fastest/contact.html</a>  | Maio<br>/2000  |

- |      |  |               |
|------|--|---------------|
| 106. | Wireless LAN Networking online<br><a href="http://www.wireless-nets.com">http://www.wireless-nets.com</a>  | Maio<br>/2000 |
| 107. | Alliance Datacom<br><a href="http://www.alliancedatacom.com/wan-manufacturer-products.htm">http://www.alliancedatacom.com/wan-manufacturer-products.htm</a><br><a href="http://www.alliancedatacom.com">http://www.alliancedatacom.com</a> | Maio<br>/2000 |
| 108. | WinnCom Technologies<br><a href="http://www.winncom.com/lanwan.html">http://www.winncom.com/lanwan.html</a>  | Maio<br>/2000 |
| 109. | Asbjorn Hojmark<br><a href="http://www.hojmark.org">http://www.hojmark.org</a><br><a href="http://www.hojmark.org/networking/index.html">http://www.hojmark.org/networking/index.html</a>  | Maio<br>/2000 |
| 110. | SpeedCom<br><a href="http://www.speedlan.com">http://www.speedlan.com</a>  | Maio<br>/2000 |
| 111. | Wireless LAN Resources for Linux<br><a href="http://www.hpl.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/Linux">http://www.hpl.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/Linux</a>  | Maio<br>/2000 |
| 112. | WaveLAN IEEE 802.11 Drivers for Linux<br><a href="http://www.fasta.fh-dortmund.de/user/andy/wvlan/">http://www.fasta.fh-dortmund.de/user/andy/wvlan/</a>   | Maio<br>/2000 |

## Anexo A: Faixas de frequências com os comprimentos de ondas

### Velocidade de Propagação das Ondas

A velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas independe da fonte geradora, pois está relacionada apenas ao comprimento de onda e a frequência utilizada. A velocidade é dada pela fórmula:

$$V = \lambda \cdot f$$

Onde:

- $V$  = velocidade de propagação
- $\lambda$  = comprimento de onda
- $f$  = frequência transmitida

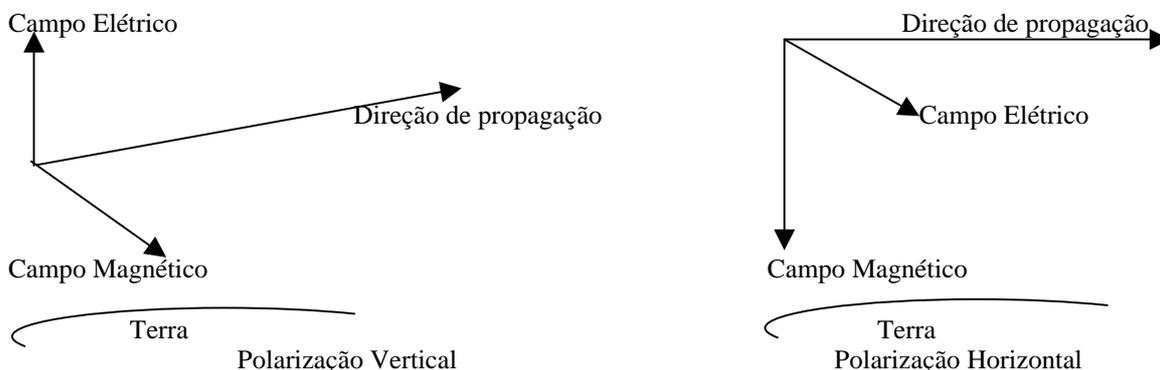
Quando consideramos a transmissão de ondas no vácuo, o valor de  $V$  é constante, sendo igual a velocidade da luz, ou seja,  $3 \times 10^8$  m/seg. Porém quando utiliza-se um outro meio qualquer, a velocidade de propagação irá diminuir, sendo que a relação  $V = \lambda \cdot f$  continua sendo válida.

### Comprimento de Ondas

O comprimento de onda  $\lambda$  corresponde à distância necessária para introduzir uma variação de  $2\pi$  radianos na fase da onda irradiada, tendo relação direta com a frequência, pois esta é o inverso do período de tempo necessário para introduzir a mesma variação de  $2\pi$  radianos na fase da mesma onda.

### Polarização da Onda Eletromagnética

A polarização é a maneira como os campos se orientam no espaço, sendo que ao considerar a direção de propagação paralela à superfície da Terra e o campo elétrico perpendicular a esta, ter-se-á a onda polarizada verticalmente. Analogamente, ao considerar a direção de propagação paralela à superfície da Terra e o campo elétrico paralelo a esta, ter-se-á onda polarizada horizontalmente.



Freq. (KHz)	Comp. de Onda (M)	Nro. de Onda (1 / M)
60,00	5000,00	0,00126
70,00	4285,71	0,00147
80,00	3750,00	0,00168
90,00	3333,33	0,00188
100,00	3000,00	0,00209
110,00	2727,27	0,00230
120,00	2500,00	0,00251
130,00	2307,69	0,00272
140,00	2142,86	0,00293
150,00	2000,00	0,00314
160,00	1875,00	0,00335
170,00	1764,71	0,00356
180,00	1666,67	0,00377
190,00	1578,95	0,00398
200,00	1500,00	0,00419
210,00	1428,57	0,00440
220,00	1363,64	0,00461
230,00	1304,35	0,00482
240,00	1250,00	0,00503
250,00	1200,00	0,00524
260,00	1153,85	0,00545
270,00	1111,11	0,00565
280,00	1071,43	0,00586
290,00	1034,48	0,00607
300,00	1000,00	0,00628
310,00	967,74	0,00649
320,00	937,50	0,00670
330,00	909,09	0,00691
340,00	882,35	0,00712
350,00	857,14	0,00733
360,00	833,33	0,00754
370,00	810,81	0,00775
380,00	789,47	0,00796
390,00	769,23	0,00817
400,00	750,00	0,00838
410,00	731,71	0,00859
420,00	714,29	0,00880
430,00	697,67	0,00901
440,00	681,82	0,00922
450,00	666,67	0,00942
460,00	652,17	0,00963
470,00	638,30	0,00984
480,00	625,00	0,01005

490,00	612,24	0,01026
500,00	600,00	0,01047
510,00	588,24	0,01068
520,00	576,92	0,01089
530,00	566,04	0,01110
540,00	555,56	0,01131
550,00	545,45	0,01152
560,00	535,71	0,01173
570,00	526,32	0,01194
580,00	517,24	0,01215
590,00	508,47	0,01236
600,00	500,00	0,01257
610,00	491,80	0,01278
620,00	483,87	0,01299
630,00	476,19	0,01319
640,00	468,75	0,01340
650,00	461,54	0,01361
660,00	454,55	0,01382
670,00	447,76	0,01403
680,00	441,18	0,01424
690,00	434,78	0,01445
700,00	428,57	0,01466
710,00	422,54	0,01487
720,00	416,67	0,01508
730,00	410,96	0,01529
740,00	405,41	0,01550
750,00	400,00	0,01571
760,00	394,74	0,01592
770,00	389,61	0,01613
780,00	384,62	0,01634
790,00	379,75	0,01655
800,00	375,00	0,01676
810,00	370,37	0,01696
820,00	365,85	0,01717
830,00	361,45	0,01738
840,00	357,14	0,01759
850,00	352,94	0,01780
860,00	348,84	0,01801
870,00	344,83	0,01822
880,00	340,91	0,01843
890,00	337,08	0,01864
900,00	333,33	0,01885
910,00	329,67	0,01906
920,00	326,09	0,01927
930,00	322,58	0,01948
940,00	319,15	0,01969

950,00	315,79	0,01990
--------	--------	---------

Freq. (MHz)	Comp. de Onda (M)	Nro. de Onda (1 / M)
1,00	300,000	0,02094
2,00	150,000	0,04189
3,00	100,000	0,06283
4,00	75,000	0,08378
5,00	60,000	0,10472
6,00	50,000	0,12566
7,00	42,857	0,14661
8,00	37,500	0,16755
9,00	33,333	0,18850
10,00	30,000	0,20944
11,00	27,273	0,23038
12,00	25,000	0,25133
13,00	23,077	0,27227
14,00	21,429	0,29322
15,00	20,000	0,31416
16,00	18,750	0,33510
17,00	17,647	0,35605
18,00	16,667	0,37699
19,00	15,789	0,39793
20,00	15,000	0,41888
21,00	14,286	0,43982
22,00	13,636	0,46077
23,00	13,043	0,48171
24,00	12,500	0,50265
25,00	12,000	0,52360
26,00	11,538	0,54454
27,00	11,111	0,56549
28,00	10,714	0,58643
29,00	10,345	0,60737
30,00	10,000	0,62832
31,00	9,677	0,64926
32,00	9,375	0,67021
33,00	9,091	0,69115
34,00	8,824	0,71209
35,00	8,571	0,73304
36,00	8,333	0,75398
37,00	8,108	0,77493
38,00	7,895	0,79587
39,00	7,692	0,81681
40,00	7,500	0,83776
41,00	7,317	0,85870
42,00	7,143	0,87965
43,00	6,977	0,90059
44,00	6,818	0,92153
45,00	6,667	0,94248
46,00	6,522	0,96342
47,00	6,383	0,98436
48,00	6,250	1,00531
49,00	6,122	1,02625
50,00	6,000	1,04720
51,00	5,882	1,06814
52,00	5,769	1,08908
53,00	5,660	1,11003

54,00	5,556	1,13097
55,00	5,455	1,15192
56,00	5,357	1,17286
57,00	5,263	1,19380
58,00	5,172	1,21475
59,00	5,085	1,23569
60,00	5,000	1,25664
61,00	4,918	1,27758
62,00	4,839	1,29852
63,00	4,762	1,31947
64,00	4,688	1,34041
65,00	4,615	1,36136
66,00	4,545	1,38230
67,00	4,478	1,40324
68,00	4,412	1,42419
69,00	4,348	1,44513
70,00	4,286	1,46607
71,00	4,225	1,48702
72,00	4,167	1,50796
73,00	4,110	1,52891
74,00	4,054	1,54985
75,00	4,000	1,57080
76,00	3,947	1,59174
77,00	3,896	1,61268
78,00	3,846	1,63363
79,00	3,797	1,65457
80,00	3,750	1,67551
81,00	3,704	1,69646
82,00	3,659	1,71740
83,00	3,614	1,73835
84,00	3,571	1,75929
85,00	3,529	1,78023
86,00	3,488	1,80118
87,00	3,448	1,82212
88,00	3,409	1,84307
89,00	3,371	1,86401
90,00	3,333	1,88495
91,00	3,297	1,90590
92,00	3,261	1,92684
93,00	3,226	1,94779
94,00	3,191	1,96873
95,00	3,158	1,98967
96,00	3,125	2,01062
97,00	3,093	2,03156
98,00	3,061	2,05251
99,00	3,030	2,07345
100,00	3,000	2,09439
101,00	2,970	2,11534
102,00	2,941	2,13628
103,00	2,913	2,15723
104,00	2,885	2,17817
105,00	2,857	2,19911
106,00	2,830	2,22006
107,00	2,804	2,24100
108,00	2,778	2,26194

109,00	2,752	2,28289
110,00	2,727	2,30383
111,00	2,703	2,32478
112,00	2,679	2,34572
113,00	2,655	2,36666
114,00	2,632	2,38761
115,00	2,609	2,40855
116,00	2,586	2,42950
117,00	2,564	2,45044
118,00	2,542	2,47138
119,00	2,521	2,49233
120,00	2,500	2,51327
121,00	2,479	2,53422
122,00	2,459	2,55516
123,00	2,439	2,57610
124,00	2,419	2,59705
125,00	2,400	2,61799
126,00	2,381	2,63894
127,00	2,362	2,65988
128,00	2,344	2,68082
129,00	2,326	2,70177
130,00	2,308	2,72271
131,00	2,290	2,74366
132,00	2,273	2,76460
133,00	2,256	2,78554
134,00	2,239	2,80649
135,00	2,222	2,82743
136,00	2,206	2,84838
137,00	2,190	2,86932
138,00	2,174	2,89026
139,00	2,158	2,91121
140,00	2,143	2,93215
141,00	2,128	2,95310
142,00	2,113	2,97404
143,00	2,098	2,99498
144,00	2,083	3,01593
145,00	2,069	3,03687
146,00	2,055	3,05781
147,00	2,041	3,07876
148,00	2,027	3,09970
149,00	2,013	3,12065
150,00	2,000	3,14159
151,00	1,987	3,16253
152,00	1,974	3,18348
153,00	1,961	3,20442
154,00	1,948	3,22537
155,00	1,935	3,24631
156,00	1,923	3,26725
157,00	1,911	3,28820
158,00	1,899	3,30914
159,00	1,887	3,33009
160,00	1,875	3,35103
161,00	1,863	3,37197
162,00	1,852	3,39292
163,00	1,840	3,41386

164,00	1,829	3,43481
165,00	1,818	3,45575
166,00	1,807	3,47669
167,00	1,796	3,49764
168,00	1,786	3,51858
169,00	1,775	3,53953
170,00	1,765	3,56047
171,00	1,754	3,58141
172,00	1,744	3,60236
173,00	1,734	3,62330
174,00	1,724	3,64425
175,00	1,714	3,66519
176,00	1,705	3,68613
177,00	1,695	3,70708
178,00	1,685	3,72802
179,00	1,676	3,74897
180,00	1,667	3,76991
181,00	1,657	3,79085
182,00	1,648	3,81180
183,00	1,639	3,83274
184,00	1,630	3,85369
185,00	1,622	3,87463
186,00	1,613	3,89557
187,00	1,604	3,91652
188,00	1,596	3,93746
189,00	1,587	3,95840
190,00	1,579	3,97935
191,00	1,571	4,00029
192,00	1,563	4,02123
193,00	1,554	4,04218
194,00	1,546	4,06312
195,00	1,538	4,08407
196,00	1,531	4,10501
197,00	1,523	4,12596
198,00	1,515	4,14690
199,00	1,508	4,16784
200,00	1,500	4,18879
201,00	1,493	4,20973
202,00	1,485	4,23067
203,00	1,478	4,25162
204,00	1,471	4,27256
205,00	1,463	4,29351
206,00	1,456	4,31445
207,00	1,449	4,33539
208,00	1,442	4,35634
209,00	1,435	4,37728
210,00	1,429	4,39823
211,00	1,422	4,41917
212,00	1,415	4,44012
213,00	1,408	4,46106
214,00	1,402	4,48200
215,00	1,395	4,50295
216,00	1,389	4,52389
217,00	1,382	4,54483
218,00	1,376	4,56578

219,00	1,370	4,58672
220,00	1,364	4,60767
221,00	1,357	4,62861
222,00	1,351	4,64956
223,00	1,345	4,67050
224,00	1,339	4,69144
225,00	1,333	4,71239
226,00	1,327	4,73333
227,00	1,322	4,75427
228,00	1,316	4,77522
229,00	1,310	4,79616
230,00	1,304	4,81711
231,00	1,299	4,83805
232,00	1,293	4,85899
233,00	1,288	4,87994
234,00	1,282	4,90088
235,00	1,277	4,92183
236,00	1,271	4,94277
237,00	1,266	4,96371
238,00	1,261	4,98466
239,00	1,255	5,00560
240,00	1,250	5,02654
241,00	1,245	5,04749
242,00	1,240	5,06843
243,00	1,235	5,08938
244,00	1,230	5,11032
245,00	1,224	5,13127
246,00	1,220	5,15221
247,00	1,215	5,17315
248,00	1,210	5,19410
249,00	1,205	5,21504
250,00	1,200	5,23598
251,00	1,195	5,25693
252,00	1,190	5,27787
253,00	1,186	5,29882
254,00	1,181	5,31976
255,00	1,176	5,34071
256,00	1,172	5,36165
257,00	1,167	5,38259
258,00	1,163	5,40354
259,00	1,158	5,42448
260,00	1,154	5,44542
261,00	1,149	5,46637
262,00	1,145	5,48731
263,00	1,141	5,50826
264,00	1,136	5,52920
265,00	1,132	5,55014
266,00	1,128	5,57109
267,00	1,124	5,59203
268,00	1,119	5,61297
269,00	1,115	5,63392
270,00	1,111	5,65486
271,00	1,107	5,67581
272,00	1,103	5,69675
273,00	1,099	5,71770

274,00	1,095	5,73864
275,00	1,091	5,75958
276,00	1,087	5,78053
277,00	1,083	5,80147
278,00	1,079	5,82242
279,00	1,075	5,84336
280,00	1,071	5,86430
281,00	1,068	5,88525
282,00	1,064	5,90619
283,00	1,060	5,92714
284,00	1,056	5,94808
285,00	1,053	5,96902
286,00	1,049	5,98997
287,00	1,045	6,01091
288,00	1,042	6,03186
289,00	1,038	6,05280
290,00	1,034	6,07374
291,00	1,031	6,09469
292,00	1,027	6,11563
293,00	1,024	6,13657
294,00	1,020	6,15752
295,00	1,017	6,17846
296,00	1,014	6,19941
297,00	1,010	6,22035
298,00	1,007	6,24129
299,00	1,003	6,26224
300,00	1,000	6,28318
301,00	0,997	6,30412
302,00	0,993	6,32507
303,00	0,990	6,34601
304,00	0,987	6,36696
305,00	0,984	6,38790
306,00	0,980	6,40884
307,00	0,977	6,42979
308,00	0,974	6,45073
309,00	0,971	6,47167
310,00	0,968	6,49262
311,00	0,965	6,51356
312,00	0,962	6,53451
313,00	0,958	6,55545
314,00	0,955	6,57640
315,00	0,952	6,59734
316,00	0,949	6,61828
317,00	0,946	6,63923
318,00	0,943	6,66017
319,00	0,940	6,68111
320,00	0,938	6,70206
321,00	0,935	6,72300
322,00	0,932	6,74395
323,00	0,929	6,76489
324,00	0,926	6,78583
325,00	0,923	6,80678
326,00	0,920	6,82772
327,00	0,917	6,84867
328,00	0,915	6,86961

329,00	0,912	6,89055
330,00	0,909	6,91150
331,00	0,905	6,93244
332,00	0,904	6,95339
333,00	0,901	6,97433
334,00	0,898	6,99527
335,00	0,896	7,01622
336,00	0,893	7,03716
337,00	0,890	7,05811
338,00	0,888	7,07905
339,00	0,885	7,09999
340,00	0,882	7,12094
341,00	0,880	7,14188
342,00	0,877	7,16282
343,00	0,875	7,18377
344,00	0,872	7,20471
345,00	0,870	7,22566
346,00	0,867	7,24660
347,00	0,865	7,26754
348,00	0,862	7,28849
349,00	0,860	7,30943
350,00	0,857	7,33038
351,00	0,855	7,35132
352,00	0,852	7,37226
353,00	0,850	7,39321
354,00	0,847	7,41415
355,00	0,845	7,43510
356,00	0,843	7,45604
357,00	0,840	7,47698
358,00	0,838	7,49793
359,00	0,836	7,51887
360,00	0,833	7,53982
361,00	0,831	7,56076
362,00	0,829	7,58170
263,00	0,826	7,60265
364,00	0,824	7,62359
365,00	0,822	7,64454
366,00	0,820	7,66548
367,00	0,817	7,68642
368,00	0,815	7,70737
369,00	0,813	7,72831
370,00	0,811	7,74926
371,00	0,809	7,77020
372,00	0,806	7,79114
373,00	0,804	7,81209
374,00	0,802	7,83303
375,00	0,800	7,85398
376,00	0,798	7,87492
377,00	0,796	7,89586
378,00	0,794	7,91681
379,00	0,792	7,93775
380,00	0,789	7,95869
381,00	0,787	7,97964
382,00	0,785	8,00058
383,00	0,783	8,02153

384,00	0,781	8,04247
385,00	0,779	8,06341
386,00	0,777	8,08436
387,00	0,775	8,10530
388,00	0,773	8,12625
389,00	0,771	8,14719
390,00	0,769	8,16813
391,00	0,767	8,18908
392,00	0,765	8,21002
293,00	0,763	8,23097
394,00	0,761	8,25191
395,00	0,759	8,27285
396,00	0,758	8,29380
397,00	0,756	8,31474
398,00	0,754	8,33569
399,00	0,752	8,35663
400,00	0,750	8,37757
401,00	0,748	8,39852
402,00	0,746	8,41946
403,00	0,744	8,44041
404,00	0,743	8,46135
405,00	0,741	8,48229
406,00	0,739	8,50324
407,00	0,737	8,52418
408,00	0,735	8,54513
409,00	0,733	8,56607
410,00	0,732	8,58701
411,00	0,730	8,60796
412,00	0,728	8,62890
413,00	0,726	8,64985
414,00	0,725	8,67079
415,00	0,723	8,69173
416,00	0,721	8,71268
417,00	0,719	8,73362
418,00	0,718	8,75456
419,00	0,716	8,77551
420,00	0,714	8,79645
421,00	0,713	8,81740
422,00	0,711	8,83834
423,00	0,709	8,85928
424,00	0,708	8,88023
425,00	0,706	8,90117
426,00	0,704	8,92212
427,00	0,703	8,94306
428,00	0,701	8,96400
429,00	0,699	8,98495
430,00	0,698	9,00589
431,00	0,696	9,02684
432,00	0,694	9,04778
433,00	0,693	9,06872
434,00	0,691	9,08967
435,00	0,690	9,11061
436,00	0,688	9,13156
437,00	0,686	9,15250
438,00	0,685	9,17344

439,00	0,683	9,19439
440,00	0,682	9,21533
441,00	0,680	9,23627
442,00	0,679	9,25722
443,00	0,677	9,27816
444,00	0,676	9,29911
445,00	0,674	9,32005
446,00	0,673	9,34099
447,00	0,671	9,36194
448,00	0,670	9,38288
449,00	0,668	9,40383
450,00	0,667	9,42477
451,00	0,665	9,44571
452,00	0,664	9,46666
453,00	0,662	9,48760
454,00	0,661	9,50855
455,00	0,659	9,52949
456,00	0,658	9,55043
457,00	0,656	9,57138
458,00	0,655	9,59232
459,00	0,654	9,61327
460,00	0,652	9,63421
461,00	0,651	9,65515
462,00	0,649	9,67610
463,00	0,648	9,69704
464,00	0,647	9,71799
465,00	0,645	9,73893
466,00	0,644	9,75987
467,00	0,642	9,78082
468,00	0,641	9,80176
469,00	0,640	9,82271
470,00	0,638	9,84365
471,00	0,637	9,86459
472,00	0,636	9,88554
473,00	0,634	9,90648
474,00	0,633	9,92742
475,00	0,632	9,94837
476,00	0,630	9,96931
477,00	0,629	9,99026
478,00	0,628	10,01120
479,00	0,626	10,03214
480,00	0,625	10,05309
481,00	0,624	10,07403
482,00	0,662	10,09498
483,00	0,621	10,11592
484,00	0,620	10,13686
485,00	0,619	10,15781
486,00	0,617	10,17875
487,00	0,616	10,19970
488,00	0,615	10,22064
489,00	0,613	10,24158
490,00	0,612	10,26253
491,00	0,611	10,28347
492,00	0,610	10,30442
493,00	0,609	10,32536

494,00	0,607	10,34630
495,00	0,606	10,36725
496,00	0,605	10,38819
497,00	0,604	10,40913
498,00	0,602	10,43008
499,00	0,601	10,45102
500,00	0,600	10,47197
501,00	0,599	10,49291
502,00	0,598	10,51385
503,00	0,596	10,53480
504,00	0,595	10,55574
505,00	0,594	10,57669
506,00	0,593	10,59763
507,00	0,592	10,61858
508,00	0,591	10,63952
509,00	0,589	10,66046
510,00	0,588	10,68141
511,00	0,587	10,70235
512,00	0,586	10,72329
513,00	0,585	10,74424
514,00	0,584	10,76518
515,00	0,583	10,78613
516,00	0,581	10,80707
517,00	0,580	10,82801
518,00	0,579	10,84896
519,00	0,578	10,86990
520,00	0,577	10,89085
521,00	0,576	10,91179
522,00	0,575	10,93273
523,00	0,574	10,95368
524,00	0,573	10,97462
525,00	0,571	10,99557
526,00	0,570	11,01651
527,00	0,569	11,03745
528,00	0,568	11,05840
529,00	0,567	11,07934
530,00	0,566	11,10028
531,00	0,565	11,12123
532,00	0,564	11,14217
533,00	0,563	11,16312
534,00	0,562	11,18406
535,00	0,561	11,20500
536,00	0,560	11,22595
537,00	0,559	11,24689
538,00	0,558	11,26784
539,00	0,557	11,28878
540,00	0,556	11,30972
541,00	0,555	11,33067
542,00	0,554	11,35161
543,00	0,552	11,37256
544,00	0,551	11,39350
545,00	0,550	11,41444
546,00	0,549	11,43539
547,00	0,548	11,45633
548,00	0,547	11,47728

549,00	0,546	11,49822
550,00	0,545	11,51916
551,00	0,544	11,54011
552,00	0,543	11,56105
553,00	0,542	11,58200
554,00	0,542	11,60294
555,00	0,541	11,62388
556,00	0,540	11,64483
557,00	0,539	11,66577
558,00	0,538	11,68672
559,00	0,537	11,70766
560,00	0,536	11,72860
561,00	0,535	11,74955
562,00	0,534	11,77049
563,00	0,533	11,79144
564,00	0,532	11,81238
565,00	0,531	11,83332
566,00	0,530	11,85427
567,00	0,529	11,87521
568,00	0,528	11,89616
569,00	0,527	11,91710
570,00	0,526	11,93804
571,00	0,525	11,95899
572,00	0,524	11,97993
573,00	0,524	12,00087
574,00	0,523	12,02182
575,00	0,522	12,04276
576,00	0,521	12,06371
577,00	0,520	12,08465
578,00	0,519	12,10559
579,00	0,518	12,12654
580,00	0,517	12,14748
581,00	0,516	12,16843
582,00	0,515	12,18937
583,00	0,515	12,21031
584,00	0,514	12,23126
585,00	0,513	12,25220
586,00	0,512	12,27315
587,00	0,511	12,29409
588,00	0,510	12,31503
589,00	0,509	12,33598
590,00	0,508	12,35692
591,00	0,508	12,37786
592,00	0,507	12,39881
593,00	0,506	12,41975
594,00	0,505	12,44070
595,00	0,504	12,46164
596,00	0,503	12,48258
597,00	0,503	12,50353
598,00	0,502	12,52447
599,00	0,501	12,54542
600,00	0,500	12,56636
601,00	0,499	12,58730
602,00	0,498	12,60825
603,00	0,498	12,62919

604,00	0,497	12,65014
605,00	0,496	12,67108
606,00	0,495	12,69202
607,00	0,494	12,71297
608,00	0,493	12,73391
609,00	0,493	12,75486
610,00	0,492	12,77580
611,00	0,491	12,79674
612,00	0,490	12,81769
613,00	0,489	12,83863
614,00	0,489	12,85958
615,00	0,488	12,88052
616,00	0,487	12,90146
617,00	0,486	12,92241
618,00	0,485	12,94335
619,00	0,485	12,96430
620,00	0,484	12,98524
621,00	0,483	13,00618
622,00	0,482	13,02713
623,00	0,482	13,04807
624,00	0,481	13,06901
625,00	0,480	13,08996
626,00	0,479	13,11090
627,00	0,478	13,13185
628,00	0,478	13,15279
629,00	0,477	13,17374
630,00	0,476	13,19468
631,00	0,475	13,21562
632,00	0,475	13,23657
633,00	0,474	13,25751
634,00	0,473	13,27845
635,00	0,472	13,29940
636,00	0,472	13,32034
637,00	0,471	13,34129
638,00	0,470	13,36223
639,00	0,469	13,38317
640,00	0,469	13,40412
641,00	0,468	13,42506
642,00	0,467	13,44601
643,00	0,467	13,46695
644,00	0,466	13,48789
645,00	0,465	13,50884
646,00	0,464	13,52978
647,00	0,464	13,55073
648,00	0,463	13,57167
649,00	0,462	13,59261
650,00	0,462	13,61356
651,00	0,461	13,63450
652,00	0,460	13,65545
653,00	0,459	13,67639
654,00	0,459	13,69733
655,00	0,458	13,71828
656,00	0,457	13,73922
657,00	0,457	13,76016
658,00	0,456	13,78111

659,00	0,455	13,80205
660,00	0,455	13,82300
661,00	0,454	13,84394
662,00	0,453	13,86489
663,00	0,452	13,88583
664,00	0,452	13,90677
665,00	0,451	13,92772
666,00	0,450	13,94866
667,00	0,450	13,96960
668,00	0,449	13,99055
669,00	0,448	14,01149
670,00	0,448	14,03244
671,00	0,447	14,05338
672,00	0,446	14,07432
673,00	0,446	14,09527
674,00	0,445	14,11621
675,00	0,444	14,13716
676,00	0,444	14,15810
677,00	0,443	14,17904
678,00	0,442	14,19999
679,00	0,442	14,22093
680,00	0,441	14,24188
681,00	0,441	14,26282
682,00	0,440	14,28376
683,00	0,439	14,30471
684,00	0,439	14,32565
685,00	0,438	14,34660
686,00	0,437	14,36754
687,00	0,437	14,38848
688,00	0,436	14,40943
689,00	0,435	14,43037
690,00	0,435	14,45132
691,00	0,434	14,47226
692,00	0,434	14,49320
693,00	0,433	14,51415
694,00	0,432	14,53509
695,00	0,432	14,55604
696,00	0,431	14,57698
697,00	0,430	14,59792
698,00	0,430	14,61887
699,00	0,429	14,63981
700,00	0,429	14,66075
701,00	0,428	14,68170
702,00	0,427	14,70264
703,00	0,427	14,72359
704,00	0,426	14,74453
705,00	0,426	14,76548
706,00	0,425	14,78642
707,00	0,424	14,80736
708,00	0,424	14,82831
709,00	0,423	14,84925
710,00	0,423	14,87019
711,00	0,422	14,89114
712,00	0,421	14,91208
713,00	0,421	14,93303

714,00	0,420	14,95397
715,00	0,420	14,97491
716,00	0,419	14,99586
717,00	0,418	15,01680
718,00	0,418	15,03775
719,00	0,417	15,05869
720,00	0,417	15,07963
721,00	0,416	15,10058
722,00	0,416	15,12152
723,00	0,415	15,14246
724,00	0,414	15,16341
725,00	0,414	15,18435
726,00	0,413	15,20530
727,00	0,413	15,22624
728,00	0,412	15,24719
729,00	0,412	15,26813
730,00	0,411	15,28907
731,00	0,410	15,31002
732,00	0,410	15,33096
733,00	0,409	15,35190
734,00	0,409	15,37285
735,00	0,408	15,39379
736,00	0,408	15,41474
737,00	0,407	15,43568
738,00	0,407	15,45662
739,00	0,406	15,47757
740,00	0,405	15,49851
741,00	0,405	15,51945
742,00	0,404	15,54040
743,00	0,404	15,56134
744,00	0,403	15,58229
745,00	0,403	15,60323
746,00	0,402	15,62418
747,00	0,402	15,64512
748,00	0,401	15,66606
749,00	0,401	15,68701
750,00	0,400	15,70795
751,00	0,399	15,72890
752,00	0,399	15,74984
753,00	0,398	15,77078
754,00	0,398	15,79173
755,00	0,397	15,81267
756,00	0,397	15,83361
757,00	0,396	15,85456
758,00	0,396	15,87550
759,00	0,395	15,89645
760,00	0,395	15,91739
761,00	0,394	15,93834
762,00	0,394	15,95928
763,00	0,393	15,98022
764,00	0,393	16,00116
765,00	0,392	16,02211
766,00	0,392	16,04305
767,00	0,391	16,06400
768,00	0,391	16,08493

769,00	0,390	16,10588
770,00	0,390	16,12682
771,00	0,389	16,14777
772,00	0,389	16,16872
773,00	0,388	16,18965
774,00	0,388	16,21060
775,00	0,387	16,23154
776,00	0,387	16,25249
777,00	0,386	16,27344
778,00	0,386	16,29437
779,00	0,385	16,31532
780,00	0,385	16,33626
781,00	0,384	16,35721
782,00	0,384	16,37814
783,00	0,383	16,39909
784,00	0,383	16,42004
785,00	0,382	16,44098
786,00	0,382	16,46193
787,00	0,381	16,48286
788,00	0,381	16,50381
789,00	0,380	16,52477
790,00	0,380	16,54570
791,00	0,379	16,56665
792,00	0,379	16,58759
793,00	0,378	16,60854
794,00	0,378	16,62947
795,00	0,377	16,65042
796,00	0,377	16,67137
797,00	0,376	16,69231
798,00	0,376	16,71326
799,00	0,375	16,73419
800,00	0,375	16,75514
801,00	0,375	16,77609
802,00	0,374	16,79703
803,00	0,374	16,81798
804,00	0,373	16,83891
805,00	0,373	16,85986
806,00	0,372	16,88080
807,00	0,372	16,90175
808,00	0,371	16,92270
809,00	0,371	16,94363
810,00	0,370	16,96458
811,00	0,370	16,98552
812,00	0,369	17,00647
813,00	0,369	17,02742
814,00	0,369	17,04836
815,00	0,368	17,06931
816,00	0,368	17,09024
817,00	0,367	17,11119
818,00	0,367	17,13213
819,00	0,366	17,15308
820,00	0,366	17,17403
821,00	0,365	17,19496
822,00	0,365	17,21591
823,00	0,365	17,23685

824,00	0,364	17,25780
825,00	0,364	17,27875
826,00	0,363	17,29968
827,00	0,363	17,32063
828,00	0,362	17,34157
829,00	0,362	17,36252
830,00	0,361	17,38345
831,00	0,361	17,40440
832,00	0,361	17,42535
833,00	0,360	17,44629
834,00	0,360	17,46724
835,00	0,359	17,48817
836,00	0,359	17,50912
837,00	0,358	17,53006
838,00	0,358	17,55101
839,00	0,358	17,57196
840,00	0,357	17,59290
841,00	0,357	17,61385
842,00	0,356	17,63478
843,00	0,356	17,65573
844,00	0,355	17,67668
845,00	0,355	17,69762
846,00	0,355	17,71857
847,00	0,354	17,73950
848,00	0,354	17,76045
849,00	0,353	17,78140
850,00	0,353	17,80234
851,00	0,353	17,82329
852,00	0,352	17,84422
853,00	0,352	17,86517
854,00	0,351	17,88611
855,00	0,351	17,90706
856,00	0,350	17,92799
857,00	0,350	17,94894
858,00	0,350	17,96989
859,00	0,349	17,99083
860,00	0,349	18,01178
861,00	0,348	18,03271
862,00	0,348	18,05367
863,00	0,348	18,07462
864,00	0,347	18,09555
865,00	0,347	18,11650
866,00	0,346	18,13744

867,00	0,346	18,15839
868,00	0,346	18,17934
869,00	0,345	18,20027
870,00	0,345	18,22122
871,00	0,344	18,24216
872,00	0,344	18,26311
873,00	0,344	18,28404
874,00	0,343	18,30499
875,00	0,343	18,32594
876,00	0,342	18,34688
877,00	0,342	18,36783
878,00	0,342	18,38876
879,00	0,341	18,40971
880,00	0,341	18,43065
881,00	0,341	18,45160
882,00	0,340	18,47255
883,00	0,340	18,49348
884,00	0,339	18,51443
885,00	0,339	18,53537
886,00	0,339	18,55532
887,00	0,338	18,57727
888,00	0,338	18,59821
889,00	0,337	18,61916
890,00	0,337	18,64009
891,00	0,337	18,66104
892,00	0,336	18,68198
893,00	0,336	18,70293
894,00	0,336	18,72388
895,00	0,335	18,74481
896,00	0,335	18,76576
897,00	0,334	18,78670
898,00	0,334	18,80765
899,00	0,334	18,82858
900,00	0,333	18,84953
901,00	0,333	18,87048
902,00	0,333	18,89142
903,00	0,332	18,91237
904,00	0,332	18,93330
905,00	0,331	18,95425
906,00	0,331	18,97520
907,00	0,331	18,99614
908,00	0,330	19,01709
909,00	0,330	19,03802

910,00	0,330	19,05898
911,00	0,329	19,07991
912,00	0,329	19,10086
913,00	0,329	19,12181
914,00	0,328	19,14275
915,00	0,328	19,16370
916,00	0,328	19,18463
917,00	0,327	19,20558
918,00	0,327	19,22653
919,00	0,326	19,24747
920,00	0,326	19,26842
921,00	0,326	19,28935
922,00	0,325	19,31030
923,00	0,325	19,33125
924,00	0,325	19,35219
925,00	0,324	19,37314
926,00	0,324	19,39407
927,00	0,324	19,41502
928,00	0,323	19,43597
929,00	0,323	19,45691
930,00	0,323	19,47784
931,00	0,322	19,49879
932,00	0,322	19,51974
933,00	0,322	19,54068
934,00	0,321	19,56163
935,00	0,321	19,68358
936,00	0,321	19,60352
937,00	0,320	19,62447
938,00	0,320	19,64540
939,00	0,319	19,66635
940,00	0,319	19,68729
941,00	0,319	19,70824
942,00	0,318	19,72919
943,00	0,318	19,75012
944,00	0,318	19,77107
945,00	0,317	19,79201
946,00	0,317	19,81296
947,00	0,317	19,83391
948,00	0,316	19,85484
949,00	0,316	19,87579
950,00	0,316	19,89673

Freq. (GHz)	Comp. de Onda (M)	Nro. de Onda (1 / M)
1,10	0,2727	23,0383
1,20	0,2500	25,1327
1,30	0,2308	27,2271
1,40	0,2143	29,3215
1,50	0,2000	31,4158
1,60	0,1875	33,5102
1,70	0,1765	35,6046
1,80	0,1667	37,6989
1,90	0,1579	39,7933
2,00	0,1500	41,8877
2,10	0,1429	43,9820
2,20	0,1364	46,0764
2,30	0,1304	48,1707
2,40	0,1250	50,2651
2,50	0,1200	52,3595
2,60	0,1154	54,4538
2,70	0,1111	56,5482
2,80	0,1071	58,6426
2,90	0,1034	60,7369
3,00	0,1000	62,8313
3,10	0,0968	64,9256
3,20	0,0938	67,0200
3,30	0,0909	69,1144
3,40	0,0882	71,2087
3,50	0,0857	73,3031
3,60	0,0833	75,3975
3,70	0,0811	77,4919
3,80	0,0789	79,5862
3,90	0,0769	81,6806
4,00	0,0750	83,7749
4,10	0,0732	85,8693
4,20	0,0714	87,9637
4,30	0,0698	90,0580
4,40	0,0682	92,1523
4,50	0,0667	94,2468
4,60	0,0652	96,3410
4,70	0,0638	98,4355
4,80	0,0625	100,5298
4,90	0,0612	102,6241
5,00	0,0600	104,7185
5,10	0,0588	106,8129
5,20	0,0577	108,9072
5,30	0,0566	111,0016
5,40	0,0556	113,0959
5,50	0,0545	115,1903
5,60	0,0536	117,2847
5,70	0,0526	119,3790
5,80	0,0517	121,4734
5,90	0,0508	123,5678
6,00	0,0500	125,6621

6,10	0,0492	127,7565
6,20	0,0484	129,8508
6,30	0,0476	131,9452
6,40	0,0469	134,0396
6,50	0,0462	136,1339
6,60	0,0455	138,2283
6,70	0,0448	140,3226
6,80	0,0441	142,4170
6,90	0,0435	144,5114
7,00	0,0429	146,6057
7,10	0,0423	148,7001
7,20	0,0417	150,7944
7,30	0,0411	152,8888
7,40	0,0405	154,9832
7,50	0,0400	157,0775
7,60	0,0395	159,1719
7,70	0,0390	161,2663
7,80	0,0385	163,3606
7,90	0,0380	165,4550
8,00	0,0375	167,5493
8,10	0,0370	169,6437
8,20	0,0366	171,7381
8,30	0,0361	173,8324
8,40	0,0357	175,9268
8,50	0,0353	178,0211
8,60	0,0349	180,1155
8,70	0,0345	182,2099
8,80	0,0341	184,3042
8,90	0,0337	186,3986
9,00	0,0333	188,4930
9,10	0,0330	190,5873
9,20	0,0326	192,6817
9,30	0,0323	194,7760
9,40	0,0319	196,8704
9,50	0,0316	198,9648
9,60	0,0313	201,0591
9,70	0,0309	203,1535
9,80	0,0306	205,2478
9,90	0,0303	207,3422
10,00	0,0300	209,4366
10,10	0,0297	211,5309
10,20	0,0294	213,6253
10,30	0,0291	215,7197
10,40	0,0288	217,8140
10,50	0,0286	219,9084
10,60	0,0283	222,0027
10,70	0,0280	224,0971
10,80	0,0278	226,1915
10,90	0,0275	228,2858
11,00	0,0273	230,3802
11,10	0,0270	232,4746
11,20	0,0268	234,5689
11,30	0,0265	236,6633

11,40	0,0263	238,7576
11,50	0,0261	240,8520
11,60	0,0259	242,9464
11,70	0,0256	245,0407
11,80	0,0254	247,1351
11,90	0,0252	249,2294
12,00	0,0250	251,3238
12,10	0,0248	253,4182
12,20	0,0246	255,5125
12,30	0,0244	257,6067
12,40	0,0242	259,7012
12,50	0,0240	261,7954
12,60	0,0238	263,8899
12,70	0,0236	265,9841
12,80	0,0234	268,0786
12,90	0,0233	270,1729
13,00	0,0231	272,2673
13,10	0,0229	274,3616
13,20	0,0227	276,4561
13,30	0,0226	278,5503
13,40	0,0224	280,6448
13,50	0,0222	282,7390
13,60	0,0221	284,8335
13,70	0,0219	286,9277
13,80	0,0217	289,0222
13,90	0,0216	291,1167
14,00	0,0214	293,2109
14,10	0,0213	295,3054
14,20	0,0211	297,3997
14,30	0,0210	299,4941
14,40	0,0208	301,5884
14,50	0,0207	303,6829
14,60	0,0205	305,7771
14,70	0,0204	307,8716
14,80	0,0203	309,9658
14,90	0,0201	312,0603
15,00	0,0200	314,1545
15,10	0,0199	316,2490
15,20	0,0197	318,3433
15,30	0,0196	320,4377
15,40	0,0195	322,5320
15,50	0,0194	324,6265
15,60	0,0192	326,7207
15,70	0,0191	328,8152
15,80	0,0190	330,9094
15,90	0,0189	333,0039
16,00	0,0188	335,0981
16,10	0,0186	337,1921
16,20	0,0185	339,2864
16,30	0,0184	341,3806
16,40	0,0183	343,4749
16,50	0,0182	345,5691
16,60	0,0181	347,6633

16,70	0,0180	349,7576
16,80	0,0179	351,8516
16,90	0,0178	353,9458
17,00	0,0176	356,0400
17,10	0,0175	358,1343
17,20	0,0174	360,2285
17,30	0,0173	362,3228
17,40	0,0172	364,4170
17,50	0,0171	366,5110
17,60	0,0170	368,6052
17,70	0,0169	370,6995
17,80	0,0169	372,7937
17,90	0,0168	374,8879
18,00	0,0167	376,9822
18,10	0,0166	379,0762
18,20	0,0165	381,1704
18,30	0,0164	383,2646
18,40	0,0163	385,3589
18,50	0,0162	387,4531
18,60	0,0161	389,5474
18,70	0,0160	391,6416
18,80	0,0160	393,7356
18,90	0,0159	395,8298
19,00	0,0158	397,9241
19,10	0,0157	400,0183
19,20	0,0156	402,1125
19,30	0,0155	404,2068
19,40	0,0155	406,3010
19,50	0,0154	408,3953
19,60	0,0153	410,4893
19,70	0,0152	412,5835
19,80	0,0152	414,9777
19,90	0,0151	416,7720
20,00	0,0150	418,8662
20,10	0,0149	420,9604
20,20	0,0149	423,0544
20,30	0,0148	425,1487
20,40	0,0147	427,2429
20,50	0,0146	429,3372
20,60	0,0146	431,4314
20,70	0,0145	433,5256
20,80	0,0144	435,6199
20,90	0,0144	437,7139
21,00	0,0143	439,8081
21,10	0,0142	441,9023
21,20	0,0142	443,9966
21,30	0,0141	446,0908
21,40	0,0140	448,1848
21,50	0,0140	450,2793
21,60	0,0139	452,3733
21,70	0,0138	454,4675
21,80	0,0138	456,5618
21,90	0,0137	458,6560
22,00	0,0136	460,7502
22,10	0,0136	462,8442

22,20	0,0135	464,9385
22,30	0,0135	467,0330
22,40	0,0134	469,1270
22,50	0,0133	471,2212
22,60	0,0133	473,3154
22,70	0,0132	475,4097
22,80	0,0132	477,5039
22,90	0,0131	479,5981
23,00	0,0130	481,6921
23,10	0,0130	483,7864
23,20	0,0129	485,8806
23,30	0,0129	487,9749
23,40	0,0128	490,0691
23,50	0,0128	492,1631
23,60	0,0127	494,2576
23,70	0,0127	496,3516
23,80	0,0126	498,4458
23,90	0,0126	500,5400
24,00	0,0125	502,6343
24,10	0,0124	504,7285
24,20	0,0124	506,8225
24,30	0,0123	508,9170
24,40	0,0123	511,0110
24,50	0,0122	513,1052
24,60	0,0122	515,1995
24,70	0,0121	517,2935
24,80	0,0121	519,3879
24,90	0,0120	521,4822
25,00	0,0120	523,5762
25,10	0,0120	525,6704
25,20	0,0119	527,7646
25,30	0,0119	529,8589
25,40	0,0118	531,9531
25,50	0,0118	534,0471
25,60	0,0117	536,1414
25,70	0,0117	538,2354
25,80	0,0116	540,3293
25,90	0,0116	542,4231
26,00	0,0115	544,5171
26,10	0,0115	546,6108
26,20	0,0115	548,7048
26,30	0,0114	550,7986
26,40	0,0114	552,8926
26,50	0,0113	554,9863
26,60	0,0113	557,0803
26,70	0,0112	559,1741
26,80	0,0112	561,2681
26,90	0,0112	563,3621
27,00	0,0111	565,4558
27,10	0,0111	567,5498
27,20	0,0110	569,6436
27,30	0,0110	571,7375
27,40	0,0109	573,8313
27,50	0,0109	575,9253
27,60	0,0109	578,0190

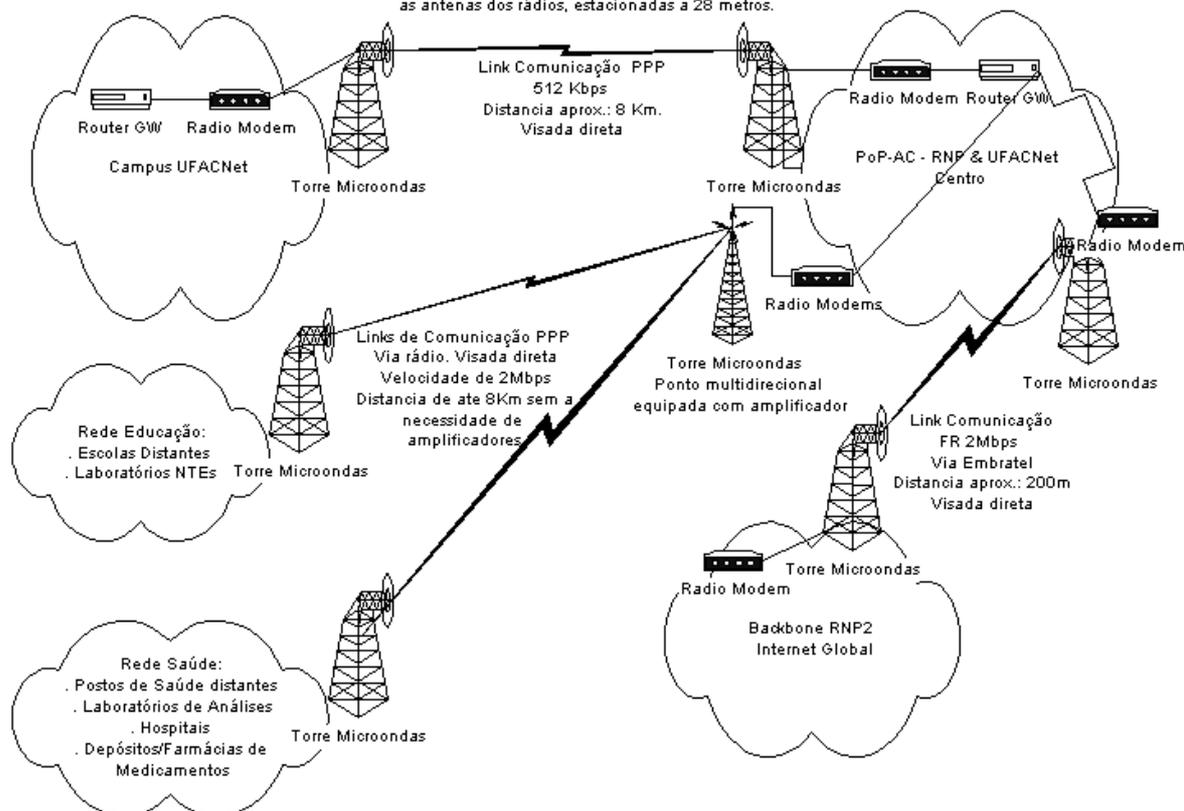
27,70	0,0108	580,1130
27,80	0,0108	582,2068
27,90	0,0108	584,3008
28,00	0,0107	586,3945
28,10	0,0107	588,4885
28,20	0,0106	590,5825
28,30	0,0106	592,6763
28,40	0,0105	594,7703
28,50	0,0105	596,8640
28,60	0,0105	598,9580
28,70	0,0105	601,0520
28,80	0,0104	603,1458
28,90	0,0104	605,2397
29,00	0,0103	607,3335
29,10	0,0103	609,4272
29,20	0,0103	611,5212
29,30	0,0102	613,6152
29,40	0,0102	615,7090
29,50	0,0102	617,8030
29,60	0,0101	619,8967
29,70	0,0101	621,9907
29,80	0,0101	624,0847
29,90	0,0100	626,1785
30,00	0,0100	628,2725
30,10	0,0100	630,3662
30,20	0,0099	632,4600
30,30	0,0099	634,5540
30,40	0,0099	636,6479
30,50	0,0098	638,7417
30,60	0,0098	640,8357
30,70	0,0098	642,9297
30,80	0,0097	645,0234
30,90	0,0097	647,1172
31,00	0,0097	649,2112
31,10	0,0096	651,3052
31,20	0,0096	653,3987
31,30	0,0096	655,4927
31,40	0,0096	657,5867
31,50	0,0095	659,6804
31,60	0,0095	661,7744
31,70	0,0095	663,8684
31,80	0,0094	665,9622
31,90	0,0094	668,0562
32,00	0,0094	670,1499
32,10	0,0093	672,2439
32,20	0,0093	674,3379
32,30	0,0093	676,4316
32,40	0,0093	678,5256
32,50	0,0092	680,6194
32,60	0,0092	682,7131
32,70	0,0092	684,8071
32,80	0,0091	686,9011
32,90	0,0091	688,9949
33,00	0,0091	691,0889
33,10	0,0091	693,1829

33,20	0,0090	695,2764
33,30	0,0090	697,3704
33,40	0,0090	699,4644
33,50	0,0090	701,5581
33,60	0,0089	703,6521
33,70	0,0089	705,7458
33,80	0,0089	707,8398
33,90	0,0089	709,9338
34,00	0,0088	712,0276
34,10	0,0088	714,1216
34,20	0,0088	716,2156
34,30	0,0087	718,3091
34,40	0,0087	720,4031
34,50	0,0087	722,4971
34,60	0,0087	724,5908
34,70	0,0086	726,6848
34,80	0,0086	728,7788
34,90	0,0086	730,8726
35,00	0,0086	732,9663
35,10	0,0085	735,0603
35,20	0,0085	737,1543
35,30	0,0085	739,2483
35,40	0,0085	741,3420
35,50	0,0085	743,4360
35,60	0,0084	745,5295
35,70	0,0084	747,6235
35,80	0,0084	749,7175
35,90	0,0084	751,8115
36,00	0,0083	753,9053
36,10	0,0083	753,9993
36,20	0,0083	758,0930
36,30	0,0083	760,1868
36,40	0,0082	762,2810
36,50	0,0082	764,3748
36,60	0,0082	766,4687
36,70	0,0082	768,5625
36,80	0,0082	770,6562
36,90	0,0081	772,7502
37,00	0,0081	774,8442
37,10	0,0081	776,9380
37,20	0,0081	779,0317
37,30	0,0080	781,1260
37,40	0,0080	783,2195
37,50	0,0080	785,3135
37,60	0,0080	787,4072
37,70	0,0080	789,5012
37,80	0,0079	791,5952
37,90	0,0079	793,6890
38,00	0,0079	795,7827
38,10	0,0079	797,8770
38,20	0,0079	799,9709
38,30	0,0078	802,0647
38,40	0,0078	804,1584
38,50	0,0078	806,2522
38,60	0,0078	808,3462

38,70	0,0078	810,4402
38,80	0,0077	812,5339
38,90	0,0077	814,5277
39,00	0,0077	816,7217
39,10	0,0077	818,8154
39,20	0,0077	820,9094
39,30	0,0076	823,0037
39,40	0,0076	825,0972
39,50	0,0076	827,1912
39,60	0,0076	829,2852
39,70	0,0076	831,3787
39,80	0,0075	833,4729
39,90	0,0075	835,5667
40,00	0,0075	837,6606

## Anexo B: Um Estudo de Caso: a rede UFACNet

O Campus da Universidade Federal do Acre - UFAC (Rede Campus UFACNet), está conectado à Internet através de seu Ponto de Presença (PoP) localizado em seu prédio central em Rio Branco, distante aproximadamente 8Km, em linha reta e de boa visada, com torres de 30 metros de altura e as antenas dos rádios, estacionadas a 28 metros.



### Características:

- . Topologia Estrela com antena omnidirecional
- . Frequência de 2.4GHz
- . Faixa de cobertura de 8Km
- . Antenas de microondas para 24Db sem amplificar
- . Equipamentos roteadores e/ou microcomputadores simples 386's ou superior



Proporciona:

- . Ganho relacionado ao Custo/Benefício nos links de rádio
- . Pode ser facilmente expandida
- . Manutenção facilitada
- . Micro roteadores podem ser utilizados para outros propósitos

### Requerimentos de projetos:

- . Baixo custo; software e hardware disponíveis; segurança
- . Licença ISM regulamentada para operar (limites de frequência e energia)
- . Faixa compatível com áreas urbanas de médio porte



Escolha Técnica

- . Microcomputador padrão IBM PC
- . Sistema Operacional Linux
- . Tecnologia DSSS@ISM ou FHSS@ISM para transm. microondas
- . Antenas miniparabólicas com ganho de 24 Db



Resultados:

- . Baixo custo com relação a linhas dedicadas
- . Solução eficiente para acesso a Internet
- . Eficiência na distribuição da rede Campus UFACNet e outras redes
- . Boa conectividade onde o acesso convencional (cabos metálicos ou fibra óptica) é caro ou inviável

A finalidade deste estudo é:

. Apresentar uma solução viável tanto tecnicamente como financeira, para integração de redes de computadores, ajudando a constituir um backbone local parcialmente sustentado por enlaces de rádio estrategicamente instalados, formando uma rede campus (MAN)

. Subsidiar conteúdos Complementares, para estudar a viabilidade de um backbone com estrutura de REMAV (Rede Metropolitana de Anta Velocidade) utilizando tecnologia ATM, preparada para suportar as aplicações do novo milênio permitindo tráfego eficiente de voz, imagens e dados podendo usufruir das aplicações Internet2

. Integração com o backbone central, através de enlaces de rádio, das instituições que compõem o sistema de ensino, pesquisa e extensão; saúde; segurança e defesa pública em pontos remotos deficientes de infra-estrutura cabeada, usufruindo das tecnologias e serviços suportados no backbone central.

## **Anexo C: Portaria MC que regulamenta a faixa RF ISM**

Esta portaria e o anexo abaixo regulamentam o uso do espalhamento espectral no Brasil. Eles foram publicados na página 13112 Seção 1 do Diário Oficial da União nº 136 de 16 de julho de 1996.

### MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES GABINETE DO MINISTRO

Portaria nº 814, DE 12 DE JULHO de 1996

O MINISTRO DE ESTADO DAS COMUNICAÇÕES, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 87, parágrafo único, inciso II da Constituição, resolve:

Art. 1º Aprovar a Norma nº 12/96 - CONDIÇÕES DE USO DE FREQUÊNCIAS NAS FAIXAS DE 902-928 MHz, 2400-2483,5 MHz E 5725-5850 MHz, POR EQUIPAMENTO DE RADIOCOMUNICAÇÃO EMPREGANDO TÉCNICA DE ESPALHAMENTO ESPECTRAL, anexa a esta portaria.

Art 2º Revogar a Norma MC nº002/93 aprovada pela Portaria MC nº40 de 29 de janeiro de 1993 publicada no D.O.U de 02 de fevereiro de 1993.

Art 3º Revogar a Portaria MC nº1149/94 de 21 de dezembro de 1994, publicada no D.O.U de 23 de dezembro de 1994.

Art 4º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

SÉRGIO MOTTA

## ANEXO - NORMA Nº 12/96

CONDIÇÕES DE USO DE FREQUÊNCIAS NAS FAIXAS DE  
902-928 MHz, 2400-2483,5 MHz E 5725-5850 MHz,POR EQUIPAMENTO DE RADIOCOMUNICAÇÃO EMPREGANDO TÉCNICA DE  
ESPALHAMENTO ESPECTRAL

## 1 – OBJETIVO

Estabelecer as condições de uso de frequências nas faixas de 902-928 MHz, 2400-2483,5 MHz e 5725-5850 MHz por equipamentos de radio comunicação empregando técnica de espalhamento espectral para aplicações fixas (ponto-a-ponto e ponto-multiponto) e móveis.

## 2 - DEFINIÇÕES

2.1 - Espalhamento espectral- sistemas nos quais a energia média do sinal transmitido é espalhada sobre uma largura de faixa que é muito mais larga que a largura de faixa que contém a informação. Esses sistemas compensam uma maior largura de faixa de transmissão, por uma menor densidade espectral de potência e uma melhora na rejeição nos sinais interferentes operando na mesma faixa de frequências.

2.2 - Técnicas- o espalhamento espectral pode ser efetuado através de duas técnicas:

Seqüência direta- os sistemas em seqüência direta combinam a informação do sinal, que normalmente é digital, com uma seqüência binária de maior velocidade. Esta combinação é então usada para modular a portadora de radiofrequência. O código binário domina a função de modulação e é a causa direta do espalhamento largo do sinal transmitido. Este código é uma seqüência de bits pseudoaleatória de comprimento fixo. O sistema continuamente recicla o mesmo código binário.

Salto em frequência- os sistemas com saltos em frequência espalham sua energia mudando a frequência central de transmissão várias vezes por segundo de acordo com uma seqüência de canais gerada de forma pseudoaleatória. Essa mesma seqüência de canais é usada repetidamente, de forma que o transmissor recicla continuamente a mesma série de mudança de canais.

2.3 - Seqüência Pseudoaleatória- uma seqüência de dados binários que tem na sua formação algumas características de seqüência aleatória mas também tem algumas características que não são aleatórias.

2.4 - Ganho de processamento- é a melhoria da relação sinal/ruído que um sistema que utiliza a técnica de espalhamento espectral é capaz de obter em relação a um sistema que não utiliza esta mesma técnica. Para sistemas que empregam espalhamento espectral em seqüência direta esse ganho está diretamente relacionado à taxa na qual o código de espalhamento é gerado. Para sistemas por saltos em freqüência, o ganho de processamento é uma função direta do número de canais de salto nos quais nos quais está sendo espalhada a informação transmitida.

### 3 - FREQÜÊNCIAS

Os equipamentos de radiocomunicação utilizando técnica de espalhamento espectral estão autorizados a operar nas faixas de freqüência de 902-928MHz, 2400-2483,5MHz e 5725-5850Mhz.

### 4-OUTRAS CARACTERISTICAS

#### 4.1-Potência

4.1.1. A potência de pico máxima de saída de saída nao pode ser superior a 1W, limitando-se ainda a potência EIRP máxima a 6dBW.

4.1.2. Para sistemas em seqüência direta a densidade média de potência em qualquer faixa de 3 KHz, medida em um intervalo de 1 s, não deve ser maior que 8 dBm.

#### 4.2-Limite de emissões não desejadas

As emissões não desejadas devem atender a um dos limites a seguir:

4.2.1. A potência de radiofreqüência produzida em qualquer intervalo de freqüência de 100 KHz fora das faixas autorizadas no item 3 deve estar, no mínimo, 20 dB abaixo da potência máxima produzida num intervala de 100 KHz dentro das faixas autorizadas; ou

4.2.2-Não podem exceder aos limites de intensidade de campo especificados na tabela abaixo:

FAIXA DE FREQUÊNCIA MHZ	INTENSIDADE DE CAMPO (microvolts/m)	DISTÂNCIA DE MEDIDA (m)
216 - 960	200	3
Acima de 960	500	3

#### 4.3 - Ganho de processamento

4.3.1. O ganho de processamento de um sistema de seqüência direta deve ser pelo menos de 10 dB, e deve ser determinado a partir da relação sinal/ruído em dB com o código de espalhamento desligado e essa mesma relação com o código de espalhamento ligado, medido na saída do demodulador do receptor.

4.3.2. Sistemas híbridos que utilizam uma combinação das técnicas de modulação em seqüência direta e saltos em frequência, devem alcançar um ganho de processamento de, no mínimo, 17 dB, na combinação dessas técnicas. A operação com saltos em frequência do sistema híbrido, com a operação em seqüência direta desligada deve ter um intervalo médio de ocupação em qualquer frequência que não exceda 0,4 s, em um período de tempo, em segundos, igual ao número de frequências de salto utilizada, multiplicado por 0,4. A operação em seqüência direta do sistema híbrido com a operação por saltos em frequência desligada, deve obedecer ainda aos requisitos de densidade de potência do item 4.1.2.

#### 4.4 - Outros requisitos dos sistemas

##### 4.4.1. Sistemas de salto em frequência

As frequências portadoras dos canais de salto devem estar separadas por um mínimo de 25 KHz ou pela largura de faixa do canal de salto, a 20 dB, devendo ser considerado o maior valor. O sistema deve saltar para as frequências selecionadas na faixa de salto a partir de uma lista de frequências de salto ordenadas de forma pseudoaleatória. Cada frequência deve ser, em média, usada igualmente por cada transmissor. Os receptores do sistema devem ter largura de faixa de entrada compatível com a largura de faixa do canal de salto dos respectivos transmissores e dever mudar as frequências em sincronia com os mesmos.

Os sistemas operando na faixa de 902-928 Mhz devem usar no mínimo 50 frequências de salto, devem limitar a máxima largura de faixa ocupada, a 20 dB, em 500 KHz e o tempo médio de ocupação de qualquer canal não deve ser superior a 0,4 s num intervalo de 20 s.

Os sistemas operando na faixa de 2400-2483,5 Mhz devem usar no mínimo 75 frequências de salto, devem limitar a máxima largura de faixa ocupada, a 20 dB, em 1 MHz e o tempo médio de ocupação de qualquer canal não deve ser superior a 0,4 s num intervalo de 30 s.

#### 4.4.2. Sistemas de seqüência direta

Para estes sistemas a largura de faixa a 6 dB deve ser, no mínimo, 500 KHz.

### 5 - CONDIÇÕES DE USO

5.1. As estações são dispensadas de licenciamento, porém os equipamentos devem ser certificados pelo Ministério das Comunicações, de acordo com as normas vigentes.

5.2. O Ministério das Comunicações poderá determinar alteração das características técnicas e das condições de uso aqui estabelecidas, mesmo dos sistemas em operação, com a finalidade de otimizar o uso do espectro de radiofrequências.

5.3. Os sistemas que operam em conformidade com esta norma o fazem em caráter secundário, isto é, não tem direito a proteção contra interferência prejudicial, mesmo de estações do mesmo tipo, e não podem causar interferência a sistemas operando em caráter primário.

## **Anexo D: Alguns importantes equipamentos/fabricantes necessários para infra-estruturas wireless LAN**

Apresentaremos a seguir, a relação dos equipamentos que possuem uma maior representação no mercado mundial, possuindo algum tipo de representação no Brasil, compreendendo os principais fabricantes deste setor, constituindo em suas relações de produtos, modelos de equipamentos e acessórios voltados a atender ao setor de integração de redes locais sem fio (WLANs) utilizando a tecnologia de radio frequência em microondas, na banda ISM, com tecnologias spread spectrum (FHSS e DSSS).

### **Black Box – Família de Equipamentos Wireless LAN**

#### **T1 Wireless Radio**

Link T1 Wireless a mais de 11,2 Km

Operando de acordo com as normas FCC na faixa de frequência ISM

Boa performance na faixa de 8 a 11,2 Km

Modulação spread spectrum, sem interferências no sinal

Banda de frequência:	Full duplex, operando em 5.2 GHz e 5.7 GHz
Regulamentação:	Compatível com FCC Part 15.407, U-NII
Faixa de Frequência:	5.250 até 5.350 GHz e 5.725 até 5.825 GHz
Agilidade de Frequência:	Sintonização em passos de 2,5 MHz
Banda Baixa:	5.2608 até 5.34016 GHz
Banda Alta:	5.73568 até 5.81504 GHz
Pares de Canais:	8 x 10 MHz
Modulação:	BPSK
Taxa de Dados:	1.544 Mbps

Custo aproximado: US\$ 4,000.00

Kit com radio, antena, cabos e conectores

#### **11-Mbps Wireless Ethernet Bridge**

Taxa efetivas de transferência de dados acima de 11 Mbps

Conexões remotas com distâncias de até 24.1 km

Eficiente performance para conexões ponto a ponto

Boa conectividade para Internet e para servidores de rede centralizados

Atende ao padrão IEEE 802.11b (11 Mbps)

Regulamentação compatível com FCC Part 15

Programa de configuração e de gerenciamento do link para a família MS-Windows

Número máximo de canais: 11  
 Operação do rádio: Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)  
 Faixa: 2.4 – 2.4835 GHz

Distâncias máximas:  
 Escritório : 45.7 metros ou mais  
 Ambientes internos: 304.8 m  
 Ambientes externos: 24.1 km (sistema de visada direta)

Taxas de Velocidades:  
 Por canal: 1, 2, 5.5, 11 Mbps ;  
 Agregado: 33 Mbps

Interface: 10BASE-T  
 Conectores: RJ-45 F

#### SpeedLAN 10-Mbps Wireless Bridge

Conexão wireless LAN de até 10 Mbps  
 Operando na faixa de 2.4 GHz  
 Configurações de protocolos IP ou IP/IPX  
 Software para roteamento entre duas ou mais redes Ethernet  
 Total integração com a banda ISM, idela para aplicações em escolas, universidades, centros de pesquisas, hospitais, etc.  
 Compatível com o padrão IEEE 802.3 Ethernet  
 Compatível com o padrão IEEE 802.11  
 Enlaces com distância de até 16.1 km (sem uso de amplificador)  
 Compatível com a norma FCC Part 15  
 Interfaces: 10/100BASE-T

Custo aproximado:  
 Kit SpeedLAN 10-Mbps Wireless Bridge  
 (rádio, antena, cabos e conectores, softwares para configuração, gerenciamento e roteamento entre LANs)

Sem amplificador	US\$ 10,500.00
Com amplificador	US\$ 11,300.00

#### Pro 11 Series Wireless Ethernet

Implementação, atualização e expansão de redes de maneira fácil e rápida  
 Compatível com ambiente IEEE 802.3 Ethernet

Compatível com o padrão IEEE 802.11 wireless LAN  
 Taxas de tráfego de dados acima de 3 Mbps.  
 Pode ser usado como ponto de acesso  
 Compatível com os protocolos de rede padrão Ethernet  
 Conexões externas de até 9.6 km (visada limpa)  
 Alcance com distâncias de até 96.5 km utilizando dois pontos repetidores  
 Gerenciamento SNMP  
 Tecnologia de radio: (FHSS) Frequency-Hopping Spread Spectrum  
 Faixa de frequência: 2.4–2.4835 GHz  
 Distância em ambiente interno: 609.6 metros  
 Aplicação:  
     Ponto de Acesso  
     Adaptador para estações de trabalho  
     Bridge Ethernet

Velocidade nominal: 1.9 Mbps  
 Interface: 10BASE-T

Custo aproximado:  
     Kit Pro 11 Series Wireless Ethernet  
         (radio, antena, cabo e conectores)  
     Versão ponto de acesso: US\$ 1,495.00  
     Versão estação de trabalho: US\$ 695.00  
     Versão bridge Ethernet: US\$ 1,995.00

#### Industrial Modem RF115

Conexões wireless com distâncias de até 32.1 km  
 Conexões wireless com distâncias de até 96.5 km com dois repetidores  
 Taxas de transmissão de dados com velocidade de 115 kbps no modo half-duplex.

Utiliza tecnologia FHSS (Frequency-hopping Spread Spectrum technology)  
 Taxas de erro de dados muito baixa  
 Suporte a conexões ponto a ponto ou multi-ponto

Faixa de frequência: 902 a 928-MHz Spread Spectrum  
 Regulamentação: FCC Part 15 (livre de licenças)

Custo aproximado: US\$ 1,775.00

Custos aproximado de antenas internas e externas:

Antena omnidirecional com ganho de 6-dBi	US\$ 225.00
Antena omnidirecional com ganho de 8.5-dBi	US\$ 125.00
Antena direcional, parabólica com ganho de 24-dBi	US\$ 395.00
Antena direcional, parabólica com ganho de 18-dBi	US\$ 295.00

## Lucent Technologies – Família de Equipamentos Wireless LAN

O mercado de rede sem fio está crescendo rapidamente em todo o mundo e no Brasil não é diferente. Graças a redução dos custos desses sistemas e aumento de sua confiabilidade mais e mais empresas estão aproveitando as suas vantagens - mobilidade, flexibilidade e facilidade de instalação.

Os produtos de rede sem fio Lucent trazem a tecnologia dos Laboratórios Bell que são líderes no mercado mundial de soluções de rede local sem fio. Um representante de vendas no Brasil, dos produtos Lucent, é a CERNET.

A linha de produtos de rede sem fio da Lucent é dividida em duas famílias:

Orinoco (ex-WaveLAN) - Equipamentos para uso interno e externo com tecnologia Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS).

WaveAccess - Equipamentos para uso externo com tecnologia Frequency Hop Spread Spectrum (FHSS).

Versões de apresentação dos produtos:

- . Cartão PCMCIA 11 Mbps
- . Cartão ISA 11 Mbps
- . Cartão PCI 11 Mbps
- . WavePOINT II
- . Conversor Ethernet & Serial Orinoco
- . Extender Antena (antena para ambiente interno; permite maior ganho de sinal e alcance)

Características Gerais:

Todos os produtos possuem compatibilidade com os padrões: IEEE 802.11 e 802.11b, bem como total compatibilidade com o padrão Ethernet IEEE 802.3

Confiabilidade no envio das mensagens; gerenciamento de interferência mais robusto através do CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) com protocolo de confirmação de recepção.

Qualidade de serviço garantida e eliminação da perda de mensagens resultante de colisão por "nós de rede escondidos" utilizando mecanismo RTS/CTS (Request to Send/Clear to Send).

Confiabilidade na performance. O sistema tem taxas de transmissão flexíveis. No projeto da rede pode-se optar por uma rede de poucas células e baixo custo ou de alta performance com várias células se sobrepondo.

Maior cobertura através do mecanismo de seleção automática de taxa de transmissão (ASR Automatic Rate Selection). Quando o equipamento sai da área de cobertura de máxima performance, ao invés de perder a comunicação o sistema automaticamente baixa a taxa de transmissão para garantir a continuidade da comunicação. Assim os equipamentos próximos ao equipamento referência de ponto de acesso (como por exemplo, WavePOINT-II) conseguem 11 Mbps, e os mais distantes vão utilizando velocidades menores até chegarem à 1 Mbps (velocidade mínima).

Melhor imunidade a interferências porque as mensagens são fragmentadas em pedaços pequenos, diminuindo o impacto de perdas.

Maior capacidade e performance da rede através do mecanismo simplificado de "roaming" multicanal.

Segurança avançada através do algoritmo RC4 (default de todas placas 11 Mbps Lucent). Utilizando criptografia de 64 bits e de 128 bits (dependendo do modelo)

Alta performance - 11 Mbps de canal físico.

Drives para toda a família de Sistemas Operacionais MS-Windows.

Faixa de frequência de 2.4 GHz

Compatível com FCC Part 15

Principais aplicações:

- . Estender cabeamentos de rede local.
- . Ambientes difíceis de cabear.
- . Ambientes em constante mudança.
- . Redes locais pré-instaladas pronta para uso.
- . Acesso a rede para computadores móveis.
- . Redes temporárias para atender sobrecarga de trabalho.
- . Substituição de linhas privadas de alta velocidade (conexão ponto-a-ponto).

Custos aproximados:

Descrição do Produto	Preço mínimo (US\$)	Preço médio (US\$)	Preço máximo (US\$)
Kit Antena Parabólica Nacional 2,4 GHz 24dBi	189,24	200,00	214,63
Antena Parabólica Importada 2,4 Ghz 24dBi	283,00	299,00	320,00

Antena Setorial Importada 2,4 GHz 17dBi 90graus	1451,00	1533,00	1646,00
Antena Setorial Nacional 2,4 GHz 12dBi 90graus	751,57	794,27	852,39
Antena Setorial Importada 2,4GHz15dBi 180graus	2061,00	2177,00	2338,00
Antena Mini Painel Importada 2,4 GHz 8 dBi	153,00	161,00	173,00
Antena Yagi Nacional 2,4 GHz 15dBi	283,00	299,00	313,00
Antena Yagi Importada 2,4 GHz 14dBi	283,00	299,00	313,00
Antena Omnidirecional Nacional 2,4 GHz 5dBi	248,00	261,00	279,00
Antena Omnidirecional Nacional 2,4 GHz 8dBi	266,00	281,00	302,00
Antena Omnidirecional Importada 2,4 GHz 8 dBi	266,00	281,00	302,00
Antena Omnidirecional Importada2,4GHz15dBi	583,00	615,00	660,00
Amplificador 2,4 GHz	1142,00	1206,00	1295,00
Amplificador Interno 1 Watt de saída 2,4 GHz	953,00	1007,00	1082,00
Caixa Hermética p/ 2 Bridges c/ prot. AC+CC+VF	453,70	479,48	514,56
Caixa Hermética p/ 1 Bridge c/ prot. AC+CC+VF	362,39	382,98	411,00
Caixa Hemética p/ EC ou WA c/ prot.AC+CC+VF	272,45	287,93	309,00
Caixa Hermética p/ EC c/ prot. AC+CC+VF	181,63	191,95	206,00
Surge Protector	124,00	129,00	139,00
Cabo Coaxial LMR 400	4,17/m	4,41/m	4,73/m
Splitter 2 way 2,4 GHz p/ antena 1X2	192,00	203,00	217,00
Splitter 4 way 2,4 GHz p/ antena 1X4	326,00	344,00	369,00
Bridge para 2 cartões placa PCMCIA WaveLan	1512,82	1598,78	1715,76
WaveAccess Central Office Router	3110,00	3286,00	3526,00
WaveAccess Remote Office Router	2456,00	2594,00	2785,00
WaveAccess Central Office Router Software License	700,00	700,00	700,00
WaveAccess Remote Office Router Software License	400,00	400,00	400,00
Cartão PCMCIA 2,4 GHz padrão IEEE - 2 Mbps	420,35	444,23	476,73
Cartão PCMCIA 2,4 GHz padrão IEEE - Turbo	625,67	661,22	709,60
Cartão PCMCIA 2,4 GHz padrão IEEE- 11Mbps – Indoor	389,00	412,00	442,00
Cartão WaveAccess Turbo FCC – 11Mbps – Outdoor	440,00	465,00	500,00
Adaptador ISA para cartão PCMCIA WaveLan	97,42	102,95	110,48
Adaptador PCI para cartão PCMCIA WaveLan	97,42	102,95	110,48
WaveAccess NET CU 132 Central Unit	3154,80	3334,05	3578,00
WaveAccess NET SDR 132 Single Drop Remote	2593,97	2741,35	2941,94
WaveAccess NET MDR 132 Multi Drop Remote	2874,38	3037,70	3259,97
WaveAccess LINK BR 132 S Bridge PTP Slave	3084,68	3259,95	3498,48
WaveAccess LINK BR 132 M Bridge PTP Master	3084,68	3259,95	3498,48
WaveAccess LINK SM 1024 S Sync. Modem Slave	3357,99	3548,79	3808,46
WaveAccess LINK SM 1024 M Sync. Modem Master	3357,99	3548,79	3808,46
Extender Antena - Ant. Externa para cartão PCMCIA	81,03	85,63	91,90
Cabo Proprietário para interligação	69,46	73,41	78,78
WaveLan Ethernet Converter	652,96	690,06	740,55
WaveLan Ethernet & Serial Converter	743,02	785,24	842,70
Transition Cable - Cabo Proprietário	167,68	177,20	190,17

## BreezeCOM – Família de Equipamentos Wireless LAN

No Brasil, um dos revendedores de produtos BreezeCOM é a Empresa União Digital. A família de produtos BreezeCOM é constituída da seguinte forma:

- . BreezeACCESS – Broadband Wireless Access
  - . BreezeACCESS 2.4
  - . BreezeACCESS 3.5
- . BreezeNET PRO 11 – Highly Scalable Wireless Networking
  - . BreezeNET PRO 11
- . BreezeNET DS. 11 – High Rate Wireless Networking
  - . BreezeNET DS. 11
- . BreezeLINK – Wireless E1/ T1 Modem
  - . Breeze LINK
- . Antenas, amplificadores e acessórios

### BreezeACCESS 2.4

O produtos BreezeACCESS 2.4 é o estado-da-arte da empresa israelense BreezeCOM, uma das maiores fabricantes de equipamentos voltado a atender o mercado de conexões de redes sem fio (wireless LAN). Este produto é totalmente compatível com o protocolo IP e portanto uma excelente solução para ISPs (Internet Service Providers ), oferecendo alta velocidade, eficiência, segurança.

#### Características Gerais:

- . Opera na banda ISM de 2.4 GHz
- . Pacote IP otimizado – baseado em Switching
- . Altas taxas de transmissão, acima de 3Mbps (por estação, no caso de uso em multiponto)
- . Taxas de transmissão acima de 36 Mbps (em links ponto a ponto, externo, com sinal de visada limpo)
- . Total conectividade
- . Compatível com o padrão IEEE 802.11
- . Baixo custo
- . Alta velocidade em tráfego simultâneo de dados e voz-IP
- . Abrangência de células de rádio com 8 Km
- . Livre de interferências
- . Gerenciamento SNMP
- . Compatível com FCC Part 15.247
- . Tecnologia FHSS
- . Modulação multicanal GFSK (2, 4 ou 8)

### BreezeNET PRO 11

#### Família:

- . Ponto de Acesso
- . Adaptador para Estação de trabalho
- . Adaptador PCMCIA
- . Ethernet Bridge

#### Características Gerais:

- . Compatível com interface LAN 10Base-T
- . Compatível com padrões: IEEE 802.3, IEEE 802.1d, IEEE 802.11
- . Protocolos suportados: IP, IPX, Apple Talk, OSI, NetBEUI, DECnet, etc
- . Protocolo de acesso ao meio: CSMA/CA
- . Gerenciamento através de agente SNMP, MIB II, bridge MIB, BreezeCOM Private MIB.
- . Rádio Modem operando na frequência de 2.4 – 2.4835 GHz, utilizando FHSS
- . Modulação GFSK
- . Taxas de transmissão na faixa de 3Mbps

#### BreezeNET DS. 11

Os produtos BreezeNET DS. 11 são constituídos de tecnologias que possibilitam altas taxa de velocidades para tráfego de dados tanto em ambientes internos como externos em enlaces do tipo ponto-a-ponto, servindo para interligar redes locais a longas distâncias, tendo um alcance de até 24 km. Esta família de produtos são totalmente compatíveis com o padrão IEEE 802.11, prontos para atender a projetos e configurações de redes locais internas com uma arquitetura cliente/servidor.

A tecnologia utilizada nestes rádios para operação é a DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) na faixa de frequência de 2.4 a 2.4835 GHz, seguindo as normas da FCC part 15, livre de licenças, operando na banda ISM (Industrial, Science, Medical).

A taxa de transmissão de dados opera em 11 Mbps, possibilitando total integração com usuários de redes padrão Ethernet 10Base-T e conseqüentemente, compatível com o padrão IEEE 802.3.

Possui suporte para, DHCP e gerenciamento SNMP. Pode ser encontrado adaptadores nas versões PCI e ISA e também em cartões PCMCIA.

#### BreezeLINK

Este tipo de equipamento, são modems voltados exclusivamente para prover links de acesso a grandes distâncias do tipo E1 ou T1, conectando redes locais de computadores.

#### Características Gerais:

- . Opera na banda ISM, na faixa de frequência de 2.4 GHz
- . Atinge distância de até 40 Km
- . Taxas nominais de transferência de dados de 64 até 2.048 Kbps
- . Baixo custo para áreas estratégicas, onde o acesso a redes cabeadas é difícil
- . Suporte a T1, E1 (G.703 do ITU-T), V.35, X.21 e RS-530
- . Utiliza FHSS
- . Implementando segurança e resistência a interferências
- . Tamanho compacto, fácil de instalar e configurar.
- . Compatível com as normas do FCC part 15
- . Compatível com o padrão IEEE 802.11

#### Amplificador AMP-250 e AMP-500

O amplificador AMP-250 e AMP-500 mW, são usados para incrementar a faixa dos links externos operando sobre o sistema de visada direta, para aumentar o alcance, fortalecendo o sinal.

#### Características Gerais:

- . Operando na faixa de: 2401 – 2482 MHz
- . Modo de operação: Bi-direcional, half-duplex.
- . Modo sensitivo de para ocupação do canal para transmissão e chaveamento automático para transmitir e receber dados.
- . Conectores do tipo N – Fêmea
- . Indicadores: LEDs TX and RX e DC
  
- . Ganho de transmissão: 10 a 18 dB
- . Potência de saída: 500 mW (+27 dBm)  
250 mW (+24 dBm)
- . Potência de entrada: mínimo de 3.2 mW (+5 dBm) e máximo de 100 mW

Existem outros fabricantes importantes e que desenvolvem bons equipamentos de rádio modem, antenas, amplificadores e acessórios, aplicando excelentes tecnologias, oferecendo várias opções para as diversas soluções. Uma dessas empresas que merecem destaques, é a PROXIM, uma empresa forte dos Estados Unidos que atualmente está fazendo parte do consórcio para o desenvolvimento a tecnologia do HomeRF. Vale lembrar também da Cisco/Aironet, que recentemente recebeu o prêmio de destaque Editors Choice da revista americana PC Magazine, bem como os produtos da Radio LAN e Compaq que está entrando neste segmento de mercado wireless LAN também.

A empresa brasileira DIGITEL, é uma boa referência para aquisição de equipamentos para aplicação em integração de redes de computadores, representando algumas empresas internacionais, com a qual pode-se adquirir seus produtos, como os especificados abaixo:

Empresa: DTS:

Linha de produtos: Modem para conexões externas, operando na banda ISM, na faixa de frequência de 2.4 GHz, compatível com as normas FCC part 15 e com o padrão IEEE 802.11, com taxa nominal de 512 Kbps de velocidade e com alcance de distâncias na faixa de 50 Km. Os preços estão na faixa de US\$ 4,500.00 a US\$ 6,700.00.

Empresa: WAVESPAN

Linha de produtos: Rádio Modem para conexões externas, operando na banda ISM, na faixa de frequência de 5.8 GHz, compatível com as normas FCC part 15 e com o padrão IEEE 802.11, com taxa nominal de velocidade em 10 Mbps, compatível com o padrão 10Base-T Ethernet e com alcance de distâncias na faixa de 8 Km. Os preços estão na faixa de US\$ 4,900.00 a US\$ 8,400.00.

Empresa: UTILICOM

Linha de produtos: Rádio Modem para conexões externas, operando na banda ISM, na faixa de frequência de 900 MHz e de 2.4 GHz, compatível com as normas FCC part 15 e com o padrão IEEE 802.11, tendo bastante equipamentos para várias aplicações e com versões de velocidade e alcances de distância bastante variados. Os preços variam desde US\$ 1,900.00 até US\$ 7.800,00

Empresa: IOWAVE

Linha de produtos: Rádio Modem para conexões externas, operando na banda ISM, na faixa de frequência de 2.4 e 5.8 GHz, compatível com as normas FCC part 15 e com o padrão IEEE 802.11, tendo bastante equipamentos para várias aplicações e com versões de velocidade e alcances de distância bastante variados. Os preços variam desde US\$ 7,500.00 até US\$ 26.800,00

A DIGITEL oferece antenas do tipo parabólicas e yagi e também, antenas multidirecional. Os preços estão estimados em:

Antenas omnidirecional para a faixa de frequência de 2.4 GHz, tem preço aproximado de US\$ 72.00 a US\$ 450.00

Antenas parabólicas para 5.7 GHz, tem faixa de preço variando de US\$ 939.00 a US\$ 1,310.00

Antenas Yagi para faixa de frequência de 900 MHz, tem preços de US\$ 137.00 a US\$ 1,500.00

Existem também amplificadores para operarem na frequência de 2.4 GHz, com preço estimado em US\$ 1,500.00.

A relação de fabricantes de produtos wireless LAN é bastante grande, tanto como fabricantes originais como no sistema de OEM. Podemos verificar mais uma lista

de renomados fabricantes que implementam equipamentos direcionado para a tecnologia de sistemas em FHSS e DSSS:

1. AMP
2. Apple
3. BreezeCOM
4. DEC / Compaq
5. Fujitsu
6. IBM
7. Motorola
8. NDC
9. Proxim
10. Pulse
11. Raytheon
12. RDC
13. Symbol
14. Aironet
15. Thomson – CSF
16. Xircom
17. WaveAccess
18. Lucent
19. Ericson
20. Harris
21. Solecteck
22. NCR
23. AT&T

## Anexo E: Espectro de frequência

O espectro eletromagnético de frequências, é bastante amplo, e está compreendido entre 10Hz e 1021 Hz, como deveremos apresentar detalhadamente abaixo.

O maior órgão internacional que controla a alocação de frequências é o FCC (Federal Communications Commission) dos Estados Unidos, e que foi também o primeiro órgão a regulamentar o uso para cada setor, de acordo com a utilização, aplicada a oferta de serviços a comunidade. Esta regulamentação foi seguida por praticamente todo o mundo, tendo apenas algumas pequenas modificações em algumas das suas faixas de frequências, variando principalmente, na Europa e Japão, de acordo com a aplicação. No Brasil, o órgão responsável pelo controle e concessão de serviços em cima do espectro de frequência, é a ANATEL, que segue os padrões estabelecidos internacionalmente pelo FCC.

O espectro de frequência foi subdividido em 8 camadas ou faixas:

Frequência	Designação quanto à frequência	Sigla	Comprimento de onda	Designação quanto ao comprimento da onda
0,3 a 3KHz	Extremamente baixa	ELF	1000 Km a 100 Km	Ondas extremamente longas
3 a 30KHz	Muito baixa	VLF	100 Km a 10 Km	Ondas muito longas
30 a 300KHz	Baixas	LF	10 Km a 1 Km	Ondas longas
300 a 3000KHz	Médias	MF	1000 m a 100 m	Ondas médias
3 a 30MHz	Altas	HF	100 m a 10 m	Ondas curtas
30 a 300MHz	Muito altas	VHF	10 m a 1 m	Ondas muito curtas
300 a 3000MHz	Ultra altas	UHF	100 cm a 10 cm	Ondas ultra curtas
3 a 30GHz	Super altas	SHF	10 cm a 1 cm	Ondas super curtas
30 a 300GHz	Extremamente altas	EHF	1 cm a 0,1 cm	Ondas extremamente curtas

ELF	= Extremely Low Frequency	(Frequência Extremamente Baixa)
VLF	= Very Low Frequency	(Frequência Muito Baixa)
LF	= Low Frequency	(Frequência Baixa)
MF	= Medium Frequency	(Frequência Média)
HF	= High Frequency	(Frequência Alta)
VHF	= Very High Frequency	(Frequência Muito Alta)
UHF	= Ultra High Frequency	(Frequência Ultra Alta)

SHF	= Super High Frequency	(Frequência Super Alta)
EHF	= Extremely High Frequency	(Frequência Extremamente Alta)

A rádio-frequência que compreende a faixa de 3KHz até 300GHz incluindo as frequências de microondas, foram alocadas e normalizadas pela FCC (Federal Communications Commission) ou Comissão Federal de Comunicações dos Estados Unidos, aceitas e utilizadas em todo mundo. A partir de 1GHz as ondas são definidas como microondas.

A seguir, apresentaremos a descrição das principais aplicações que está destinada para cada faixa:

#### Faixa VLF:

. de 3KHz	a	14KHz:	não estão alocadas
. de 14KHz	a	20KHz	comunicações marítimas entre embarcação/costa
. de 20KHz	a	30KHz	sonar

#### Faixa LF:

. de 30KHz	a	300KHz	toda a faixa destinada a comunicação de navegações marítimas
------------	---	--------	--

#### Faixa MF:

. de 300KHz	a	415KHz	navegação marítima
. de 415KHz	a	490KHz	telegrafia
. de 490KHz	a	510KHz	faixa internacional de emergência (500KHz)
. de 535KHz	a	1,6MHz	radiodifusão comercial AM, dividida em 107 canais, com 10KHz cada um
. de 1,8MHz	a	2MHz	radioamadorismo, faixa de 160m.
. de 2,85MHz	a	3,025MHz	rotas aéreas internacionais

#### Faixa HF:

. de 3,5MHz	a	4MHz	rádioamadorismo, faixa de 80m.
. de 5,95MHz	a	6,2MHz	radiodifusão internacional de ondas curtas (faixa de 49m.)
. de 7MHz	a	7,3MHz	radioamadorismo, faixa de 40m.
. de 9,5MHz	a	9,775MHz	radiodifusão internacional de ondas curtas (faixa de 31m.)
. de 11,7MHz	a	11,975MHz	radiodifusão internacional de ondas

. de	13,36MHz	a	14MHz	curtas (faixa de 25m.) faixa de uso ISM, industria, ciência e medicina
. de	14MHz	a	14,25MHz	radioamadorismo, faixa de 20m.
. de	15,1MHz	a	15,45MHz	radiodifusão internacional de ondas curtas (faixa de 19m.)
. de	17,7MHz	a	17,9MHz	radiodifusão internacional de ondas curtas (faixa de 17m.)
. de	21MHz	a	21,45MHz	radioamadorismo faixa de 15m.
. de	21,45MHz	a	21,75MHz	radiodifusão internacional de ondas curtas (faixa de 14m.)
. de	25,6MHz	a	26,1MHz	radiodifusão internacional de ondas curtas (faixa de 11m.)
. de	26,96MHz	a	27,26MHz	faixa do cidadão, classe D, com 23 canais, alocados em portadoras de 26,965MHz a 27,255MHz, espaçadas de 10KHz entre si.
. de	28MHz	a	29,7MHz	radioamadorismo, faixa de 10m.

#### Faixa VHF:

. de	30MHz	a	50MHz	radiodifusão de estações fixas e móveis de segurança pública (polícia, bombeiros, etc)
. de	50MHz	a	54MHz	radioamadorismo, faixa de 6m.
. de	54MHz	a	72MHz	canais 2, 3 e 4 de televisão em VHF (6Mhz por canal)
. de	72MHz	a	76MHz	serviços governamentais e não governamentais (rádio-farol, por exemplo)
. de	76MHz	a	88MHz	canais 5 e 6 de televisão em VHF
. de	88MHz	a	108MHz	radiodifusão comercial de FM, dividida em 100 canais, com 200KHz cada um.
. de	108MHz	a	122MHz	navegação aeronáutica (controle de tráfego aéreo, nesta faixa e em 123,575MHz a 128,825MHz e também de 132,025MHz a 136MHz).
. de	144MHz	a	148MHz	radioamadorismo, faixa de 2m.
. de	150,8MHz	a	162MHz	difusão de segurança pública (dentro desta faixa, de 156,25MHz, encontram-se as comunicações de embarcações de recreação, como lanchas, iates, etc).
. de	162MHz	a	174MHz	serviços governamentais e não-

. de	174MHz	a	216MHz	governamentais. canais de 7 a 13 de televisão em VHF.
. de	220MHz	a	225MHz	proposta faixa do cidadão, classe E.
. de	225MHz	a	400MHz	aviação civil

#### Faixa UHF:

. de	401MHz	a	402MHz	faixa de operações espaciais
. de	406MHz	a	406,1MHz	faixa de satélite meteorológico
. de	420MHz	a	450MHz	radioamadorismo
. de	450MHz	a	470MHz	faixa do cidadão, classe A, com 16 canais
. de	470MHz	a	806MHz	canais 14 a 69 de televisão em UHF (6MHz cada um)
. de	806MHz	a	890MHz	canais 70 a 83 de televisão UHF, exclusivamente para estações repetidoras.
. de	947MHz	a	952MHz	linha de comunicação entre o estúdio e o transmissor de TV
. de	2,7GHz	a	2,9GHz	radar de aeroporto

#### Faixa SHF:

. de	3GHz	a	3,7GHz	radares
. de	3,7GHz	a	4,2GHz	comunicação do satélite Intelsat IV com a Terra
. de	4,2GHz	a	4,4GHz	rádio-altímetros
. de	5GHz	a	5,25GHz	faixa proposta para um sistema internacional de comunicação terrestre por microondas
. de	5,925GHz	a	6,425GHz	comunicação da Terra c/ o satélite Intelsat IV
. de	10,7GHz	a	30Ghz	faixa de utilização nas comunicações com satélites

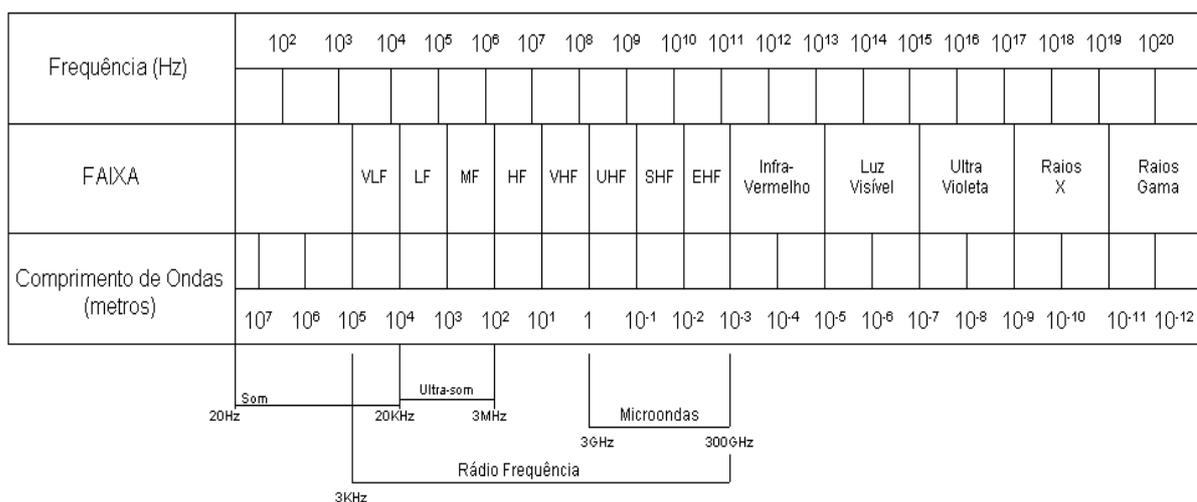
#### Faixa EHF:

. de	41GHz	a	43GHz	satélite para rádio-difusão
------	-------	---	-------	-----------------------------

Existem muitas outras alocações de faixas, sendo estas um breve resumo. A ANATEL coloca a disposição as seguintes faixas de freqüências para utilização de acordo com as normas de ISM (Industria, Ciência e Medicina) no Brasil, de acordo com a Resolução 79 de 24-12-1998, presente na Tabela de Atribuição de Faixas de Freqüências no Brasil:

ISM (ou ICM, Indústria, Ciência e Medicina) no Brasil:

. de	6,765MHz	a	6,795MHz
. de	13,553MHz	a	13,567MHz
. de	26,957MHz	a	27,283MHz
. de	40,660MHz	a	40,700MHz
. de	902MHz	a	928MHz
. de	2400MHz	a	2500MHz
. de	5,725GHz	a	5,875GHz
. de	24GHz	a	24,25GHz
. de	61GHz	a	61,5GHz
. de	122GHz	a	123GHz
. de	244GHz	a	246GHz



Esquema do Espectro de Freqüências Eletromagnéticas

## Anexo F: Tabelas de canais de frequência por regiões geográficas

Tabela 1: Apresentação das potências máximas de saída (irradiação) permitida nas devidas regiões geográficas e seus documentos específicos reguladores.

Potência Máxima de Saída	Localização Geográfica	Documento
1000 W	Estados Unidos	FCC 15.247
100 W (EIRP)	Europa	ETS 300-328
10 W / MHz	Japão	MPT ordinance 79

Tabela 2: Esta tabela lista as frequências permitidas e o número do canal correspondente para as três áreas geográficas mais importantes do mundo para operação em sequência direta do espalhamento espectral, na implementação da camada física.

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Frequências DSSS para operação em diferentes regiões geográficas

Canal / Número	Frequências / América do Norte	Frequências / Europa	Frequências / Japão
1	2.412 MHz	N/A	N/A
2	2.417 MHz	N/A	N/A
3	2.422 MHz	2.422 MHz	N/A
4	2.427 MHz	2.427 MHz	N/A
5	2.432 MHz	2.432 MHz	N/A
6	2.437 MHz	2.437 MHz	N/A
7	2.442 MHz	2.442 MHz	N/A
8	2.447 MHz	2.447 MHz	N/A
9	2.452 MHz	2.452 MHz	N/A
10	2.457 MHz	2.457 MHz	N/A
11	2.462 MHz	2.462 MHz	N/A
12	N/A	N/A	2.484 MHz

Tabela 3: Esta tabela lista a faixa central da frequência para ser usada em implementação da camada física com FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum). Dentro destas faixas são configurados os saltos de frequência definido para a operação da rede em FH. Dependendo do lugar, ou seja, da região geográfica, que a rede sem fio (Wireless LAN ou WLAN) é usada, é definido um número de canais para ser usado em cada salto.

#### Operação de Faixa de Frequência

Limite Inferior	Limite Superior	Faixa Reguladora	Região Geográfica
2.402 GHz	2.480 GHz	2.400 – 2.4835 GHz	América do Norte
2.402 GHz	2.480 GHz	2.400 – 2.4835 GHz	Europa
2.473 GHz	2.495 GHz	2.471 – 2.497 GHz	Japão
2.447 GHz	2.473 GHz	2.445 – 2.475 GHz	Espanha
2.448 GHz	2.482 GHz	2.4465 – 2.4835 GHz	França

OBS.: Estas faixas de frequências apresentadas aqui nesta tabela são submetidas às autoridades reguladoras da região geográfica específica.

Tabela 4: Esta tabela lista os canais mínimos requerido por cada região geográfica e o número definido pelo padrão IEEE 802.11

#### Número de Canais em Operação

Mínimo	Saltos	Região Geográfica
75	79	América do Norte
20	79	Europa
N/A	23	Japão
20	27	Espanha
20	35	França

OBS.: O número de canais para saltos requeridos são submetidos pelas autoridades reguladoras específicas de cada região geográfica

As próximas tabelas define a frequência central por número de canal usados nas diferentes regiões geográficas.

As regiões destacadas e consideradas as mais importantes, são:

- . América do Norte e Europa
- . Japão
- . Espanha
- . França

Tabela 5: Canais usados na América do Norte e Europa

Canal / Número	Valor (GHz)	Canal / Número	Valor (GHz)	Canal / Número	Valor (GHz)
2	2.402	28	2.428	54	2.454
3	2.403	29	2.429	55	2.455
4	2.404	30	2.430	56	2.456
5	2.405	31	2.431	57	2.457
6	2.406	32	2.432	58	2.458
7	2.407	33	2.433	59	2.459
8	2.408	34	2.434	60	2.460
9	2.409	35	2.435	61	2.461
10	2.410	36	2.436	62	2.462
11	2.411	37	2.437	63	2.463
12	2.412	38	2.438	64	2.464
13	2.413	39	2.439	65	2.465
14	2.414	40	2.440	66	2.466
15	2.415	41	2.441	67	2.467
16	2.416	42	2.442	68	2.468
17	2.417	43	2.443	69	2.469
18	2.418	44	2.444	70	2.470
19	2.419	45	2.445	71	2.471
20	2.420	46	2.446	72	2.472
21	2.421	47	2.447	73	2.473
22	2.422	48	2.448	74	2.474
23	2.423	49	2.449	75	2.475
24	2.424	50	2.450	76	2.476
25	2.425	51	2.451	77	2.477
26	2.426	52	2.452	78	2.478
27	2.427	53	2.453	79	2.479
				80	2.480

Tabela 6: Canais usados no Japão

Canal / Número	Valor (GHz)	Canal / Número	Valor (GHz)	Canal / Número	Valor (GHz)
73	2.473	81	2.481	89	2.489
74	2.474	82	2.482	90	2.490
75	2.475	83	2.483	91	2.491
76	2.476	84	2.484	92	2.492
77	2.477	85	2.485	93	2.493
78	2.478	86	2.486	94	2.494
79	2.479	87	2.487	95	2.495
80	2.480	88	2.488	-	-

Tabela 7: Canais usados na Espanha

Canal / Número	Valor (GHz)	Canal / Número	Valor (GHz)	Canal / Número	Valor (GHz)
47	2.447	56	2.456	65	2.465
48	2.448	57	2.457	66	2.466
49	2.449	58	2.458	67	2.467
50	2.450	59	2.459	68	2.468
51	2.451	60	2.460	69	2.469
52	2.452	61	2.461	70	2.470
53	2.453	62	2.462	71	2.471
54	2.454	63	2.463	72	2.472
55	2.455	64	2.464	73	2.473

Tabela 8: Canais usados na França

Canal / Número	Valor (GHz)	Canal / Número	Valor (GHz)	Canal / Número	Valor (GHz)
48	2.448	60	2.460	72	2.472
49	2.449	61	2.461	73	2.473
50	2.450	62	2.462	74	2.474
51	2.451	63	2.463	75	2.475
52	2.452	64	2.464	76	2.476
53	2.543	65	2.465	77	2.477
54	2.454	66	2.466	78	2.478
55	2.455	67	2.467	79	2.479
56	2.456	68	2.468	80	2.480
57	2.457	69	2.469	81	2.481
58	2.458	70	2.470	82	2.482
59	2.459	71	2.471	-	-

#### Acordos de Normalização e Regulamentação Internacional (EMC)

Tanto fabricantes como usuários móveis (chamados de globe trotting) que usam produtos de WLAN (Wireless LAN) precisam estar cientes que a compatibilidade eletromagnética (EMC, Eletromagnetic Compatibility) requisitada, modifica muito de um lugar para outro. A regulamentação serve para minimizar a interferência entre vários usuários de equipamentos de rádio em bandas que não necessitam de licenças (unlicensed). O padrão IEEE 802.11 define as especificações para a interconexão de WLANs para uma área maior do mercado.

Wireless LAN são submetidas para certificação de equipamentos e requerimentos de operação estabelecidos por regiões e administrações reguladoras nacionais. O padrão IEEE 802.11 identifica os requerimentos técnicos mínimos para interoperabilidade e conformidades baseada sobre regulamentações estabelecidas por Europa, Japão e América do Norte. Fabricantes WLAN precisam estar conscientes de todos requerimentos reguladores atuais para oferecer um produto para mercados nos seus lugares específicos.

As informações sobre os documentos listados abaixo especifica os requerimentos atualmente reguladores para as várias áreas geográficas. Estes são providos apenas por informações, e são submetidos para alterações ou revisão quando necessário.

#### Europa:

- . Aprovação de padrões: European Telecommunications Standards Institute
- . Documentos: ETS 300-328, ETS 300-339
- . Aprovação de autorização: National Type Approval Authorities

#### França:

- . Aprovação de padrões: La réglementation en France por les Equipaments fonctionnant dans la bande de frequences 2,4 GHz “RLAN – Radio Local Area Network”
- . Documentos: SP/DGPT/ ATAS/23, ETS 300-328, ETS 300-339
- . Aprovação de autorização: Direction Generale des Postes et eleccommunications

#### Japão:

- . Aprovação de padrões: Research and Development Center for Radio Communications (RCR)
- . Documentos: RCR STD-33A
- . Aprovação de autorização: Ministry of Telecommunications (MKK)

#### América do Norte:

- . Aprovação de padrões: Industry Canada (IC), Canada  
Federal Communications Commision (FCC), USA
- . Documentos: (IC): GL36  
(FCC): CFR 47, Part 15, Sections 15.205, 15.209, 15.247
- . Aprovação de autorização: Industry Canada (Canada); FCC (USA)

#### Espanha:

- . Aprovação de padrões: Suplemento Del Numero 164 Del Boletin Oficial Del Estado (Publicado em 10-07-1991, revisado em 25-06-1993)
- . Documentos: ETS 300-328, ETS 300-339
- . Aprovação de autorização: Cuadro Nacional De Atribucion De Frecuencias

Operações em outros lugares da Europa, ou também em outras regiões fora do Japão ou América do Norte, podem ser submetidas para casos adicionais, revisões suplementares ou alternativas de regulamentação nacional própria.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.