

ESTUDO DAS MOTIVAÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIA WIRELESS PELA ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE BARBACENA (EAFB).

Vanessa Pedrosa da Silva¹, Luís Augusto Mattos Mendes²

¹Departamento de Ciência da Computação – Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC)
Campus Magnus – Barbacena – MG – Brasil

vanessapedrosa4@yahoo.com.br¹, luisaugustomendes@yahoo.com.br²

Resumo. *Este trabalho tem por objetivo descrever fundamentos básicos das tecnologias Wimax e Wi-Fi e, através de uma análise do Estudo de Caso do Projeto Cidade Digital que está sendo desenvolvido na Cidade de Barbacena para levar acesso a Internet nas Escolas e Repartições Públicas, mostrar qual das duas tecnologias é a mais viável a ser implantada.*

Palavras - Chave: Wimax; Wi-Fi; Cidade Digital.

1. Introdução

Visando promover a inclusão tecnológica e digital na cidade de Barbacena, surgiu um projeto inovador, de grande porte que levará acesso à Internet para as escolas e repartições públicas. Esta grande ação chamada de Cidade Digital será o cenário base para este trabalho.

Nesse contexto pretende-se analisar redes de acesso sem fio, que é uma determinação do próprio projeto Cidade Digital. O estudo de caso do projeto foi escolhido pelas características da região que possui em seu relevo as principais dificuldades para a implantação de redes, pois é uma região muito montanhosa. O projeto visa mostrar o desenvolvimento de um modelo de rede sem fio, replicável a escolas e repartições públicas, permitindo que professores, alunos e dirigentes da rede educacional tenham acesso à tecnologia na educação e possam desenvolver estratégias pedagógicas baseadas na nova tecnologia.

No decorrer desse artigo serão apresentados os conceitos básicos das Tecnologias Wimax e Wi-Fi, e também um Estudo de Caso sobre o projeto de Barbacena, Cidade Digital.

Wimax agrega soluções tecnológicas que foram adquiridas com outras tecnologias de Redes sem Fio, o que faz dela uma tecnologia mais eficiente. Um exemplo disso é a modulação do sinal digital, utilizando algoritmos mais eficientes, proporcionando uma maior banda. Com capacidade de transmitir voz, Internet em alta velocidade além de sinais digitais de imagens para os usuários incluídos no projeto.

Já Wi-Fi permite ao usuário utilizar a rede em qualquer ponto dentro dos limites de alcance da transmissão, não exige que cada elemento conectado use um cabo, permite a inserção rápida de outros computadores e dispositivos na rede, evitando assim que paredes sejam adaptadas para a passagem de fios, entre outros.

A seção 2 trata dos conceitos das Tecnologias de rede sem fio.

2. Conceitos e Definições

As Redes sem fio proporciona, todas as funcionalidades de uma rede cabeada, porém sem as restrições físicas do cabeamento propriamente dito. Apesar das dúvidas da sobre a segurança existe um grande consenso com relação a gerenciamento de dispositivos, configurações, dentre outras.

Existem vários padrões, mas iremos destacar somente dois, que são Wimax, conhecido como IEEE802.16 e Wi-Fi, conhecido como IEEE802.11.

2.1 Wimax

Wimax é uma tecnologia de redes sem fio que permite substituir as tecnologias de acesso de banda larga por cabo e ADSL. Essa tecnologia permite a comunicação fixa entre um ou mais pontos, comunicação portátil e comunicação móvel sem fio sem a necessidade de visada direta com a estação base. Wimax é o nome popular dado ao padrão IEEE 802.16 que é também conhecido como a interface aérea do IEEE para WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*), isto é, para as redes sem fio das áreas metropolitanas, apresentando desempenho equivalente aos dos acessos que usam os meios físicos.

“A tecnologia Wimax é baseada na próxima geração de rede IP, que oferece baixa latência, segurança avançada, QoS (*Quality of Service*), e capacidade de *roaming* mundial. Os provedores de serviços também se beneficiarão com o baixo custo de uma tecnologia baseada em padrões abertos, interoperabilidade de equipamentos e os direitos favoráveis de propriedade intelectual”. [1]

A tecnologia Wimax é especificada pelo grupo do IEEE e possui diversas características, que serão apresentadas abaixo.

O padrão IEEE802.16 apresenta serviços que permitem a transmissão de voz e vídeo, que requerem redes de baixa latência. A Tabela 1 [1] abaixo mostra a evolução do IEEE 802.16.

TABELA 1 - Evolução do padrão IEEE 802.16

Padrão	Características
IEEE 802.16	Aprovada em dezembro de 2001; Faixa de frequência – 10 a 66 GHz; Operação somente em LOS ¹ (Line of Sight);
IEEE 802.16.2	Especificação de práticas para operação de múltiplos Sistemas BWA ² (<i>Broadband Wireless Access</i>); Faixa de frequência – 10 a 66 GHz;
IEEE 802.16c	Aprovada em dezembro de 2002; Especificação de perfis visando à interoperabilidade entre equipamentos de vários fabricantes;
IEEE 802.16a	Aprovada em janeiro de 2003; Faixa de frequência licenciada e não licenciada – 2 a 11 GHz; Operação em NLOS ³ (<i>Near Line of Sight</i>);

¹ LOS: Linha de vista. [2]

² BWA: Banda larga sem fio em alta velocidade.[3]

³ NLOS: Quase Linha de Visada (Near line of sight). [5]

IEEE 802.16d	Aprovada em 2004; Também chamada de 802.16-2004 ou Wimax Fixo; Especificação de regras para Interoperabilidade nas frequências até 66 GHz, mas com foco até 11 GHz; Definição de uso de subcanalização; Suporta arranjos de antenas inteligentes;
IEEE 802.16e	Ratificada em dezembro de 2005; Também chamada de 802.16-2005 ou WiMAX móvel; Incompatível com o WiMAX fixo; Faixa de frequência licenciada e não licenciada – 2 a 6 GHz; Mobilidade e controle de potência; Usa a Modulação OFDMA ⁴ (<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>)
802.16f	Evolução do 802.16 introduzindo o conceito de redes em malha (<i>mesh networks</i>).
802.16g	Outra evolução para suporte a mobilidade.

2.1.1 Tecnologia

“O Wimax é um padrão sem fio para comunicação de alta velocidade que pode operar em quatro frequências: 2.5GHz, 3.5GHz, 5.8GHz, 10.5GHz. Sendo somente a frequência 5.8GHz não licenciada, ou seja, são faixas que cada vez estão mais difíceis de serem usadas para prestar um serviço de qualidade já que a interferência em seus canais é muito grande.” [4]

“As velocidades máximas de transmissão ficam em torno de 75 Mbps. Nesse padrão podem ser implantados tanto FDD⁵ (Frequency Division Duplex) quanto TDD⁶ (Time Division Duplex), sendo no caso do FDD permitindo ainda terminais Half⁷ e Full Duplex⁸.”[4]

A estrutura montada pode ser classificada em dois tipos: ponto-a-ponto e multiponto. Na Estrutura Ponto-a-ponto são utilizadas duas antenas de rádio onde estarão interligados dois pontos. Já na arquitetura Multiponto a rede implantada permitirá o alcance de vários assinantes, ou seja, vários usuários são atendidos simultaneamente a partir de um ponto base que é posicionado estrategicamente.

A Figura 1 [1] mostra as ligações ponto-a-ponto e ponto-multiponto.

4 OFDMA: Baseada em modulação OFDM, e foi desenvolvida para operação sem linha de visada, com frequências inferiores a 11 Ghz. [6]

5 FDD: Utiliza duas bandas separadas de frequência, permitindo ao terminal móvel transmitir em uma frequência e receber em outra.[7]

6 TDD: Utiliza-se a mesma faixa de frequência para transmissão e recepção, em tempos distintos.[7]

7 Comunicações possíveis em ambos sentidos, porém uma de cada vez.[8]

8 Comunicações simultâneas em ambos os sentidos. [8]

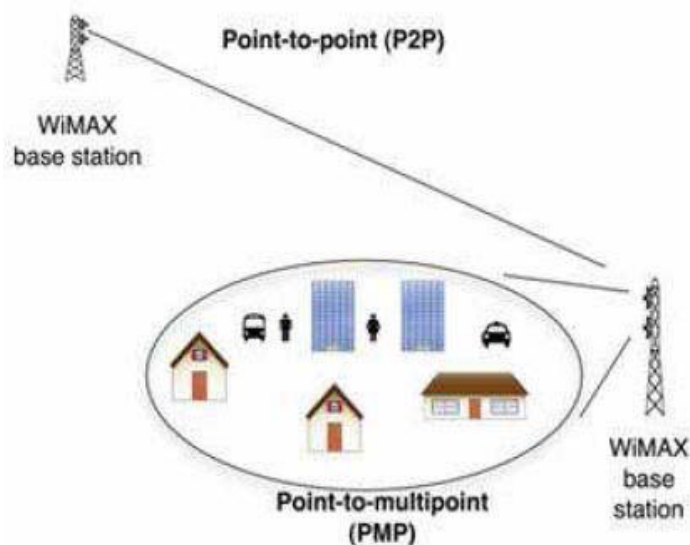


Figura 1 - ligação ponto-a-ponto (P2P) e ponto-multiponto (PMP)

A arquitetura ponto-a-ponto é de uma estação base (*Base Station* - BS) e uma ou mais estações clientes (*Subscriber Station* - SS). A BS é o nó central que coordena toda a comunicação e as SSs (representada pelos usuários) se localizam a diferentes distâncias da BS. Todo o tráfego de dados da rede passa pela BS, pois não existe uma comunicação direta entre as SSs. A estação base pode estar conectada a uma outra infra-estrutura de rede (como por exemplo, a Internet), possibilitando uma extensão dos serviços oferecidos aos usuários [1]. Da mesma forma, as estações clientes podem oferecer diferentes serviços para usuários conectados através de uma rede local cabeada, ou sem fio.

A comunicação entre as torres pode possuir uma linha de visada sem obstruções ou não, assim classifica-se como: sem linha de visada ou com linha de visada, ou ainda como com linha de visada obstruída. Dependendo desse tipo de classificação de distâncias e velocidades de alcance podem ser afetadas. E dependendo do que obstrui o caminho, a área de cobertura do Wimax pode aumentar, pois ele trabalha com reflexão de sinal, justificando a sua aposta em áreas urbanas.

2.2 Wi-Fi

Wi-Fi se refere à tecnologia para conexões sem-fio que respeitam o conjunto de normas 802.11. Atualmente, é o padrão mais usado no mundo para transmissão de dados sem-fio.

Wi-Fi é popularmente usada para fazer referência às variações 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11i, entre outros do IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). A tecnologia está diretamente associada à mobilidade e comunicação sem fio, sendo considerada por muitos como a segunda onda da internet, porém, o Wi-Fi deve ser classificado como uma tecnologia sem fio/wireless, deixando reservado o status de verdadeira e total mobilidade para as tecnologias WWAN. A Tabela 2 mostra a evolução do IEEE 802.11.

TABELA 2 - Evolução do padrão IEEE 802.11

Padrão	Características
IEEE802.11	Opera nas faixas de frequências entre 2,4 GHz e 2,4835 GHz, uma das já citadas faixas ISM. Sua taxa de transmissão de dados é de 1 Mbps ou 2 Mbps e é possível usar as técnicas de transmissão.
IEEE802.11a	Opera na frequência de 5 GHz e atinge velocidade de 54 Mbps (megabits por segundo). É incompatível com as redes 802.11b.
IEEE802.11b	É o mais lento de todos, com transmissão de 11 megabits por segundo. Adaptadores compatíveis com 802.11b dão acesso aos locais com cobertura de Internet públicos.
IEEE802.11d	Habilita o Hardware a operar em vários países aonde ele não operara hoje por problemas de compatibilidade.
IEEE802.11e	O 802.11e agrega qualidade de serviço (QoS) às redes IEEE 802.11.
IEEE802.11f	Recomenda prática de equipamentos de WLAN para os fabricantes de tal forma que os pontos de acesso possam interoperar.
IEEE802.11g	Opera com velocidade similar ao 802.11a (54 Mbps). É compatível com redes 802.11b.
IEEE802.11h	Wi-Fi com ênfase em otimização de frequência/utilização de banda - 5GHz [9]
IEEE802.11i	Atualização de segurança do padrão 802.11. Conta com o novo protocolo que oferece maior proteção.
IEEE802.11j	Diz respeito às bandas que operam as faixas 4.9GHz e 5GHz, disponíveis no Japão. [9]
IEEE802.11k	Possibilita um meio de acesso para os pontos de acesso transmitir dados de gerenciamento
IEEE802.11n	Atende tanto as necessidades de transmissão sem fio, como de um ambiente altamente compartilhado, empresarial ou não. [9]
IEEE802.11p	Interconectividade e segurança automotiva (WAVE) 5.9GHz [9]
IEEE802.11s	Permite que pontos de acesso se comuniquem entre si, permitindo uma maior cobertura e melhor roteamento através dos nós de rede.
IEEE802.11t	Tem como função oferecer métodos de medida de performance e recomendação de teste de equipamentos.
IEEE802.11u	Interoperabilidade com outras redes móveis/celular [9]
IEEE802.11v	Redução do consumo de energia.

2.2.1 Tecnologia

As redes sem fio IEEE 802.11, que também são conhecidas como redes Wi-Fi que opera em faixas de frequências que não necessitam de licença para instalação e/ou operação.

Com a tecnologia é possível implementar redes que conectam computadores e outros dispositivos compatíveis que estejam próximos geograficamente. Essas redes não exigem o uso de cabos, já que efetuam a transmissão de dados através de radiofrequência, como existem inúmeros serviços que podem utilizar sinais de rádio, é necessário que cada um opere de acordo com as exigências estabelecidas pelo governo de cada país. Essa é uma maneira de evitar problemas, especialmente interferências.

Com a intenção de sanar os problemas antes encontrados nos padrões 802.11 e 802.11b foi criado o padrão 802.11a, com uma velocidade maior chegando ao máximo de 54 Mbps (de 72 a 108 Mbps por fabricantes não padronizados), podendo também operar em velocidade mais baixas. Trabalha em uma faixa de 5GHz, faixa essa que tem por vantagens poucos concorrentes, porém com menor área de alcance. [10]

2.3 Modulações

As Tecnologias utilizam os seguintes modos de operação: OFDM, OFDMA .

O OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) consiste na transmissão paralela de dados em diversas subportadoras superpostas. Permite a sobreposição entre bandas das diferentes portadoras sem interferência, oferece uma alta taxa de transmissão de dados. Ela pode ser vista como uma boa candidata para modulação em sistemas de banda larga, e ambientes multi-percurso.

“OFDM é uma técnica de modulação aonde múltiplas portadoras de baixa taxa são combinadas para transmitir numa forma paralela, resultando em altas taxas de transmissão” [11]

O “OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access*) é uma técnica para transmissão de grandes quantidades de dados digitais através de ondas de rádio. A tecnologia funciona pela divisão dos sinais de rádio em subsinais que são então transmitidos simultaneamente em diferentes frequências.”[4]. Essa técnica apresenta uma performance melhor em ambientes NLOS (*Non Line of Site*), otimizando a transmissão e aumentando o alcance.

São métodos muito modernos e sofisticados de modulação que pode ter um desempenho muito elevado, oferecendo uma alta taxa de transmissão de dados mesmo em ambiente de multipercurso, ou seja, ela faz o sinal trafegar em várias rotas diferentes ficando sensível a interferência externa.

3. Estudo de Caso

Está em desenvolvimento em Barbacena – MG, o projeto “Cidade Digital”, com o suporte técnico e administrativo da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) e uma parceria entre o Ministério das Comunicações e a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

O projeto visa permitir que os setores que não possuem a tecnologia tenham acesso à informação e ao conhecimento que a Internet propicia e mostrar o desenvolvimento de um modelo de rede sem fio, replicável a escolas e repartições públicas. Permitindo que professores, alunos e dirigentes da rede educacional tenham acesso à tecnologia na educação e possam desenvolver estratégias pedagógicas baseadas nas novas tecnologias.

Inicialmente o Projeto visava utilizar o Wimax/IEEE 802.16, entretanto, o que está sendo efetivado é o padrão IEEE802.11a.

O padrão utilizado no projeto é o IEEE802.11a, sendo este um padrão Wi-Fi para frequência 5 GHz com capacidade teórica de 54 Mbps. As suas principais vantagens são a velocidade, a gratuidade da frequência que é usada e a ausência de interferências. Maior atenuação com obstáculos, inclusive a chuva.

Foi feito mapeamento pela UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto), com GPS para fazer visada com as torres e estudo de qual seria o melhor local em cada escola para se instalar.

Serão utilizados no projeto em Barbacena quatro torres, sendo duas no Monte Mário e duas no Santo Antônio. Também serão utilizadas antenas de assinantes, que foram instaladas nas escolas públicas, municipais, federais, estaduais, postos de saúde, na área de segurança, como o batalhão, museus e outras repartições públicas, nos quais se totalizam 46 pontos, sendo eles: Colégio Tiradentes, Escola Estadual Adelaide Bias Fortes, Escola Estadual Henrique Diniz, Escola Estadual São Miguel, Escola Municipal Inês Piacesi, Escola Municipal Professor Yaya Moreira, Escola Preparatória de Cadetes do Ar, Museu Georges Bernanos, Posto 9 de Março (P.S. Dr. João Fonseca), Policlínica Municipal de Referência, Unidade Básica de Saúde Vilela, Posto de Saúde Funcionários, Secretaria

Municipal de Educação, Secretaria Regional de Ensino, Centro E. Educação Especial M^a. do Rosário, Escola Estadual Professor João Anastácio (Polivalente), Embaixador Martins Francisco (CAIC), Escola Municipal José Moreira dos Santos, Posto de Saúde Santo Antônio, Escola Estadual Amílcar Savassi, Escola Estadual Bias Fortes, Escola Estadual Lions, Escola Estadual Padre Mestre Correa, Escola Estadual Pio XI, Escola Estadual Professor Soares Ferreira, Escola Municipal Abgar Renault (Salesiano), Escola Municipal Bem-me-quer, Escola Municipal Padre Sinfrônio de Castro, Creche Escola Santo Antônio, Posto de Saúde Santa Efigênia, Posto de Saúde Boa Vista, UBS Dr. Jose Amin Feres (INSS), Biblioteca Municipal Barbacena, Quartel Policia Militar, Escola Agrotécnica Federal - Zootecnia, Escola Estadual Doutor Alberto Vieira Pereira, Escola Estadual Dr. Martins Paulucci, Escola Estadual Teobaldo Tollendal, Escola Estadual Embaixador Jose Bonifácio, Escola Municipal José Felipe Sad, Escola Municipal Lia Salgado, Escola Municipal Oswaldo Fortini, Escola Municipal Antonio Marcos Andrade, Museu da Loucura, Unidade Básica de Saúde Santa Cecília, DEMASP (Hospital Regional).

Mais o maior problema está no fato de que muitas escolas que vão receber esse ponto de acesso não têm nenhuma estrutura. A Figura 2 apresenta os pontos onde serão instaladas as Torres.

3.1 Equipamentos

Os equipamentos utilizados são a Torre AU (Unidade de Acesso) usada para emitir os dados para os seus clientes. Conhecida como estação base. Serão utilizadas quatro AU's de 5,875 Ghz e com um ângulo de 120°. Figura 3 [12].



Figura 3 – AU (Unidade de Acesso)

Também utilizamos a Antena SU (Unidade de Assinante) usada como receptor de dados. Figura 4 [12] abaixo:



Figura 4 – SU (Unidade de Assinante)

Temos o Adaptador IDU (*Universal indoor Unit AC Power adaptador*) que é a placa de redes, responsável por fazer a conexão da máquina ao meio de transmissão. Figura 5 [12] abaixo:



Figura 5 – Adaptador IDU

O Conversor é usado para fazer a ligação entre meios diferentes. Figura 6 [12] abaixo:



Figura 6 - Conversor

“BreezeACCESS VL é a plataforma banda larga de acesso wireless ponto multiponto (OFDM), mais implementada em todo o mundo, operando em frequências não licenciadas; ela viabiliza a classe WiMAX para serviços de dados e VOIP nas bandas de 5 GHz.” [13]

Cabo par trançado: só permite a conexão de dois pontos da rede. Por isso que quando temos uma rede com mais computadores, utilizamos um hub ou switch.

Cada escola está recebendo uma antena com largura de 3Mbps por segundo. Já as AUs já tem uma largura de até 54Mbps por segundo. O cabeamento utilizado é de cabo de par trançado, com exceção do que liga o conversor que é um cabo coaxial.

3.2 Segurança

Foram implantados vários métodos de segurança, como permitir o controle das antenas somente via antena da Escola Agrotécnica, implementação de algumas técnicas de segurança, técnicas de criptografia, autenticação, técnicas de firewall.

Técnicas de criptografia são indispensáveis para garantir o mínimo de restrição no acesso aos dados sendo transmitidos através do ar. São técnicas destinadas a proteger o conteúdo de uma informação, tanto em relação às modificações não autorizadas quanto a alteração de sua origem, sendo uma das técnicas que possibilitam o atendimento dos requisitos básicos de segurança da informação. Técnicas de autenticação servem para provar a identidade digital de um usuário ou objeto digital para o uso da rede, autenticado o usuário pode acessar recursos de acordo com suas permissões.

A técnica de firewall tem como função regular o tráfego de dados entre redes distintas e impedir a transmissão e/ou recepção de acessos nocivos ou não autorizados de uma rede para outra.

Em uma rede sem fio, basta que um dispositivo com capacidade de comunicação sem fio esteja dentro do raio de transmissão de outro, para que ele seja capaz de “ouvir” tudo que estiver sendo transmitido.

Ter acesso a um desses dispositivos que permitam acesso ao meio de transmissão da rede, não costuma ser tão fácil como simplesmente estar dentro do raio de transmissão de um dispositivo de comunicação sem fio.

3.3 Comparação 802.16 x 802.11

O projeto Cidade Digital visa implantar uma tecnologia de rede sem fio. Duas Tecnologias estão sendo questionadas sendo elas IEEE802.16 e a IEEE802.11. Elas resolvem problemas diferentes embora semelhantes em alguns aspectos. A principal semelhança está no fato de que os ambos padrões terem sido projetados para fornecer comunicações sem fio em banda larga. Porém a diferença está na rede, elas se diferem em detalhes importantes, o padrão 802.16 fornece um serviço para edifícios que são pontos fixos, eles não migram de uma célula para outra. Se tratando do padrão 802.11 grande parte dele lida com mobilidade, o que não é relevante no 802.16, porém disponível no 802.16a.

A Tabela 3 mostra a comparação das características dessas Tecnologias.

Tabela 3 – Comparação das Tecnologias

	Wi-Fi	Wimax
Modulação	OFDM	OFDM / OFDMA
Largura de Banda	54Mbps (11a)	Até 150Mbps
QoS	Nenhum	Sim
Frequência	2,4 GHz(11) / 5GHz (11a)	10 a 66 GHz
Distância	100m	50Km
Cobertura	Voltada a comunicação entre antenas	Toda uma área
Usuários	Centenas	Milhares

4. Considerações Finais

O projeto Cidade Digital quer realizar um processo de inclusão digital em algumas repartições públicas da Cidade de Barbacena. Conclui-se que, entre as tecnologias analisadas, tínhamos como foco a Wi-Fi, mas com as

devidas características estudadas a tecnologia mais viável a ser implantada é Wimax. Como pode ser Verificado ao longo desse trabalho o padrão IEEE 802.16 é apresentado como uma solução ao problema de conexão, oferecendo uma tecnologia que em breve será responsável pela inclusão à Internet nas regiões não alcançadas pelo acesso banda larga.

A tecnologia atende a todos os pontos, atingindo distâncias de até 50Km, já a Wi-Fi, sua variação IEEE802.11a, atende somente uma distância de, no máximo, 100m, não sendo adequada para a implantação. Importante também ressaltar a questão da largura de banda na qual o Wimax pode alcançar até 150Mbps e a variação de Wi-Fi, a 802.11a pode alcançar até 54Mbps, ou seja, Wi-Fi não atende as necessidades do Projeto.

Propõe-se para trabalhos futuros, um estudo do projeto em funcionamento, mostrando principalmente se alcançou às metas pretendidas, atendendo a todos usuários.

5. Bibliografia

[1] SOUZA, Adelmo Prado. de OLIVEIRA, Carlos R. de; CARVALHO, Gilton; SILVA, Solange da. *A Expectativa sobre a tecnologia WIMAX no Mercado de Telecomunicações*. Goiás: Universidade Católica de Goiás. Disponível em <http://www.abee-go.com.br/artigos/wimax.pdf>. Acesso em: 01/abr/2008. 8 p.

[2] FIGUEIREDO, Fabrício Lira. *Fundamentos da Tecnologia Wimax*. CPQD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações. 11p. Disponível em: http://www.cpqd.com.br/file.upload/sas1437_tecnologia_wimax_port_v02.pdf Acesso em 19/abr/2008.

[3] CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA. CEFET/SC. Disponível em: <http://www.sj.cefetsc.edu.br/wiki/index.php/Wimax> Acesso em: 05/jun/2008

[4] AUGUSTO, Erico; CABRAL, Leandro; BASTOS, Talita; CHAVES, Taís. *OFDMA & WCDMA*. Recife: Faculdade Integrada do Recife Especialização Lato Sensu Redes Convergentes, 2006. Disponível em http://www.arquivos.fir.br/disciplinas/170SCM8_OFDMA_WCDMA_versao_final.pdf. Acesso em 02/abr/ 2008. 31 P.

[5] TELECO. Disponível em: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredeswimax/pagina_4.asp Acesso em: 03/mai/2008.

[6] MARCELO, Paulo. Frequency Division Duplex e Time Division Duplex. Disponível em: <http://www.vivasemfio.com/forum/viewtopic.php?t=79> Acesso em: 05/jun/2008.

[7] INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA. Disponível em: http://www.ime.eb.br/~bispo/1a%20aula_2004_2pp.pdf Acesso em: 03/mai/2008.

[8] GRUPO DE TELEINFORMÁTICA E AUTOMAÇÃO. GTA/UFRJ. Disponível em: http://www.gta.ufrj.br/grad/06_1/wimax/phy.html Acesso em: 05/jun/2008.

[9] MOBILEZONE. Disponível em: <http://www.mobilezone.com.br/> Acesso em: 12/dez/2008.

[10] MUNDOWIFI. Disponível em: <http://www.mundowifi.com.br/forum/thread65.html> Acesso em 25/nov/2008

[11] SADOK, Djamel. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing - OFDM*. 28p. Disponível em: www.cin.ufpe.br/~jk/ofdm.ppt. Acesso em: 11/jun/2008.

[12] BIZSYCON. Disponível em www.bizsycon.com/site_map/index_client.html Acesso em 20/out/2008

[13] ALVARION. Disponível em: <http://www.alvarion.com.br/> Acesso em 11/set/2008.

[14] ALVARION. Disponível em: <http://www.alvarion.com.br/> Acesso em 11/set/2008.

[15] FIGUEIREDO, Fabrício Lira. *Fundamentos da Tecnologia Wimax*. CPQD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações. 11p. Disponível em: http://www.cpqd.com.br/file.upload/sas1437_tecnologia_wimax_port_v02.pdf Acesso em 19/abr/2008.

[16] CLUBE DO HARDWARE. Disponível em: www.clubedohardware.com.br/artigos/181/3. Acesso em 22/out/2008.