

# Cartilha Eletrônica do WiMAX

Enviado por Vários Autores  
26-Mar-2008

Com os verbetes (8) Equipamentos e (24) Cursos de WiMAX no Brasil atualizados.

O e-Thesis e a ComUnidade WirelessBR produziram esta Cartilha Eletrônica do WiMAX, com o intuito de facilitar a pesquisa sobre o tema. A partir de nossa própria experiência na busca de conteúdo sobre WiMAX - que exige a confecção de uma verdadeira colcha de retalhos para pinçar uma informação aqui outra ali - reunimos, por palavras-chaves, um resumo atualizado da tecnologia, originário de diversas fontes. 1) Definição WiMAX é um acrônimo para World Interoperability for Microwave Access. O WiMAX é antes de tudo uma família de normas que define as conexões em banda larga em via hertziana. É igualmente um nome comercial para estas normas. 2) Histórico O WiMAX é uma iniciativa e um consórcio, o WiMAX Forum, criados em junho de 2001, sob iniciativa da Intel e da Alvarion, para permitir a convergência e a interoperabilidade em dois padrões de rede antes independentes: HiperMAN, proposto na Europa pelo ETSI (European Telecommunications Standards Institute), e o 802.16 do IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), dos EUA. Hoje, o WiMAX Forum reúne mais de 522 membros entre fornecedores e operadores de telecomunicações, como A&T Wireless, Intel, Fujitsu Microelectronics America, Alcatel-Lucent, Motorola, Nokia, Siemens Mobile, France Telecom etc. (Aqui a lista completa). 3) As diferentes normas Um dos objetivos da criação do WiMAX Forum é a pesquisa da interoperabilidade: ela é obtida pelas vias da normalização e da certificação e representa elemento chave do WiMAX, como já foi verificado no Wi-Fi. A questão é crucial, pois o WiMAX é definido para uma larga banda de frequência - entre 2 e 66 GHz, que autoriza bandas, portabilidade e usos muito variados. Concebido inicialmente para a frequência entre 11 e 66 GHz, o 802.16 passou a incluir as bandas 2-11GHz, levando ao surgimento, em 2003, da 802.16a. Este padrão depois foi atualizado para o 802.16-2004, e a rigor não se deveria mais falar sobre a versão a. Conduzida pelo grupo de trabalho IEEE 802.16d, esta versão também é chamada de 802.16d. Ao lado do 802.16-2004, temos igualmente o 802.16.2, padrão que definiu a interoperabilidade entre todas as soluções 802.16 e as soluções que estão sob a mesma banda de frequência (como o Wi-Fi). Um novo padrão foi ratificado em dezembro de 2005: o WiMAX móvel (802.16e). Este padrão definiu a possibilidade de uso das redes metropolitanas sem fio com os clientes móveis na área de frequência entre 2 e 6GHz. O WiMAX móvel abre o caminho para a telefonia móvel sobre IP ou, mais amplamente, serviços móveis em banda larga. Enfim, o padrão 802.16f traz o equivalente das malhas de rede (redes Mesh) do Wi-Fi. Ele adiciona itinerário entre vários pontos de acesso. Em geral, os padrões 802.16, 802.16a, 802.16b e 802.16c foram todos substituídos pelo padrão 802.16-2004. Até antes do padrão d, IEEE 802.16 e ETSI HiperMAN eram projetos separados. O padrão 'd' unificou os dois projetos e foi usado como base para o padrão WiMAX do WiMAX Forum. Além de corrigir as especificações anteriores e unificá-lo ao HiperMAN, o padrão 'd' trouxe uma inovação importante que foi o uso de OFDM com 256 portadoras. Em resumo, a família 802.16 é muito genérica, pois tem o objetivo de satisfazer necessidades diversas dos fabricantes. Para que fosse possível desenvolver soluções compatíveis, o escopo do padrão foi reduzido para que se chegasse a um consenso em relação a que opções do padrão implementar e testar por interoperabilidade. O IEEE desenvolveu o padrão, mas deixou para os fabricantes a tarefa de convertê-lo num padrão interoperável, que pudesse ser certificado. Esta é a importância do WiMAX Forum.

O WiMAX Forum usa o padrão como base para o padrão WiMAX. Em resumo: 802.16 especifica as camadas MAC e PHY da interface aérea. O WiMAX Forum partiu dessas especificações da interface aérea para definir WiMAX que abrange não somente a interface aérea, como também o restante da rede. 4) A família 802.16 IEEE 802.16d (802.16-2004): Revisa e corrige alguns erros detectados nos padrões 802.16, 802.16a e 802.16c e traz melhorias para poder suportar o 802.16e. Esta norma utiliza as frequências entre 2 e 11GHz. Publicado em outubro de 2004. IEEE 802.16e: Define a possibilidade de utilização das redes metropolitanas sem fio com clientes móveis. Utiliza as frequências entre 2 e 6 GHz. Publicada em dezembro de 2005. IEEE 802.16f: Define a possibilidade de uso de redes sem fio Mesh. Publicada em 22 de dezembro de 2004. Na verdade, Mesh já existia na especificação "d" e foi melhorada na especificação "e". A especificação "f" trata dos MIBs para protocolo SNMP de gerenciamento da rede WiMAX. Linha do Tempo do WiMAX Móvel (802.16.e/2005) Fonte: Maravedis/2008

5) Frequências: 5.a) Fixo e Móvel A frequência utilizada atualmente é na faixa entre 2-11 GHz, mesmo se o WiMAX funcione em todas as bandas entre 2 e 66GHz. Para o WiMAX dito "fixo" ou "nômade" (802.16d ou 802.16-2004), a faixa de frequência está compreendida entre 2 e 11 GHz. Para o chamado WiMAX "móvel" (802.16e) a faixa de frequência está compreendida entre 2 e 6GHz. O WiMAX recorre à multiplexação OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) e a OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) - um modo OFDM que combina usuários tanto no domínio do tempo como no domínio da frequência). O OFDMA garante a disponibilidade de mais bits/hertz comparando com o OFDM. Esta técnica consiste em transportar o sinal sobre múltiplas frequências portadoras. Ela permite que o WiMAX atinja um rendimento espectral (ou a quantidade de dados transmitidos por Hertz) duas vezes superior à do Wi-Fi. A largura de banda varia (entre 1,75 MHz e 20 MHz) em função das bandas de frequência. 5.b) Eficiência espectral: "As taxas de 6 a 54 Mbps suportadas em um canal de 20 MHz em um sistema 802.11a ou g resultam em uma eficiência espectral entre 0,24 e 2,7 bps/Hertz. A eficiência espectral em WiMAX pode chegar a até 5 bps/Hertz. Entretanto, a eficiência diminui à medida que a velocidade aumenta. Portanto, seria mais realista dizer que WiMAX suporta uma eficiência espectral de 3,5bps/Hertz." (extraído do artigo "WiMAX versus Wi-Fi: A comparison of Technologies, Markets and Business Plans", de Michael F. Finneran) 5.c) Frequência de 5,8GHz: Alguns operadores

implementam atualmente equipamentos pré-WiMAX na banda não-licenciada de 5GHz e, mais precisamente, sobre a frequência de 5,8GHz. Esta solução pode ser interessante do ponto de vista econômico para as zonas rurais e/ou com baixa densidade populacional e onde a concorrência para uso das frequências é limitada. No entanto, a utilização de bandas exploráveis sem licença para serviços pagos tem seu risco. Em geral, tais serviços devem suportar interferências provenientes de outros usos sem licença, que podem perturbar as transmissões ou torná-las mais lentas. Os serviços propostos às empresas e usuários podem assim ter importantes quedas de velocidade ou serem totalmente interrompidos, na presença de sistemas desenvolvidos por novos operadores que utilizem as mesmas frequências. Por exemplo, se um fornecedor de acesso sem fio em zona rural escolhe comercializar seus serviços em 5.8GHz, um de seus concorrentes pode desenvolver um equipamento idêntico na mesma banda e provocar, assim, interferências. Em certos mercados, o primeiro entrante ocupa o espectro explorável sem licença, partindo do princípio que eventuais concorrentes renunciarão a segui-lo, como medo de criar muita interferência. Se vários operadores concorrentes são livres para utilizar as mesmas frequências, a presença de um primeiro operador dissuade a chegada de outros e desencoraja todo investimento numa infra-estrutura concorrente. Esta situação deve ser levada em conta pelos reguladores, que devem zelar pelo desenvolvimento de uma cobertura inicial e favorecer a concorrência, dois objetivos antagônicos. Autorizar os operadores de redes rurais a usar frequências sem licenças favorece a extensão da cobertura às áreas não servidas. O essencial é reduzir barreiras de entrada para o primeiro operador do mercado, à medida que este não tem que suportar nenhum custo para a exploração das frequências. Em contrapartida, assim que o espectro for ocupado por um prestador, a chegada de outros operadores deve ser mais custosa. De fato, estes últimos podem escolher de implementar seus serviços nas mesmas frequências, com a possibilidade de uma baixa importante da qualidade o serviço para os dois operadores, ou optar por frequências licenciadas. Nas zonas urbanas, operadores com fio (DSL, cabo etc.) concorrem para oferecer acesso em banda larga. Ao contrário, na zona rural, a única escolha, geralmente, é um só fornecedor sem fio. Outro elemento que deve ser levado em conta para exploração das frequências sem licença, é que as agências reguladoras em geral limitam a potência da emissão autorizada sobre elas. Esta limitação é particularmente importante na banda de 5.8GHz, onde uma potência mais elevada precisa compensar a perda de propagação associada às altas frequências. Enfim, segundo alguns especialistas, as frequências mais baixas (VHF e UHF) são mais bem adaptadas às zonas rurais que a banda de 5.8GHz, em razão de suas características de propagação. Este argumento suscitou interesse pela adaptação de uso de banda larga sem fio nas frequências de TV mais baixas e inutilizadas (o caso dos 700 MHz). Nada impede que o governo adote esta banda de frequência para projetos de inclusão social, sendo ele o único ator de zonas rurais, onde projetos sociais são imprescindíveis, já que é complicada a concorrência, neste segmento, entre a iniciativa privada. Alguns vendedores que atuam nesta frequência : BreezeACCESS; Airspan; Fujitsu; Texas Instruments. Wavesat, Zirok Produzem , que produzem antenas, cartões de PCs, modems etc.5.d) Os 700 MHz no WiMAX abertura do espectro de frequência nos 700 MHz, liberado pelo desaparecimento da TV analógica, previsto para 2009, abre um novo debate. De um lado, a White Space Coalition (WSC), que agrupa algumas grandes indústrias, deseja propor uma solução que utilize estas frequências de TV analógica para fornecer acesso à internet sem fio. Microsoft e Phillips realizaram protótipos com esta finalidade. A banda é suscetível de variar fortemente segundo as áreas de cobertura, já que é ligada ao número de canais alugados à difusão de programas de TV.

Os Estados Unidos desejam, de sua parte, criar uma nova rede sem fio com características superiores ao Wi-Fi e ao WiMAX, que não apresentaria nenhuma interrupção entre os estados. Os equipamentos deverão ser interoperáveis. A idéia é que os serviços públicos de emergência disponham de uma comunicação em caso de catástrofes, sendo o conjunto de espectro de frequências dos 700 MHz alugados às equipes de intervenção para melhorar sua coordenação. Esta nova rede - que começou a ser delineada após a licitação da maioria das bandas em 700 MHz, concluído no mês passado (Veja aqui e aqui) poderá ser orientada a partir de uma parceria público-privada (provavelmente na Band B, que não teve lotes adquiridos). O problema de financiamento se mantém problemático. Não há nenhuma solução que dispense as taxas de funcionamento da parte alugada aos serviços públicos. O custo de instalação desta rede dos EUA está estimado em US\$ 12 bilhões. E, de momento, a questão está em aberto.

O acesso aos 700 MHz será um ganho importante para melhorar cobertura sem fio e incentivar outros operadores a escolher o WiMAX, agora classificado como norma do IMT2000, no mesmo nível que 3G/UMTS ou CDMA2000. O WiMAX Forum indica que seus membros estão em fase de especificação técnica para suporte a banda dos 700MHz. Trata-se de um esforço quanto ao aumento de força da 3G/LTE que se beneficia de sustentação massiva da indústria de telecom e para a qual os principais fabricantes já apresentaram soluções completas durante o Mobile World Congress. Novo Plano de Uso Comercial dos 700 MHz nos EUA Fonte: Maravedis/20086) Linha de Visada: A portabilidade, as bandas e, sobretudo, a necessidade de estar ou em linha de visada (LOS, line of sight) a partir da antena emissora, depende da banda de frequência utilizada na modulação OFDM." Na banda entre 10-66GHz, as conexões se fazem em linha de visão (LOS), enquanto que sobre a faixa entre 2-11GHz, o NLOS (non line of sight) é possível, principalmente graças à utilização da modulação OFDM. A NLOS é possível exatamente pela frequência ser mais baixa. Tudo tem a ver com o fenômeno físico de propagação de ondas eletromagnéticas e a dissipação que ocorre com a onda eletromagnética no ar. Se a frequência é maior, o comprimento da onda é menor, o que a torna mais suscetível a interferências tão simples como gotas de chuva. Além disso, o aumento da frequência exige transmissão concentrada. Não é possível, por exemplo, realizar transmissão onidirecional na faixa de 10 GHz.

7) As bandas Em teoria, o WiMAX é capaz de emitir sobre um raio de cerca de 50 KM, com banda até 70 Mbps. Em exploração, as operadoras constatarem atualmente uma banda real de 12 Mbps sobre 20 km. Quanto ao WiMAX móvel, as

bandas oscilam nos 30Mb sobre 3 km. Porém, estas são velocidades de bandas teóricas. Por exemplo, a Sprint Nextel, que constrói uma das principais redes de WiMAX móvel do mundo, tenciona fornecer WiMAX móvel a no máximo 4 Mbps. De qualquer forma, a questão de banda sempre será motivo de debate no WiMAX, já que o canal pode ter vários tamanhos distintos, bem como outros fatores comuns a qualquer propagação sem fio, como, por exemplo, a distância do aparelho até a radiobase. Há indicações de que a Neovia, consórcio brasileiro, testa WiMAX móvel entre 1 e 3 Mbps.

8) Os equipamentos: O primeiro produto certificado em WiMAX (802.16d) foi desenvolvido pela Intel. Trata-se da interface em banda larga Pro/Wireless 5116, um chip capaz de tratar os sinais do WiMAX. Esta plataforma só ficou disponível a partir de abril de 2005. Ela é destinada aos fabricantes desejosos de fornecer futuros produtos de equipamentos WiMAX.

Existem muito poucos produtos certificados em WiMAX, atualmente. Com efeito, o processo de certificação teve vários meses de atraso (começou em julho de 2005) e os primeiros produtos certificados em WiMAX apenas começam a estar disponíveis.

No caso dos produtos em WiMAX móvel (802.16e), já foram certificados (até janeiro de 2009) os seguintes equipamentos de infra-estrutura: Em 2,5GHz: quatro estações de base e seis terminais provenientes de oito fabricantes (Airspan, Alvarion, Beceem, Intel, Motorola, Samsung, Sequans e ZyXEL). Leia mais em: WiMAX Forum certifica 10 equipamentos em 2,5GHz Em 3,5GHz:

- Alvarion Alcatel-Lucent e Huawei tiveram suas estações de base certificadas pelo WiMAX Forum: 9710 Compact Base Station (Alcatel) BreezeMAX (Alvarion). A DBS3900 WiMAX Wave 2 (da Huawei) e a B9100+R9100 WiMAX (da ZTE) receberam Wave2 Qualification Certification em 3.5GHz.
- WiMAX 16e RRU (Remote Radio Unit) - para redução de 50% do número de estações de base. Baseado na tecnologia de múltiplas antenas (BF4\*8), usa MIMO.
- Veja mais no WiMAX Forum. Chipsets
- MS120 Mobile WiMAX - Beceem - Baseado no IEEE 802.16e. Inclui as funcionalidades Physical Layer (PHY) e Media Access Control (MAC). Com RISC embarcado.
- Intel Centrino
- Família UMobile - "Panther" - da Wavesat: suporta todas as características de WiMAX Wave 2. Dispositivos
- Smartphone T8290: o o primeiro terminal móvel da HTC compatível com a norma de WiMAX móvel (802.16e-2005). Tem tela grande e tátil e é compatível com redes WiMAX e GSM. e será adotado na rede Yota, de WiMAX móvel da Rússia. Leia mais
- Desktop CPEi 750 e o cartão para PC PCCw 200. Da Motorola (compatíveis com o padrão 802.16e e preparados para Wave 2.
- Intel PRO/Wireless and WiFi Link Drivers 12.1.2.1 - Adaptador de rede sem fio, opera em 2.5GHz para a WiMAX e 2.4GHz e 5.0GHz para a WiFi.
- Samsung SWD-M100 Mondri - anunciado na CTIA Wireless - com Windows Mobile, trabalha na rede de WiMAX móvel da Clearwire. Tela de 4.3 polegadas, também inclui câmera de 3 Megapixel, módulo Bluetooth 2.0+EDR e conectividade Wi-Fi e WiMAX. Observação: Esta linha não é completa.

Leia mais sobre equipamentos e dispositivos de WiMAX:

- Nova versão do OLIPC com WiMAX
- Forum prevê 100 operadoras de WiMAX, este ano
- CPEs liderarão crescimento do WiMAX em 2009
- Mobile World Congress 2009: o ano da mutação
- Intel faz vários lançamentos no CES 2009
- 10 milhões de dispositivos WiMAX em 2010
- Nokia opta por LTE e relega WiMAX a nicho
- Nokia suspende fabricação do N810 WiMAX Edition

9) Preços e Custos O custo elevado dos equipamentos móveis de longa distância da geração precedente, como LMDS (Local Multipoint Distribution System) e MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) transformam-nas em tecnologias de nicho. Um equipamento em MMDS, no varejo, custa US\$ 4 mil por unidade e a estação de base US\$ 100 mil. O WiMAX Forum cuida, via padronização, que os preços do WiMAX se mantenham baixos para facilitar sua adoção. É difícil estimar custos de equipamentos antes da implementação da tecnologia, mas há algumas informações disponíveis. E, em comparação, os chamados equipamentos pré-WiMAX são bem mais baratos. O equipamento de assinantes da Motorola, por exemplo, está avaliado em US\$ 300. Estimativas de custos de implementação também foram realizadas. A In-Stat avaliou o custo de construção da rede nacional de WiMAX nos EUA em US\$ 3 bilhões, em equipamentos, antenas, sites, mão de obra e taxas de instalação. A Sprint Nextel avalia a rede nacional de implanta nos Estados Unidos, hoje, em US\$ 5 bilhões. Os custos de frequência podem ou não desempenhar um papel importante no custo global da rede. Alguns operadores utilizarão equipamentos que usem frequências exploráveis em banda não-licenciada, sobretudo em áreas rurais e isoladas. Ao contrário, os custos podem ser muito elevados para aqueles que optarão por bandas submetidas à concessão de licenças. Os responsáveis dos governos tentam, em geral, evitar que o custo elevado de uma licença de exploração de frequência limite a capacidade de um novo entrante em financiar a implementação de sua infra-estrutura física. Em muitos países, o preço das licenças nacionais é relativamente baixo. Há muitos países também que buscam

utilizar bandas de frequências adquiridas para outras licenças sem fio fixas ou para tecnologias de rádios móveis de geração precedente. A flexibilidade da política local de alocação do espectro, em cada país, pode ser importante para manter os custos a um nível baixo. Quanto aos preços, como são poucos os receptores WiMAX para o grande público, seguem estimativas:

- Terminal de cliente fixo: de US\$200 à US\$300.
- Modem PC Card WiMAX para acesso nômade: US\$ 100

Para os operadores que se lançam no WiMAX, os preços de pontos de acesso devem ser os seguintes:

- Estação de base para cobertura local: US\$ 5 mil
- Estação de base para cobertura estendida: de US\$ 20 mil a US\$ 30 mil.

Contrariamente ao Wi-Fi, a utilização da tecnologia WiMAX precisa de obtenção de licença junto aos órgãos reguladores. No Brasil, este órgão é a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel). A Anatel colocou vários entraves aos pequenos provedores conforme TERMO PVST / SPV N.º 094/2005 da Anatel (SCM).<sup>10</sup> Estágio atual e previsões para implementação do WiMAX no mundo Desde o começo de 2005, o WiMAX evoluiu solidamente - sua padronização está completa, o ecossistema de fornecedores e operadores aumentam uniformemente. Numa avaliação realizada pelo Pyramid Research, 78% dos operadores consideram a possibilidade de investir em WiMAX. No entanto, as discussões em torno do WiMAX móvel voltam-se constantemente à comparação de uma tecnologia em sua etapa inicial a outra fase evolutiva, que ainda não existe. A despeito deste obstáculo, o Pyramid Research acredita que a promessa do WiMAX é um fato. No estudo *The WiMAX Value Proposition: Capex, Opex, Performance*, a consultoria analisa o negócio do WiMAX em comparação com as tecnologias 3G.<sup>11</sup> O WiMAX móvel é melhor do que a 3G? Estudos e debates entre operadores na Coreia do Sul sugerem que o WiMAX fornece atualmente níveis de performance semelhantes às das outras redes em banda larga. Isto pode ser porque a tecnologia está nos seus estágios iniciais e irá comprovar o fato a tempo. No final das contas, WiMAX e 3G estão dirigidos na mesma direção de arquitetura de rede all-IP - mas há uma batalha para saber quem chegará primeiro.<sup>12</sup> WiMAX será mais barato que 3G? Segundo o Pyramid, é inadiável a decisão quanto a se os custos de infra-estrutura e desenvolvimento serão semelhantes aos da 3G. A redução do Capex pode ter sua importância diminuída em relação às possíveis vantagens de escala e espectros de radiofrequência mais baixos. Já em relação ao Opex, as redes de WiMAX devem ter taxas menores de exploração, em termos de custos de aquisição o 3G deveria ser o vendedor claro, em razão de suas vantagens substanciais de escala. <sup>13</sup> Qual é o melhor exemplo de desenvolvimento de WiMAX móvel? Os operadores e os players alternativos são os maiores segmentos a desenvolver WiMAX móvel para acesso em banda larga até agora. No mercado de WiMAX móvel, tanto a KT quanto a SK Telecom da Coreia do Sul implantaram redes de acesso móvel em banda larga em áreas específicas. Além disso, a Sprint Nextel também desenvolve sua rede de WiMAX móvel que deve atender a 100 milhões de norte-americanos até o fim de 2008. A BT do Reino Unido espera ser um dos licenciados na nova oferta de espectro de 2,5GHz por parte da Ofcom, que deve ocorrer ainda em 2008. Este espectro servirá para o desenvolvimento de serviços de WiMAX eficientes e dará à principal operadora britânica a capacidade de competir com companhias como a Vodafone, em serviços triple-play. Companhias de cabo mundiais também avaliam seriamente a aquisição de espectro para distribuir seu conteúdo em dispositivos móveis. Embora o WiMAX expanda-se numa geografia crescente, os principais casos de desenvolvimento do padrão existem para aqueles operadores que têm licenças de espectro e aos operadores fixos que não dispõem de ofertas móveis.<sup>14</sup> Qual é a percepção atual do operador de WiMAX móvel? Os operadores fixos encaram o WiMAX como concorrente potencial da 3G e acreditam que seu primeiro condutor de sucesso será o baixo custo dos dispositivos. Os operadores acreditam que o sucesso do WiMAX possa vir de sua capacidade em maior largura de banda. Fabricantes como a Samsung, Nortel Networks, Alcatel-Lucent e Nokia Siemens Networks estão envolvidos, globalmente, em projetos de WiMAX móvel. Companhias envolvidas na implementação de serviços em banda larga proprietários, como Alvarion e Proxim, também desenvolvem plataformas de WiMAX. Provedores de chipsets como Wavesat, Runcom Technologies e Beceem Communications projetam chips OFDMA e testam sua interoperabilidade com as soluções dos vendedores. Aparelhos dual-mode também deverão ser muito populares nos desenvolvimentos de WiMAX, com os aparelhos GSM/OFDM e CDMA/OFDM dominando o mercado.<sup>15</sup> Onde estão as melhores oportunidades para o WiMAX móvel? De acordo com o Pyramid, a disponibilidade de espectro, os processos de licenciamento em curso, a concorrência do mercado e o tempo de mercado da tecnologia contribuirão para o porte de cada oportunidade do WiMAX móvel. Atualmente, Coreia do Sul, EUA, América Latina e África surgem como os principais mercados em número de assinantes, num curto prazo. Ainda existe, no mercado, a percepção de que a disponibilidade do serviço ficará dentro do monopólio das grandes operadoras, restringindo o acesso aos pequenos provedores e micro-empresários.<sup>16</sup> Dados de Mercado Segundo a Maravedis, na 4ª edição de seu estudo *Worldwide Market Trends*, o mercado de equipamentos para acesso em banda larga fixa/portátil sem fio (sub-11 GHz) mais do que dobrou nos últimos dois anos. Ele cresceu para US\$ 1,2 bilhão em 2007, aumento significativo em relação aos US\$ 562 milhões de 2005. O WiMAX é uma parte importante e de alta visibilidade do ambiente fixo/portátil e, certamente, ganha importância, como demonstra o recente anúncio da implementação da BSNL na Índia e sua inclusão na visão da Sprint sobre 4G. Como nunca antes, o mercado de implementações de WiMAX fixo se mantém diverso e inclui tecnologias concorrentes como DOCSIS, TD-CDMA e equipamentos proprietários como Canopy da Motorola. Apesar de ter duplicado o mercado de BWA, o sucesso mundial do WiMAX ainda depende da formação de massa crítica tanto nos mercados sub-atendidos quanto nos desenvolvidos. Especificamente, um alto volume de produção de chips, antenas e outros componentes devem acontecer. Isto derrubar o preço estrutural da cadeia de abastecimento de produtos WiMAX e aumentar o mercado. Por exemplo, o preço de ICs e outros componentes utilizados em produtos embutidos e CPEs cairão, bem como o custo do volume de produção, graças aos contratos que aumentarão os turnos industriais das centenas de milhares para as milhões de unidades. A taxa de crescimento médio anual dos últimos cinco anos foi de cerca de 50%. Trata-se de uma taxa de

crescimento respeitável, devido ao fato de que, em 2007, o mercado de equipamentos certificados não representou mais do que 14% do total de expedições. É evidente que fornecedores de equipamentos e fornecedores de serviços aguardam com impaciência que a taxa de crescimento atinja os três dígitos, o que se traduzirá pela adoção massiva da tecnologia WiMAX e da tinta azul sobre os resultados financeiros. Para que estes enormes volumes se materializem, a indústria precisa que os grandes fornecedores de serviços gastem bilhões de dólares nas redes WiMAX e em planos de marketing, seja ele um player fixo/portátil como o BSNL/VSNL, na Índia, ou uma auto-intitulada rede 4G. A cifra de negócios em equipamentos móveis deverá finalmente ultrapassar a venda de equipamentos de WiMAX fixo. Enquanto que na tecnologia WiMAX fixo o crescimento perseguirá US\$ 100 milhões/ano ao longo dos próximos três a cinco anos, a implementação progressiva dos perfil fixos com aplicações móveis começará a exigir somente equipamentos de WiMAX móvel. A questão é saber como os principais fornecedores de redes móveis responderão a esta evolução do mercado, em grande parte alimentada por numerosos e super especializados pequenos fornecedores. Dado o fato de que o principal são os recursos para planejamento em longo prazo, enquanto os horizontes dos vendedores especializados se mantêm ligados ao fluxo da tesouraria, é possível persuadir os principais fornecedores a reservar os Capex das operadoras, como previsão para o WiMAX móvel, e os fornecedores especializados morrerem de fome logo na sua apresentação?

Com efeito, os vendedores especializados estão em busca de nichos defensáveis de WiMAX fixos para vendê-los, por exemplo, nos mercados emergentes com teledensidade inferior a 15%, em parte porque a desregulamentação pode criar titulares - do tipo 'pegar ou largar' - de licenças de espectro. Os organismos de regulamentação podem demonstrar que o espectro está 'em uso', sem forçar as operadoras a despendem qualidade comercial do Capex. Alguns dos especializados são vendedores que planejam a construção de redes móveis de WiMAX dirigidas pelos mercados desenvolvidos da Ásia e Américas, onde as futuras redes móveis poderão se superpor às atuais redes fixas. 16.) Dados de Mercado - Quarto trimestre 2007 Foram adicionados 350 mil novos assinantes em BWA/WiMAX, no mercado mundial, no quarto trimestre de 2007, o que soma um total de 1.728 milhões de assinantes. As receitas com serviços de WiMAX contabilizaram US\$ 1 bilhão, com um recorde no Arpu (receita por assinante) de US\$ 46,30, no caso de serviços residenciais, e de US\$ 144,09, entre os assinantes corporativos. Os números fazem parte da última edição do WiMAXCounts Quartely, da Maravedis Consulting. Com este crescimento de mais de 20% no número de assinantes de WiMAX, as operadoras ainda aguardam o ponto de virada que promoverá a aceleração na adoção do WiMAX e suas implementações. De acordo com Adlane Fellah, fundador e CEO da Maravedis, os fatores-chaves para esta aceleração são a certificação dos equipamentos de WiMAX móvel; a redução no preço das CPEs (ou dispositivos para usuário final); e o surgimento de um ecossistema de dispositivos. Mais de 800 mil assinantes utilizavam tecnologia certificada pelo WiMAX Fórum ao final do ano passado. E, entre as CPEs implementadas, 29% basearam-se no padrão 802.16-2004; 11,7% no 802.16-2005; 55% foram baseadas em tecnologia proprietária e 3,8% ainda têm origem desconhecida. Oriente Médio e África são as regiões de maior ARPU, ou seja, de US\$ 50.04, ao mesmo tempo que oferecem velocidades significativamente mais baixas que outras regiões. O percentual de assinantes por operadoras foi, em 2007, de 12.098 entre os provedores de serviços de internet sem fio (Wisp) e de 5.407 entre as operadoras locais (competitive local exchange carriers - Clecs), no quarto trimestre de 2007. 17) Processo e Atribuição das Licenças no Brasil Foi iniciado em julho do ano passado, quando a Anatel divulgou as regras da licitação do espectro de 3,5GHz. Alegando a necessidade de assegurar competitividade, foram excluídas da lista de candidatos as operadoras fixas, que não poderiam concorrer em suas áreas de atuação. Mas, antes do prazo limite para a entrega das ofertas, a 4 de agosto, as fixas locais protestaram contra sua exclusão e obtiveram apoio do governo. O Ministério das Comunicações interveio e adiou a oferta de banda para 18 de setembro. Entre agosto e setembro de 2007 as divergências se acentuaram e, ainda em agosto, um juiz federal reconheceu que não havia meios de impedir as redes fixas locais, inclusive em suas áreas originais de operação. A 4 de setembro, após a Anatel ter recebido 100 ofertas preliminares, o tribunal de Contas da União (TCU) ordenou a suspensão do leilão. De acordo com o TCU havia erro na taxa de câmbio dos preços das licenças no texto original das regras da licitação. Não havia alternativa senão a agência rever os cálculos feitos. Desde então, o processo está parado no TCU. No final do ano passado a Anatel divulgou que as questões levantadas pelo TCU estavam praticamente resolvidas, apesar de não divulgar detalhes de como a agência rebateu a contestação quanto aos cálculos dos preços das licenças. Para o tribunal, o valor foi inferior ao preço real das faixas de espectro. Em 06/12/2006 o Ministro do TCU Marcos Vileça pediu vista no processo, adiando desta forma a decisão do TCU sobre a licitação para janeiro de 2007. Em fevereiro de 2008 a Anatel decidiu revogar o edital desta licitação. 18) Empresas que atuam em WiMAX no Brasil O WiMAX vem sendo testado no Brasil e países da América Latina por 16 operadoras, no mínimo, sendo que algumas delas já estão em fase comercial. O Brasil, inclusive, foi considerado como um dos quatro maiores mercados do mundo para a tecnologia, segundo executivos presentes na CTIA Wireless, em Orlando, nos EUA, em março do ano passado. No mercado brasileiro, empresas de todos os portes estão interessadas na oferta do serviço, tanto da área de TV a cabo quanto telefonia fixa, ou móvel: Oi, Brasil Telecom, Embratel e TVA, por exemplo. Quatro empresas (Icatel, Trópico, Asga e Padtec) se uniram em Dez/07 para produzir e comercializar o WiMAX no Brasil. Será formada uma joint-venture que, juntamente com o CPqD e o Ceitec, receberão R\$ 30 milhões de recursos do Funttel (Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações). 19) Vendedores de WiMAX com atuação no Brasil Alvarion; Cisco; Intel; Neovia; Qualcomm; Parks; Huawei; LGElectronics; Motorola; Samsung; NEC; Siemens; Nokia; Nera Networks; Nokia Siemens Network; Nortel Networks; UTStarcom e ZTE. 19.a) Novos players e novos negócios A WiNetworks vai ter operações no país. Para comandá-las foi escolhido Gil Cremer, que antes dirigia a AirSpan. Suportada por fundos de private dos Estados Unidos e de Israel (Os principais acionistas da WiNetworks são os fundos norte-americanos Columbia Capital e RHO Private Equity e os israelenses Cedar Fund e Evergreen Venture). A empresa tem um ano de operação e foco exclusivamente no padrão móvel da tecnologia. Os primeiros contratos foram assinados na Europa e na Rússia. Neste último país está o maior projeto da WiNetworks: uma rede WiMAX com mil estações. A empresa

conseguiu na semana passada um aporte de US\$ 19 milhões, que serão usados para aumentar a família de produtos e expandir as atividades da empresa, especialmente na América Latina e na Europa. O Brasil foi escolhido como base para a região por causa do tamanho potencial do mercado e pela perspectiva de negócios com o leilão das faixas de 3,5 GHz, aguardado para este ano. As soluções da WiNetworks atendem também às faixas de 1,5 GHz e 2,5 GHz. Cisco, adquiriu a Navini Networks, empresa de infra-estrutura para a tecnologia WiMax para banda larga móvel, por 330 milhões em dinheiro. A empresa tem braços nos Emirados Árabes Unidos, México e Arábia Saudita, por exemplo. O objetivo é um só: desenvolver uma rede simples e uma arquitetura de serviços que inclua o WiMAX, como componente chave. A WiMAX Spectrum Operators Association (WiSOA), por exemplo, tem muitos membros nas nações em desenvolvimento, incluindo a Nomad of Mauritius e a WiMAX Telecom, que tem significativos interesses na Croácia e na Eslováquia.

No final de janeiro de 2008, o operador WiMAX Neovia, do Brasil, anunciou que em breve encerrará uma nova rodada de financiamentos. A Solectek Corporation, fabricante de equipamentos sem fio em banda larga da Califórnia está estabelecendo suas operações no Brasil, a fim de fabricar e vender localmente sua SkyWay-MAX, série de equipamentos ponto a ponto e multiponto. A companhia analisa, no momento, alguns parceiros com sólidas relações junto à clientela do setor de telecom, aí incluídos fornecedores de internet sem fio, operadoras, fabricantes de produtos e distribuidores. A empresa considera a tecnologia é confiável e rentável e a Solectek quer se alinhar a um parceiro local interessado numa licença de fabricação da plataforma do SkyWay, que atua em 3,5 GHz ou numa joint-venture que envolva a Solectek do Brasil.<sup>20</sup> Operadoras A Embratel (do grupo mexicano Telmex) investirá R\$ 1,048 bilhão (US\$ 600 milhões) para oferecer internet em banda larga em rede WiMAX no país, a partir de abril de 2008. Além das cidades da Região Sul, a operadora vai oferecer os serviços nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Campinas, Campo Grande, Brasília, Salvador Recife e Fortaleza. A meta final é atingir todas as capitais brasileiras e, em seguida, montar uma rede nacional de WiMAX. A Embratel, junto à Brasil Telecom, já dispõe de licenciamento de uso da frequência de 3,5GHz, de WiMAX nômade, o que a permite oferecer, já, no país, serviços de banda larga sem fio na tecnologia. Para oferecer serviços em WiMAX móvel, no entanto, ela terá que disputar o leilão das sobras das bandas em 2,5GHz, cuja data ainda não foi definida pela Anatel. A Anatel, através do ato 67.860 de 09/10/07 expediu autorização para a BrT testar o WiMax nas frequências de 3,5 GHz na cidade de São Paulo por um prazo de 6 meses. A TVA, operadora de TV por assinatura que já fornece serviços de banda larga e VoIP através da sua rede de TV a cabo, pretende utilizar as frequências de MMDS para implantar uma rede WiMax. Ela fez um trial de rede WiMax, no padrão IEEE 802.16e, com a Samsung em 2006 em São Paulo - SP, e em Curitiba - PR. A TVA assinou em março/07 acordos de trial de redes WiMax, no padrão IEEE 802.16e, para São Paulo, com a Nortel, e para o Rio de Janeiro, com a Motorola, cidades em que a TVA possui licença de uso de todo o espectro na faixa de 2,6 GHz. Anatel através dos Atos 66.816, 66.819 e 66.824 de 28/08/07 prorrogou o prazo para a TVA dar continuidade à avaliação relativa ao sistema de transmissão e recepção de sinais utilizando bidirecionalidade de canais na tecnologia WiMax. A Embratel lançou a primeira de abril de 2008, o primeiro serviço comercial em WiMAX para pequenas e médias empresas, em 3,5GHz.<sup>21</sup> Faixa de 10,5 GHz A Anatel destinou também a faixa de 10,5 GHz para aplicações de Banda Larga Wireless (BWA) no Brasil (Resolução nº 307, de 14/08/02). Esta faixa pode ser utilizada com sistemas proprietários pois o WiMAX não está sendo padronizado para esta faixa de frequências. As licitações de blocos de frequências para 3,5 GHz realizadas pela Anatel têm incluído também blocos de frequência em 10,5 GHz. <sup>22</sup> Vantagens O WiMAX atinge distâncias superiores ao Wi-Fi, não necessita de uma via direta entre os elementos interconectados e é suportado por numerosos atores do mercado. O WiMAX permite que as áreas rurais também tenham acesso à internet em banda larga, como os cidadãos das metrópoles. Diz-se, também, que o WiMAX pode canibalizar outros meios de acesso (ADSL e CPL) e isto tem rendido várias análises de especialistas do mundo inteiro. Os entusiastas do WiMAX afirmam que será possível construir autoestradas de informação nos países pobres e/ou distantes como Brasil ou Austrália. O padrão WiMAX integra a noção de QoS (Quality of Service), ou seja, a capacidade de garantir o funcionamento de determinado serviço ao usuário. Na prática, o WiMAX permite que se reserve uma banda para uso de dados. De fato, certas aplicações ou usos não podem tolerar estrangulamento. É o caso da voz sobre IP (VoIP), já que a comunicação oral não pode suportar quedas na ordem de 1 segundo.

23) Desvantagens No momento, os produtos certificados de WiMAX não estão ainda realmente disponíveis, devido ao atraso nos processos de certificação. Espera-se que os equipamentos de massa estejam disponíveis já a partir deste ano. A exploração do WiMAX necessita de uma licença de exploração. Estas licenças são atribuídas aos operadores e coletividades locais, que serão responsáveis pela implementação do WiMAX.

As antenas nos computadores portáteis, como são imaginadas pelos fabricantes, são muito menores e não muito direcionais para captar os sinais de WiMAX, ou ao menos aumentar a potência, o que pode levar a interferências com outros aparelhos sem fio que utilizam as mesmas frequências. A norma 802.16d não será móvel em seu lançamento, mas apenas sem fio e portátil. No momento, ela serve principalmente para religar pontos fixos em banda larga (reservados aos operadores ou as grandes empresas). A grande expectativa é quanto ao equipamento no padrão 802.16e, que adicionará mobilidade e que, como já dito, deverá começar a estar disponível este ano. Outro inconveniente é a obrigação de obter licença para sua exploração. Mas este fato não deve travar sua adoção, já que em todos os continentes já de licenciou estas bandas. No Brasil, as bandas ainda não foram licenciadas.<sup>24</sup> Cursos técnicos e universidades que incluem WiMAX em seu currículo

- INATEL - Instituto Nacional de Telecomunicações - Suplementação ao currículo escolar acadêmico em Wi-Fi e WiMAX. O Curso, oferecido através do Inatel Competence Center, também está aberto a ex-alunos e empresas.
- FIR - Sistemas de Informação - oferece uma 'ementa' de "Tópicos Avançados em Comunicações Móveis e WiMAX).
- A TechK Treinamento oferece os cursos: WiMAX Standards - Este curso de dois dias de duração é indicado para

profissionais que trabalham com produtos, serviços e projetos de WiMAX, apresentando uma visão ampla do padrão, reuso de frequência e arquitetura. WiMAX RF Network BootCamp - Este curso de 4 dias de duração é indicado para quem trabalha com planejamento de redes WiMAX. No último dia do curso os profissionais terão a oportunidade de completar o exame de certificação WiMAX RF Network Bootcamp através de uma prova que testará os conhecimentos aprendidos em sala de aula. WiMAX CORE Network BootCamp - Este curso de 4 dias de duração é indicado para quem trabalha com planejamento, operação e instalação de equipamentos de CORE em uma rede WiMAX. No último dia do curso os profissionais terão a oportunidade de completar o exame de certificação WiMAX CORE Network Bootcamp através de uma prova que testará os conhecimentos aprendidos em sala de aula. Visão Geral Técnica de WiMAX - E-Learning - Este curso tem a duração de duas horas e é realizado on-line, em português. Possui tutorial em áudio, gráficos animados e questões interativas, para uma melhor experiência de aprendizado. O aluno que concluir este curso irá compreender através de uma visão geral o padrão WiMAX e suas aplicações.

- A fabricante Alvarion, promove Treinamento em Especialização de Especialização em WiMAX. A empresa tem profissionais brasileiros formados por ela própria em seus vários projetos na América Latina (Chile, Colômbia, Argentina e Uruguai).

- NCE/UFRJ (Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro) - Curso de Especialização em Redes e Tecnologias de Intenet - MOT CN (Management of Technology in Computer Networks). A disciplina Redes sem fio tem um módulo sobre o padrão IEEE 802.16. Ao final do curso o aluno produz um projeto final, orientado por um professor, e recebe diploma de pós-graduação.

- CEDET - Oferece o curso de "Introdução ao WiMAX". A empresa foi responsável pela instalação e configuração da rede de Wi-MAX da Embratel.Ficha Técnica

#### WiMAX

- Definição: World Interoperability for Microwave Acces

- Nome da norma: IEE : 802.16

- Alcance : 50 Km

- Bandas de frequência : Entre 2 e 11 GHz

- Banda teórica: 70 Mbps

- Banda real : 12 Mbps

- Interferências: Toda propagação em altas frequências pode sofrer interferências e ruídos, tanto por fatores naturais, chuva por exemplo, como de outros emissores. Apesar da eficiência do OFDM há certo exagero em se afirmar que WiMAX não sofrerá nenhuma interferência.

- Suporte industrial: Intel, Samsung, Cisco, Alvarion, Alcatel-Lucent, Motorola ...etc.

#### Fontes de Consulta (em ordem alfabética):

- Centro de Pesquisas do Canadá

- Cisco

- e-Thesis

- Les Echos

- Maravedis

- Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD)

- Pyramid Research

- Teleco

- Telecoms.com

- Telecom Online

- TI Inside

- WiMAX Day

- WiMAX ForumParticiparam da revisão e acréscimo no processo de produção da Cartilha Eletrônica WiMAX os seguintes engenheiros, todos membros dos grupos CeldGroup e WirelessBR, em ordem alfabética:

- Ailton Santana

- Bruno Maia

- Emílio Honório

- Fabio Pereira

- Felipe Mahatma

- Ivan Junqueira

- José Roberto da Silva Pereira

- Jurandyr Aguiar

- Marcos Cardoso

- Paulo CardinaliPesquisa, tradução e texto final por Jana de Paula/Apoio e idealização de Helio Rosa