

# WiMAX: Nova alternativa de banda larga sem fio

## *WiMAX: New alternative for wireless broadband*

Bruno Menile, Douglas de O. Homem, Emerson M. Zanelli,  
Robson R. Miorini, Thiago de F. Vito e Elias E. Goulart

USCS - Universidade Municipal de São Caetano do Sul - São Caetano do Sul - SP - Brasil  
menile@ig.com.br douglasoliveirargs@hotmail.com  
emersonzanelli@yahoo.com.br rmiorini@hotmail.com thiagovito@hotmail.com  
elias.goulart@yahoo.com.br

**Resumo:** Este artigo descreve o estudo realizado sobre o WiMAX, que é uma das novidades tecnológicas de comunicação de dados sem fio de longa distância, além das áreas metropolitanas, atingindo as zonas rurais. Com a expansão da banda larga nos últimos anos, o WiMAX surgiu para viabilizar o acesso a Internet a qualquer hora e em qualquer lugar, oferecendo uma grande flexibilidade e alta escalabilidade. O estudo de caso deste artigo relata um projeto de pesquisa do WiMAX desenvolvido no Município de Campinas pelas universidades PUC e Unicamp, visando ao conhecimento da tecnologia, e não a retornos lucrativos para as instituições.

**Palavras-chave:** WiMAX, Redes Metropolitanas sem fio.

**Abstract:** This article describes the study of WiMAX, which is one of the long-distance wireless communication of technological newness, beyond metropolitan areas, reaching countryside. With the expansion of the broadband in the last years, the WiMAX appeared to make possible Internet access anywhere, at anytime, offering huge flexibility and high scalability. The case study of this article shows a WiMAX research project developed in Campinas city by the universities PUC and Unicamp. This report aims technology knowledge, and non profits return for the institutions.

**Keywords:** WiMAX, Wireless Metropolitan Area Network.

## 1 INTRODUÇÃO

A perspectiva de acesso à Internet de banda larga em qualquer lugar, a qualquer hora, parecia um sonho distante, longe da realidade para a maioria dos usuários de PCs<sup>1</sup>, *laptops* e PDAs<sup>2</sup>. A tecnologia WiMAX surgiu para viabilizar esta necessidade, com a proposta de transformar o mundo da banda larga móvel, habilitar o rentável desenvolvimento da área metropolitana de redes baseadas no padrão IEEE<sup>3</sup> 802.16e e aceitar *laptops* e usuários em movimento.

## 2 WiMAX

WiMAX é uma tecnologia sem fio otimizada para entrega de IP<sup>4</sup>, provendo serviços de Internet

de banda larga, e possui uma plataforma escalável sem fio para construir alternativa de redes de banda larga complementares (TEIXEIRA, 2004).

A tecnologia conhecida como WiMAX também pode ser chamada de WMAN – *Wireless Metropolitan Area Network* (rede metropolitana sem fio). O IEEE 802.16 é uma especificação sem fio de acesso às redes de banda larga fixa metropolitana, que utiliza uma arquitetura de ponto-multiponto. Publicado em 8 de abril de 2002, o padrão define o uso da faixa de frequência de licenciamento entre 10 e 66GHz e entre 2 a 11GHz (licenciado e não-licenciado). O IEEE 802.16 suporta alta taxa de tráfego de dados, tanto para *upload* quanto para *download*, de uma estação base a uma distância de até 50 quilômetros e com uma velocidade de até 75Mbps (WiMAX, 2001).

Em princípio, as redes de acesso banda larga WiMAX podem ser construídas rapidamente (comparadas com sistemas que utilizam redes

<sup>1</sup> *Personal computer.*

<sup>2</sup> *Personal Digital Assistant.*

<sup>3</sup> *Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.*

<sup>4</sup> *Internet Protocol.*

com fio) e o custo de instalação é relativamente mais baixo por estações base *wireless* em edifícios ou torres para prover uma vasta cobertura. A utilização da tecnologia sem fio elimina o custo excessivo de instalação de novas redes a cabo ou de fibra. Como já foi citado, o WiMAX oferece uma alta taxa de transmissão de dados, dependendo particularmente da configuração escolhida. O WiMAX suporta voz e vídeo, bem como dados da Internet. Uma de suas aplicações é prover acessos de banda larga sem fio para áreas rurais. Pretende também prover conectividade a dispositivos móveis. Com o WiMAX, os usuários móveis podem ter acesso livre à Internet a uma velocidade de banda larga, por exemplo, dentro de um metrô em movimento (PAREEK, 2006).

## 2.1 Por que utilizar a tecnologia WiMAX?

WiMAX pode satisfazer uma variedade de necessidades de acesso. Há aplicações voltadas ao intuito de estender a capacidade de banda larga, chegando mais próximo do assinante e preenchendo o buraco dos cabos, serviços DSL<sup>5</sup> e T1, Wi-Fi etc.

WiMAX pode prover uma vasta área de cobertura e qualidade de serviço, com capacidade para aplicações em tempo real, com baixo *delay* (atraso) e *streaming*<sup>6</sup> de vídeo em tempo real, assegurando àqueles assinantes que esperam obter a melhor *performance* todos os tipos de comunicações (PRADO, 2007).

## 2.2 WiMAX – Funcionamento

O WiMAX é esquematicamente similar a um *layout* ponto-multiponto de uma rede de celular, definido por dois tipos de estações, quais sejam:

- estações base (BS – *Base Stations*);
- estações clientes (SS – *Subscriber Stations*).

As estações base são posicionadas estrategicamente para que, assim, irradiem sinais até as SSs dentro de seus raios de abrangência (WiMAX, 2006). O sinal é enviado através de uma torre central para várias outras torres. Após o recebimento

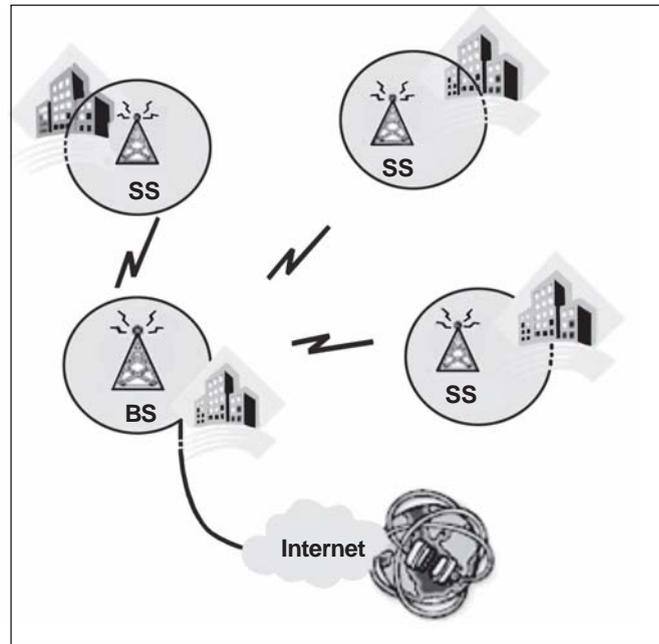


Figura 1: WMan (*Wireless Metropolitan Area Network*). (SCHWEITZER et al, 2005)

do sinal vindo da torre central, as outras torres multiplicam o sinal para chegar aos receptores. Cada ponto de acesso pode se comunicar um com o outro, assim permitindo uma comunicação mais robusta e um alcance maior do sinal.

As BSs são conectadas às redes públicas usando fibra ótica, cabo, ligação de microonda ou outro tipo de conectividade de alta velocidade ponto a ponto, e, por intermédio dela, diversas estações clientes (SS) acessam a rede em uma topologia chamada ponto-multiponto (SWEENEY, 2006).

As SSs servem às sub-redes públicas e privadas, domésticas ou corporativas existentes. BSs e SSs são estações fixas, porém as SSs podem ser móveis, de acordo com padrão IEEE 802.16e. 2.3 LOS (*LINE-OF-SIGHT*) E NLOS (*NON-LINE-OF-SIGHT*)

O canal de rádio de um sistema de comunicação *wireless* é descrito freqüentemente como sendo LOS (linha com visada) ou NLOS (linha sem visada).

Enquanto muitas tecnologias atuais disponíveis para banda larga *wireless* fixa podem prover somente cobertura de LOS, foi aperfeiçoada a tecnologia por trás do WiMAX para prover cobertura de NLOS. O WiMAX provê o melhor para ambos: cobertura de uma distância de até 50 quilômetros sob condições LOS e células de rádio de até oito quilômetros sob condições NLOS.

<sup>5</sup> *Digital Subscriber Line*.

<sup>6</sup> *Streaming* é a tecnologia que permite o envio de informação multimídia por meio de pacotes, utilizando redes de computadores, sobretudo a Internet.

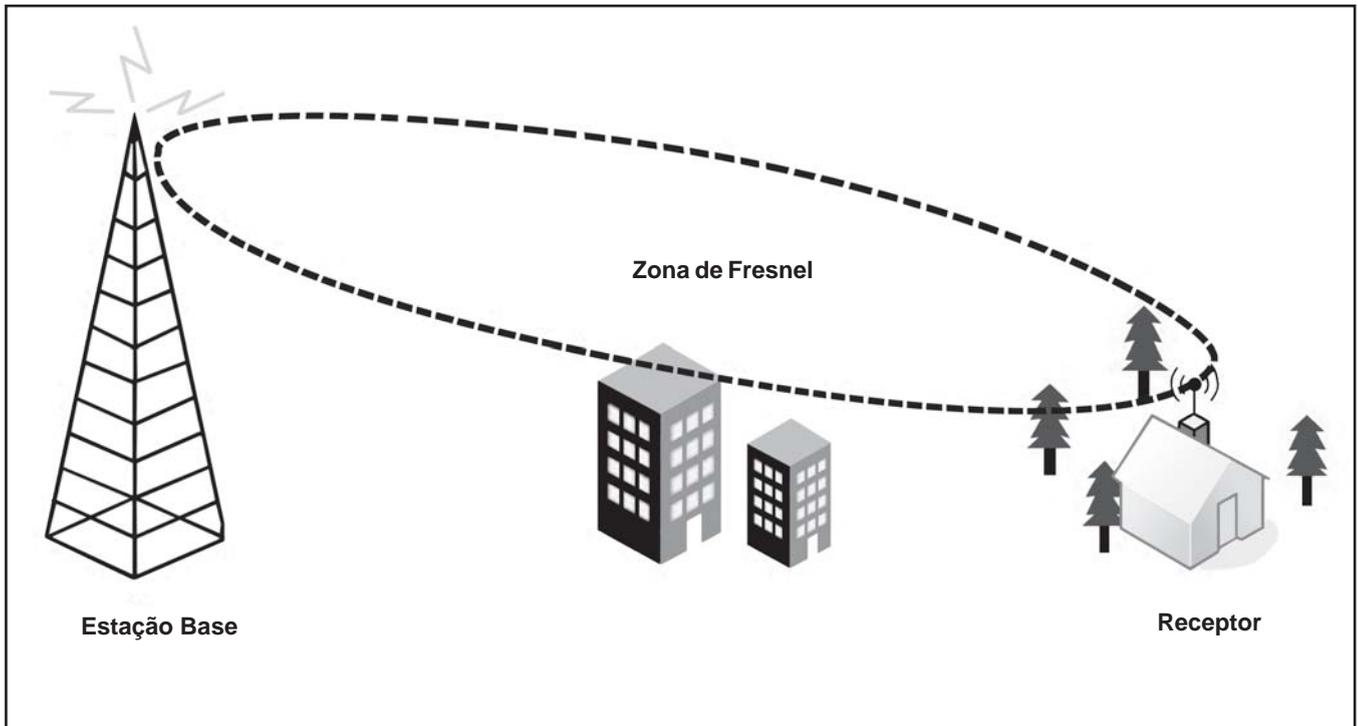


Figura 2: Fresnel em uma ligação LOS.

Em uma ligação de LOS, um sinal percorre um trajeto em um caminho direto e desobstruído do transmissor para o receptor. Uma ligação LOS requer que a Zona de Fresnel<sup>7</sup> seja livre de qualquer obstáculo para a melhor transição do sinal.

Em uma ligação de NLOS, um sinal localiza o receptor por reflexões, dispersão e difrações. Os sinais que chegam ao receptor consistem em componentes de caminho direto, múltiplos caminhos refletidos, energia espalhada e caminhos de propagação refratados. Esses sinais têm expansões de demora diferentes, atenuação, polarização<sup>8</sup> e estabilidade relativa para o caminho direto.

Os fenômenos de multipercurso (sinais de rádio que alcançam a antena de recepção por dois ou mais trajetos) também podem causar a polarização do sinal a ser mudado. Assim, usar polarização como um meio de reutilizar a frequência, como normalmente é feito em desenvolvimentos de LOS, pode ser problemático em aplicações de NLOS.

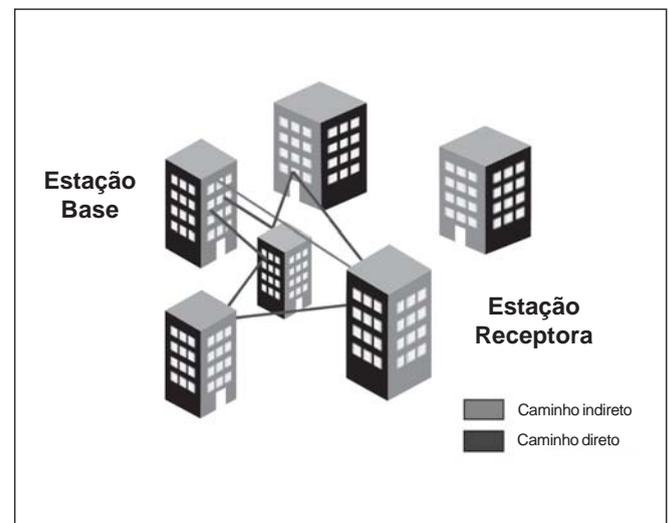


Figura 3: Propagação de NLOS

Um produto que somente aumenta o poder para penetrar obstáculos não é nenhuma tecnologia de NLOS, pois ainda é necessário contar com um forte caminho direto sem usar a energia presente nos sinais indiretos. As condições da cobertura de LOS e de NLOS são administradas pelas características da propagação de seus ambientes, perda de caminho e acesso do *link* de rádio (Tabela 1).

<sup>7</sup> É o volume de espaço entre um emissor e um receptor de ondas eletromagnéticas.

<sup>8</sup> É a orientação do campo elétrico de uma onda de rádio com respeito à terra ou à direção de propagação. É determinado pela estrutura física da antena e por sua orientação.

TABELA 1:

Tabela de comparativo de ligação LOS e NLOS no WiMAX.

Ligação	Cobertura	Trajetos	Sinal até o receptor (SS)
LOS	Até 50 km da estação base até a estação receptora (SS).	Caminho direto	Requer que seja livre de obstáculos.
NLOS	Células de rádio de até 8 km.	Caminho indireto Caminho direto	Chegam por reflexões, dispersão e difrações.

TABELA 2:

Alocação mundial das faixas licenciadas e isentas de licença

País/Área Geográfica	Faixas Utilizadas
América do Norte, México	2.5GHz e 5.8GHz
América Central e do Sul	2.5GHz, 3.5GHz e 5.8GHz
Europa Ocidental e Oriental	3.5GHz e 5.8GHz
Oriente Médio e África	3.5GHz e 5.8GHz
Ásia e Pacífico	3.5GHz e 5.8GHz

Fonte: INTEL (2005: 4).

## 2.4 Comparação entre as tecnologias licenciadas e as isentas de licença

Visando a minimizar o potencial de interferências, governos de todo o mundo estipularam requisitos de potência para as operações da tecnologia, impondo controles sobre as soluções isentas de licença.

Cada região define seu próprio conjunto de faixas, conforme Tabela 2.

### Faixas licenciadas: 2,5GHz e 3,5GHz

Como faixa licenciada, 2,5GHz foi alocada em boa parte do mundo. Cada país aloca a faixa de forma diferente; portanto, o espectro alocado entre regiões pode ir de 2,6 a 4,2GHz. Os sistemas que operam em faixa licenciada levam vantagem sobre as isentas de licença, comportam melhor as antenas internas e há uma maior potência para *downlink* (INTEL, 2005).

### Faixas isentas de licença: 5GHz

Foram designadas isentas de licença, em boa parte do mundo, as faixas de 5,15GHz e 5,85GHz. Existe uma preocupação em alguns governos e provedores de serviços, referente ao número excessivo de faixas isentas de licença, podendo afetar redes de comunicação críticas tanto públicas

quanto do governo, tais como sistemas de radar (INTEL, 2005).

## 3 PERSPECTIVA PARA OS PRÓXIMOS ANOS

Em fevereiro de 2005, o instituto de pesquisa norte-americano In-Stat WiMAX (IN-STAT, 2005) divul-

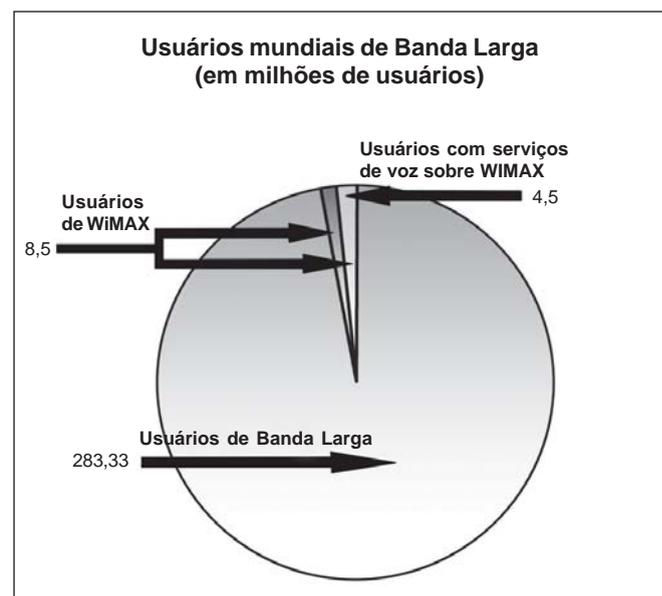


Figura 4: Números de usuários WiMAX em 2009, segundo o instituto In-State

Fonte: IN-STATE (2005).

gou uma pesquisa apontando que, em 2009, cerca de 3% dos usuários mundiais de banda larga (em torno de 8,5 milhões) devem usar conexões baseadas na tecnologia WiMAX. Dentro desse contingente, em torno de 4,5 milhões devem também usar serviços de voz sobre (INTEL, 2004).

Já outra consultoria norte-americana, chamada RNCOS, divulgou a pesquisa “WiMAX – A market update (2006-2007)”, mostrando que, até 2009, o WiMAX terá mais de 14 milhões de usuários em todo o mundo. Com a adoção em massa, a tecnologia terá uma penetração de 63% entre os serviços de banda larga e oferecerá às operadoras uma receita de US\$ 13,8 bilhões apenas com serviços (SOUZA, 2006).

No Brasil, o WiMAX está em fase de implementação. A maioria dos projetos realizados no País ainda está baseada nas faixas de frequências não-licenciadas (MOREIRA, 2006).

A Intel, que é uma grande fabricante de *chips* WiMAX, está muito interessada em disseminar a tecnologia no País. Segundo uma nota divulgada pela própria Intel, em fevereiro deste ano (2007), foi assinado um acordo com o CPqD (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tele-

comunicações) para o desenvolvimento de estações rádio base móveis. A iniciativa teve como objetivo a redução de custos, uma das grandes barreiras para a adoção da tecnologia no País (INTEL, 2007).

#### 4 ESTUDO DE CASO

Realizou-se uma pesquisa na PUC-Campinas com intuito de adquirir informações técnicas e conceituais, em visitas ao local onde o projeto foi realizado. Foi feita uma entrevista, conforme relatado abaixo, através de questionário, com o coordenador do projeto, chamado Omar Branquinho.

A Intel montou na Unicamp (Universidade Estadual de Campinas) um laboratório chamado WCN (*Wireless Competence Network*), com a participação do Prof. Omar Branquinho, atual coordenador dos cursos de Telecomunicações da PUC-Campinas (Pontifícia Universidade Católica de Campinas), fazendo desde o início as solicitações de equipamentos.

Os experimentos sobre WiMAX começaram com a ERB<sup>9</sup> de 5,8GHz, que é um sistema simples e fácil de operar, utilizado para atendimento



**Figura 5:** Localização geográfica dos pontos de testes.

Fonte: ARAÚJO (2007).

<sup>9</sup> Estação rádio base.

## 4.1 Implementação do projeto

Para a implementação do projeto, foi utilizada a faixa de frequência 5.8GHz, pois não é necessária a aquisição de licenças para sua utilização.

O projeto, em sua primeira fase, abrangeu dois pontos: um no CCUEC<sup>10</sup> e outro no LAB Intel. Com uma estação nômade, foram realizados testes em movimento por vários locais, e em momentos de parada eram realizadas avaliações, para conseguir ciência de como funcionava a tecnologia.

Na segunda fase do projeto, o objetivo foi atender à escola particular do sítio. As atividades realizadas nessa escola foram a robótica computacional, por meio das quais os alunos controlavam os robôs que estavam localizados na PUC, e vice-versa.

A terceira fase teve início em 2007, em uma faixa de frequência de 2,5GHz. Esse teste durou até agosto de 2007 e, atualmente, os testes estão voltados para a faixa de frequência em 5,8GHz, com a finalidade de atender a outras localidades da região, como postos de saúde e outras escolas, inclusive uma escola no município vizinho de Paulínia, que está localizada a uma distância de dez quilômetros.

A proposta é que esse projeto, quando totalmente implantado, dê suporte a outras atividades, como IPTV<sup>11</sup>, VoIP<sup>12</sup>, interatividade e outras tecnologias do mesmo segmento, relatou Omar Branquinho.

## 4.2 Benefícios

Sendo um projeto de pesquisa para conhecimento da tecnologia, sem finalidades lucrativas, o WiMAX contribuiu com um aprendizado como benefício para a equipe de alunos e para o próprio Omar Branquinho, já que os alunos não tinham conhecimento algum sobre a tecnologia. Omar Branquinho, além de fornecer a infra-estrutura para os alunos, também realizou um papel de orientador, sanando dúvidas e coordenando o projeto.

## 4.3 Alcance proporcionado pela tecnologia

Omar Branquinho relatou que o usuário pode estar conectado a uma velocidade de 54Mbps e, em outros momentos, a 9Mbps em locais mais distantes, pois depende da distância e do tipo de ambiente para prover a taxa.

Em Campinas, nas estações mais próximas à universidade, foi possível conseguir taxas excelentes: com uma visada direta a cerca de 200 a 300 metros, alcançou-se uma taxa de 49Mbps e, em locais com quatro quilômetros de distância, foram alcançados 3Mbps. A velocidade depende do lugar, do tipo de serviço e do usuário que se deseja atender.

A tecnologia ponto-multiponto para longas distâncias, como a zona rural, só tem uma solução: o ponto da ERB, um ponto geograficamente vantajoso e com torre que permitiria linha de visada; mas, para se instalar uma torre, depende-se das condições geográficas e físicas do local.

## 4.4 Segurança

A segurança do WiMAX não pode ser comparada à do *Wi-Fi*. Essa questão surge devido à fragilidade do *Wi-Fi*. Mas, no WiMAX, os mecanismos são diferentes, extremamente robustos e, conforme Omar Branquinho, este nunca ouviu falar em quebra de sinal, apesar de não ser sua área de atuação profissional.

## 4.5 Manutenção e custo

Referente à manutenção, o custo é baixo, diferente de estruturas mais pesadas (por exemplo, a de 2,5GHz), porque as ERBs são mais potentes e complexas; já os equipamentos de 5,8GHz são mais simples.

As tecnologias em 2,5GHz e 3,5GHz estão sendo licenciadas pelo WiMAX *Forum*, e essas tecnologias têm um custo razoável: não tão caro como uma infra-estrutura de sistemas celulares, mas nem tão baratas como sistemas que trabalham em banda não- licenciada, como as de 5,8GHz.

<sup>10</sup> Centro de Computação da Unicamp.

<sup>11</sup> *Internet Protocol Television*.

<sup>12</sup> Voz sobre IP.

## 5 CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado, o WiMAX é uma tecnologia alternativa de banda larga sem fio, utilizada para longo alcance e alta taxa de transmissão.

No estudo realizado sobre o funcionamento do WiMAX, observa-se um fato de grande importância em relação ao posicionamento das antenas de estação base e estação receptora, onde os fatores alcance e velocidade podem ser influenciados de acordo com uma linha sem visada entre as estações (NLOS), como prédios e morros, por exemplo, prejudicando o sinal, ou uma linha com visada (LOS), ou seja, sem nenhum obstáculo, portanto com maior aproveitamento em relação à distância e à velocidade.

As especulações de mercado referentes ao alcance e à velocidade são relativas, pois dependem da topografia da região e do tipo de serviço a ser ofertado.

No estudo de caso, segundo depoimentos coletados, apesar de o WiMAX ser uma tecnologia nova, o custo de aquisição e manutenção é mais acessível, pois existem equipamentos mais simples, como a ERB, que trabalha com frequência de 5,8GHz. Essa frequência, no Brasil, está disponível para WiMAX, e não é necessária a aquisição de licença, ao contrário das faixas de 2,5 e 3,5GHz.

Conclui-se que o WiMAX viabilizará o acesso à banda larga sem fio em lugares desprovidos de acesso à Internet de alta velocidade com infraestrutura adequada, pois suas principais características são o longo alcance e a mobilidade, o que permitirá seu uso tanto na metrópole quanto em zonas rurais. Espera-se ter contribuído e agregado conhecimento à sociedade, apresentando uma tecnologia inovadora para banda larga sem fio.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Guido. Projeto WiMAX City. 2007. Disponível em: <<http://www.ctic.unicamp.br/contic/arquivos/wimax-city-resumo.pdf>>. Acesso em: 06 de outubro de 2007.

INTEL. WiMAX ganha impulso no Brasil em 2007. 2007. Disponível em <<http://www.intel.com/portugues/press room/releases/2007/0213b.htm>>. Acesso em: 16 de agosto de 2007.

\_\_\_\_\_. Implementação de soluções WiMAX isentas de licença. 2005. Disponível em: <[http://www.intel.com/portugues/netcomms/wp04\\_port.pdf](http://www.intel.com/portugues/netcomms/wp04_port.pdf)>. Acesso em: 14 de maio de 2007.

\_\_\_\_\_. Entenda o *Wi-Fi* e o WiMAX como soluções de acesso metropolitano. 2004. Disponível em: <[http://www.intel.com/portugues/netcomms/wp03\\_port.pdf](http://www.intel.com/portugues/netcomms/wp03_port.pdf)>. Acesso em: 14 de maio de 2007.

IN-STAT. WiMAX has potential to transform telecom markets. 2005. Disponível em: <<http://www.instat.com/newmk.asp?ID=1249>>. Acesso em: 16 de agosto de 2007.

MOREIRA, D. Redes *wireless*: o estágio de evolução do *Wi-Fi*, *WiMax* e 3G no Brasil. 2006. Disponível em: <[http://idgnow.uol.com.br/telecom/2006/05/24/idgnoticia.2006-05-22.8566285717/IDGNoticia\\_view](http://idgnow.uol.com.br/telecom/2006/05/24/idgnoticia.2006-05-22.8566285717/IDGNoticia_view)>. Acesso em: 29 de abril de 2007.

PAREEK, D. *The Business of WiMAX*. 1. ed. England: John Wiley & Sons Ltd., 2006.

PRADO, E. O importante papel do WiMAX Fórum. 2007. Disponível em: <<http://www.revista.dewimax.com.br/Revista/WiMAXForum/tabid/90/Default.aspx>>. Acesso em: 09 de setembro de 2007.

SCHWEITZER, C.; SAKURAGUI, R.; CARVALHO, T. & VENTURINI, Y. Tecnologias de redes sem fio: WPANs, WLANs e WMANs: desafios de segu-

rança, vulnerabilidade e soluções. 2005. Disponível em: <<http://www.linorg.cirp.usp.br/SSI/SSI2005/Microcursos/MC04.pdf>>. Acesso em: 01 de setembro de 2007.

SOUZA, A.; OLIVEIRA, C.; CARVALHO, G. & SILVA, S. A expectativa sobre a tecnologia WiMAX no mercado de telecomunicações. 2006. Disponível em: <<http://www.abee-go.com.br/artigos/wimax.pdf>>. Acesso em: 19 de maio de 2007.

SWEENEY, D. *WiMax operator's manual: Building 802.16 Wireless Networks*. 2. ed. United States: APRESS, 2006.

TEIXEIRA, E. WiMAX: introdução. 2004. Disponível em: <[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorial\\_wimax/default.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorial_wimax/default.asp)>. Acesso em: 01 de setembro de 2007.

WiMAXa. WiMAX Forum Overview. 2001. Disponível em: <<http://www.wimaxforum.org/about>>. Acesso em: 09 de setembro de 2007.

\_\_\_\_\_. Mobile WiMAX – Part I: a technical overview and performance evaluation. 2006. Disponível em: <[http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/Mobile\\_WiMAX\\_Part1\\_Overview\\_and\\_Performance.pdf](http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/Mobile_WiMAX_Part1_Overview_and_Performance.pdf)>. Acesso em: 14 de maio de 2007.