

PROPOSTA DE UMA REDE DE ACESSO BANDA LARGA SEM FIO RURAL PADRÃO IEEE 802.16

Abadio dos Reis Silva Leite¹ e Paulo Roberto Guardieiro²

¹IFTM – Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba – MG, abadio@iftm.edu.br

²Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia – MG, prguardieiro@ufu.br

Resumo – Nos últimos anos as redes sem fio com propostas de transmissão de dados, vídeo e voz estão limitadas quando se refere à distância, QoS, largura de banda, principalmente em áreas de difícil acesso, como o meio rural. O WiMAX, padrão IEEE 802.16 foi criado para solucionar as barreiras encontradas nas tecnologias anteriores. Neste artigo destacam-se as características deste padrão e apresenta-se uma proposta de planejamento e dimensionamento de uma rede de banda larga sem fio WiMAX, destinada ao atendimento dos requisitos de comunicação de uma comunidade rural.

Palavras-Chave – Banda Larga sem fio, IEEE 802.16, WiMAX, WiMAX Rural.

PROPOSAL FOR A NETWORK OF WIRELESS BROADBAND ACCESS STANDARD RURAL IEEE 802.16

Abstract - In recent years, wireless networks with proposals for data transmission, video and voice are limited when it comes to distance, QoS, bandwidth, especially in areas of difficult access such as rural areas. WiMAX, IEEE 802.16 standard was created to address the barriers faced in earlier technologies. In this article we highlight the characteristics of this pattern and presents a proposal for planning and dimensioning of a network of wireless broadband WiMAX service intended for communication requirements of a rural community.

Keywords – Broadband wireless IEEE 802.16, WiMAX, WiMAX Rural.

I. INTRODUÇÃO

O padrão IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) 802.16 conhecido por WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), evidencia um novo panorama na maneira de trafegar dados em alta velocidade,

vídeo e voz sobre redes sem fios [1], a um custo de implantação relativamente baixo, principalmente em regiões desprovidas de infraestrutura como tipicamente é o meio rural, onde os custos para instalação de rede cabeada é muito oneroso [2].

O meio rural sofreu, especialmente nas últimas duas décadas, profundas alterações. Em vista disso, os pequenos produtores tiveram que se adaptar às mudanças nas formas de produção, de comercialização e, até mesmo, de relações sociais, que implicaram na necessidade de aderir a inovações tecnológicas, rever a gestão das propriedades e se adequarem a uma visão empresarial de administração do negócio agrícola. Diante desse contexto, a difusão da tecnologia da informação e comunicação, especialmente da Internet, tornou-se uma necessidade para o meio rural, tanto quanto já era para o urbano, visando atender à demanda por conhecimento e informações atualizadas e constantes.

Segundo o Comitê Gestor da Internet no Brasil, a redução efetiva da exclusão digital por meio de investimentos em conectividade não se limita à ajuda em equipamentos, mas abrange uma série de esforços e serviços fundamentais para o desenvolvimento humano na era digital. Em especial, o desafio central da conectividade, que é a integração das populações com menos recursos e geograficamente marginalizadas em relação ao processo de desenvolvimento nacional e regional no contexto da sociedade do conhecimento [3].

Neste artigo propõe-se uma rede de acesso banda larga sem fio padrão IEEE 802.16, para ser utilizada em uma localidade rural típica situada no município de Uberaba-MG, que está localizada a 12 Km da área urbana, é formada por pequenas propriedades. Quanto à infraestrutura de comunicação, esta comunidade não possui acesso a qualquer serviço. Portanto, a disponibilidade desta rede de comunicação trará grandes benefícios para esta comunidade.

Este artigo está dividido em mais quatro seções, além desta, distribuídas da seguinte maneira: A seção II apresenta um detalhamento do padrão IEEE 802.16 onde são mostradas algumas de suas principais características, tais como a arquitetura, modos de operação, modelo de referência do padrão e QoS, na seção III apresenta o planejamento da rede rural WiMAX, na seção IV o dimensionamento da rede, na seção V a conclusão, em seguida a referência bibliográfica.

II. O PADRÃO IEEE 802.16

O padrão IEEE 802.16 começou a ser desenvolvido em 2001, por um grupo específico de trabalho do IEEE, onde a primeira versão do WiMAX foi publicada no ano de 2001 e



X CEEL - ISSN 2178-8308
24 a 28 de setembro de 2012
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

permitia transmissão apenas com linha de visada direta ou LOS (*Line of Sight*) operando numa faixa de frequência de 10-66 GHz, podendo ter um alcance de até 50 quilômetros.

A comunicação sem linha de visada ou NLOS (*Non Line of Sight*), é utilizada em todas as extensões a partir do IEEE 802.16a que foi aprovada em 2003, onde permite uma transmissão utilizando uma faixa de frequência mais baixa que varia de 2 a 11 GHz. Estas mudanças irão permitir alta taxa de transmissão e mobilidade, preenchendo com isto os problemas enfrentados, respectivamente, com as redes locais e as redes metropolitanas [4].

A arquitetura geral do padrão IEEE 802.16 consiste basicamente de uma estação base central, BS, e várias estações assinantes, SSs, as quais se comunicam utilizando o espectro de radiofrequência. A BS está ligada à infraestrutura de rede cabeada e provê acesso à Internet para as SSs que estão sob o seu raio de cobertura.

Quanto aos modos de operações, o padrão IEEE 802.16 permite basicamente dois modos: o PMP e o modo em malha ou modo *mesh* [5].

- **PMP (Ponto-Multiponto)** – Neste tipo de operação todas as SSs (*Subscriber Station*) recebem a mesma transmissão da BS e as transmissões feitas pelas SSs são diretamente direcionadas para a BS. A BS neste caso é o ponto central que controla toda a comunicação, sendo neste caso o único ponto de falha da rede, e caso apresente algum problema todas as SSs ficarão impossibilitadas de se comunicarem. A BS deve ser posicionada num ponto estratégico, para fornecer alcance para várias SSs simultaneamente [5]. A Figura 1 apresenta o modo de operação PMP.

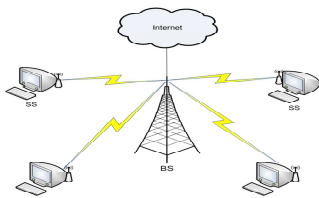


Fig. 1. Modo de operação PMP (adaptado de [5]).

- **Mesh** – É um tipo de operação onde a comunicação pode acontecer diretamente entre as SSs sem haver a necessidade de controle por parte da BS. Neste modelo, as SSs se apresentam como uma alternativa para roteamento do tráfego na célula. Esta topologia exige algoritmos de roteamento complexos, pois operam no modo *ad hoc*, ou seja, operam sem a necessidade de um ponto central [5]. A Figura 2 apresenta o modo de operação *Mesh*.

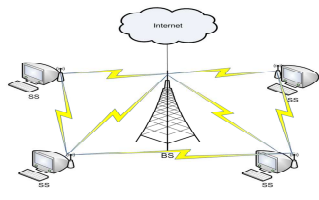


Fig. 2. Modo de operação Mesh (adaptado de [5]).

A. Modelo de Referência do padrão IEEE 802.16

O padrão IEEE 802.16 está baseado no Modelo OSI (*Open Systems Interconnection*) da ISO (*International Organization for Standardization*) e, por esse motivo, ele especifica uma camada MAC (*Media Access Control*) e uma camada física (*PHY – Physical Layer*) para possibilitar o acesso à Internet em banda larga sem fio [6].

- **Camada MAC** – Sua principal tarefa é prover uma interface entre as camadas superiores e a camada física a fim de possibilitar a transferência dos dados [6].

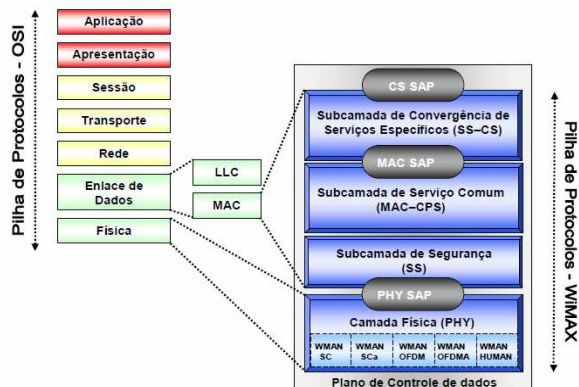


Fig. 3. Modelo referência do padrão IEEE 802.16 (adaptado de [7])

Conforme pode ser visto na Figura 3, no modelo de referência do padrão IEEE 802.16, a camada MAC é dividida em subcamadas com funções específicas.

- **Subcamada de Convergência Específica:** Tem por função principal prover o mapeamento dos pacotes que vêm da rede externa para o padrão IEEE 802.16. O padrão especifica duas subcamadas de convergência específicas: a convergência ATM e a convergência de pacotes. A subcamada ATM tem por função fazer a associação das células que entram no domínio WiMAX, juntamente com seus parâmetros de conexão, para um determinado fluxo de serviço. A subcamada de pacotes é responsável pela interconexão da rede WiMAX com qualquer rede baseada em pacotes [8].

- **Subcamada de Parte Comum:** Engloba todas as funcionalidades de maior relevância da camada MAC, como por exemplo, a fragmentação, a remontagem dos pacotes e os mecanismos para a provisão de QoS (algoritmos de escalonamento de pacotes, CAC e policiamento) [8].

- **Subcamada de Segurança:** A principal função é prover segurança ao nível de enlace, entre duas SSs no modo *mesh* e SS/BS no modo PMP [8].

- **Camada Física:** O objetivo principal desta camada é transportar os dados do usuário, na forma de bits, entre os nós adjacentes da rede. Isso implica que a camada física deve conter funções para codificar os bits dos usuários em um formato adequado para transmissão no meio sem fio. Em razão do enlace sem fio ser compartilhado, é necessário o emprego de alguma forma de duplexação. O padrão define duas técnicas para acesso ao meio [8].

B. Técnicas de Duplexação do padrão IEEE 802.16

- **TDD – Time Division Duplexing:** Na duplexação por divisão no tempo ou TDD (*Time Division Duplexing*) um único canal é compartilhado para a transmissão *uplink* e *downlink* em tempos diferentes, ou seja o sistema transmite e recebe bits dentro de um mesmo canal de radiofrequência, assumindo porções de tempos específicas para a transmissão e recepção desses bits [9].

- **FDD – Frequency Division Duplexing:** Conhecida como duplexação por divisão de Frequência, Os canais de *uplink* e *downlink* são separados, ou seja requer duas faixas de frequências separadas, uma para cada direção, geralmente de 50 a 100 MHz, porém as transmissões são realizadas simultaneamente [9].

C. QoS no padrão IEEE 802.16

O termo QoS pode ser interpretado sob duas perspectivas diferentes: a do usuário e a da rede. Da perspectiva do usuário, a QoS refere-se à qualidade da aplicação sob o ponto de vista do usuário final. Já na perspectiva da rede, a QoS refere-se a qualidade do serviço que a rede oferece para as aplicações em termos de parâmetros como latência máxima, vazão mínima e taxa de perdas. Resumindo é fornecer um serviço que atenda adequadamente as necessidades dos usuários ao passo que maximiza a utilização de recursos de rede.

O padrão IEEE 802.16 faz o tratamento diferenciado dos dados do usuário para que haja provimento de QoS nas aplicações. Este tratamento diferenciado é realizado através de 05 classes de serviços de escalonamento a fim de completar os requisitos de qualidade de serviços. As classes de serviços são as seguintes:

- **UGS (*Unsolicited Grant Service*)** – Esta classe é projetada para suportar fluxo de serviços em tempo real com taxa de bits constantes ou CBR (*Constant Bit Rate*) [10]. Os pacotes são gerados periodicamente e possuem tamanho fixo. O escalonador da BS aloca grants periódicos para as SSS transmitirem os dados a fim de atender o requisito de taxa constante, e por esse motivo as conexões UGS nunca requisitam largura de banda. Como exemplos de aplicações podem ser citados VoIP (*Voice Over IP*) sem supressão de silêncio e ATM CBR [11].

- **rtPS (*Real Time Polling Service*)** – Esta classe é projetada para suportar aplicações em tempo real. Os pacotes possuem tamanho variável e são gerados em intervalos periódicos. Uma conexão rtPS realiza requisições de largura de banda através de informações contidas nas concessões *unicast* que são transmitidas periodicamente pela BS. Como exemplo de classe podemos citar o vídeo streaming em tempo real usando a codificação MPEG (*Moving Pictures Experts Group*) [11].

- **nrtPS (*Non-Real-Time Polling Service*)** – Esta classe de serviço suporta tráfego armazenado tolerante ao atraso com fluxo de taxa variável (pacotes de tamanho variável); e devido ao fato da taxa de dados ser variável a largura de

banda também possui tamanho variável regularmente. A BS permite que as SSS solicitem banda por piggyback e /ou mecanismos de contenção ou disputa. Exemplo de aplicação deste tipo podemos citar a transferência de arquivos por FTP (*File Transfer Protocol*) [11].

- **ertPS (*Extend Real Time Polling Service*)** – Esta classe de serviço suporta fluxos de serviço tempo real que geram pacotes de dados de tamanho variável em períodos fixos. Da mesma forma que na classe UGS, a BS provê grants para a transmissão dos dados sem a necessidade de mecanismos explícitos para a requisição de banda. Exemplo de aplicação desse tipo podemos citar VoIP (*Voice Over IP*), com supressão de silêncio [12].

- **BE (*Best Effort*)** – Esta classe é projetada para aplicações elásticas, assim sendo não possuem requisitos de atraso nem requerem largura de banda garantida. Nessa classe é realizada solicitação de largura de banda somente por piggyback e /ou mecanismos de contenção. Exemplos de aplicações nessa classe incluem tráfego Web (HTTP – *Hyper Text Transfer Protocol*) e correio eletrônico [12].

III. PLANEJAMENTO DE UMA REDE BANDA LARGA SEM FIO RURAL PADRÃO IEEE 802.16

O computador e a Internet consagram-se como poderosas ferramentas no universo da tecnologia da informação e comunicação, mas ainda tem-se um longo caminho a ser percorrido pelo Governo e pela sociedade para alcançar a universalização dessas tecnologias, propiciando não só o acesso à era digital, mas a capacitação digital dos cidadãos brasileiros [3]. A ausência de políticas públicas dirigidas à inclusão digital para o meio rural brasileiro apresenta-se como a principal lacuna, uma vez que a iniciativa privada ainda não reconhece a importância de que o incremento da população rural à inclusão digital é estratégico para o desenvolvimento econômico e para a própria permanência das novas gerações naquele espaço.

A definição de uma comunidade rural típica, localizada no município de Uberaba-MG, foi feita observando o interesse da comunidade, os aspectos da distância entre o meio rural e urbano e a falta de estrutura em tecnologia da informação e comunicação. No levantamento realizado das demandas, 56% das pessoas disseram que nunca utilizaram a Internet no meio rural e que não dispõem de locais para isso, seja em casa ou em comunidade rural. Promover a inclusão digital é essencial para uma nação que almeja o desenvolvimento com justiça e igualdade social.

Após o levantamento das demandas por aplicações de rede da comunidade rural mencionada na seção I, apresenta-se nesta seção o planejamento da rede de acesso banda larga sem fio baseada no padrão IEEE 802.16 [2]. A primeira providência para se iniciar um projeto é conhecer as áreas que receberão o serviço, para isso faz-se uso de um mapa topográfico para identificar os pontos mais elevados. Em seguida com auxílio de um GPS deve-se ir até o local escolhido e examinar cada uma das posições como a latitude e longitude e a elevação da cada local. Deve-se observar também se existe ou não alguma antena instalada nas

posições escolhidas. Após visitar os lugares, verificam-se quais as posições tem linha de visada ou não, decidindo assim quais pontos terão ligação ponto-a-ponto e ponto-multiponto.

A tecnologia WiMAX funciona como o Wi-Fi, porém é superior em aspectos como velocidade, capacidade de transmissão em distâncias maiores e serve um número maior de usuários. A tecnologia WiMAX é composta de duas partes: a) torre WiMAX, também conhecida como BS (estação base), esta torre trabalha como uma torre de telefone celular. Uma torre WiMAX pode fornecer cobertura para vários usuários, através de uma área muito grande. b) receptor WiMAX, é uma antena parecida com as antenas de TV por assinatura, e é conhecida como SS (estação assinante) ou CPE (*Customer Premises Equipment*). O receptor também pode ser um cartão PCMCIA, ou também pode ser integrado ao notebook como o Wi-Fi é hoje.

A estação base é conectada a um backbone usando uma conexão com fio com grande largura de banda, que será transmitido para todas as SSs, fazendo assim uma conexão ponto-multiponto.

As antenas podem ser: - Direcionais, possuem características de radiação. Elas irradiam o sinal em uma determinada direção do espaço, enviando o sinal a uma determinada zona de cobertura em um ângulo determinado, por isso ela tem um longo alcance. - Ommidirecionais, enviam sinal independente em 360 graus, ou seja, em todas as direções, ela pode estabelecer o sinal independentemente do ponto onde se está, porém seu alcance é menor.

A instalação da antena BS deve ficar entre 30 e 35 metros acima do nível da rua, para evitar interferências como árvores, mas se for possível, quanto mais alto melhor. Quanto maior a distância entre as antenas, mais alta deve ser a elevação das antenas.

A instalação da rede WiMAX na residência do cliente é igual a instalação de uma rede 802.11, os equipamentos e o método de instalação são os mesmos. Para iniciar a instalação podem-se seguir os seguintes passos: - é necessário estar em uma área onde a rede WiMAX esteja disponível, assinar o provedor de acesso WiMAX disponível na região, instalar uma antena (unidade cliente) para receber o sinal na sua casa, também conhecida como "Spot".

IV – DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE BANDA LARGA SEM FIO RURAL PADRÃO IEEE 802.16

O dimensionamento da rede é feito de acordo com parâmetros observados no planejamento, onde os estudos foram baseados em demanda para o meio rural, conforme itens abaixo:

- A distância encontrada no levantamento realizado entre o meio rural e o perímetro urbano é de 12 (doze) km.
- No levantamento topográfico da área, ficou caracterizado pelos aspectos naturais peculiares como a incidência constante de chuvas, o número reduzido de árvores e as construções relativamente baixas.

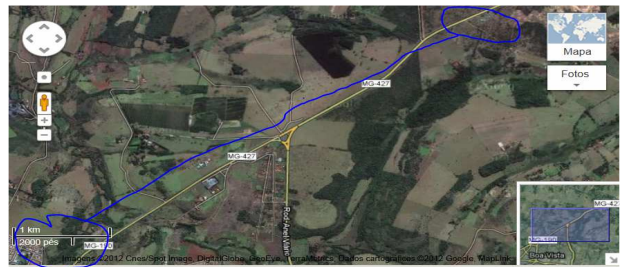


Fig. 4. Localização do meio rural, no município de Uberaba-MG, que está a 12 Km de distância da área urbana.

A Figura 5. refere-se ao posicionamento da BS.

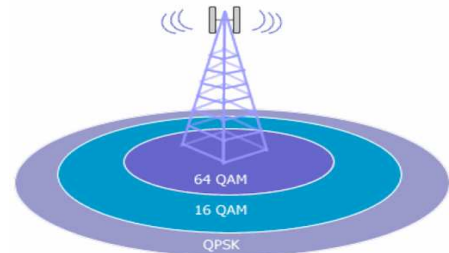


Fig. 5. Posicionamento da BS [13].

A Tabela I, refere-se à distância da BS em relação às SSs, e a quantidade de usuários. O número de SSs levantadas corresponde a 86 (oitenta e seis).

Distância da BS (Metro)	Quantidade de SSs (Usuários)
500	15
1.000	18
1.500	11
2.000	8
2.500	13
3.000	7
3.500	6
4.000	3
4.500	4
5.000	1
Total de Usuários:	86

Tabela I – Quantidade de usuários.

O levantamento das demandas das aplicações (serviços) dos usuários foram: Voip, dados (web, e-mail, etc), IPTV, Mídia Streaming, Jogos online, P2P e Videoconferência. As aplicações dos usuários foram classificadas de acordo com as classes de QoS do padrão IEEE 802.16, apresentado na Tabela II, com suas respectivas largura de banda correspondentes [13].

Tipo de Serviço	Largura de banda necessária (Mbps)
Voip	0,080
Dados	1,000
IPTV	2,000
Mídia Streaming	0,200
Jogos Online	0,085
P2P	0,500
Videoconferência	0,385

Tabela II – Aplicações Vs. Largura de Banda [13].

Serviço		VoIP			Dados			IPTV			Midia Streaming			Jogos online			P2P			Videoconferência			Largura Banda Total
Hora Início	Hora Fim	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
00:00	01:00	7	0,08	0,56	9	1	9	5	2	10	4	0,2	0,8	3	0,085	0,255	7	0,5	3,5	0	0,385	0	24,115
01:00	02:00	5	0,08	0,4	8	1	8	4	2	8	2	0,2	0,4	2	0,085	0,17	5	0,5	2,5	0	0,385	0	19,47
02:00	03:00	4	0,08	0,32	4	1	4	2	2	4	1	0,2	0,2	1	0,085	0,085	4	0,5	2	0	0,385	0	10,605
03:00	04:00	3	0,08	0,24	3	1	3	1	2	2	0	0,2	0	1	0,085	0,085	3	0,5	1,5	0	0,385	0	6,825
04:00	05:00	5	0,08	0,4	2	1	2	1	2	2	0	0,2	0	1	0,085	0,085	5	0,5	2,5	0	0,385	0	6,985
05:00	06:00	8	0,08	0,64	4	1	4	3	2	6	0	0,2	0	1	0,085	0,085	8	0,5	4	0	0,385	0	14,725
06:00	07:00	15	0,08	1,2	6	1	6	4	2	8	2	0,2	0,4	2	0,085	0,17	9	0,5	4,5	0	0,385	0	20,27
07:00	08:00	20	0,08	1,6	10	1	10	5	2	10	3	0,2	0,6	3	0,085	0,255	8	0,5	4	0	0,385	0	26,455
08:00	09:00	35	0,08	2,8	12	1	12	8	2	16	3	0,2	0,6	3	0,085	0,255	7	0,5	3,5	0	0,385	0	35,155
09:00	10:00	25	0,08	2	16	1	16	8	2	16	5	0,2	1	4	0,085	0,34	9	0,5	4,5	3	0,385	1,155	40,995
10:00	11:00	20	0,08	1,6	15	1	15	11	2	22	7	0,2	1,4	3	0,085	0,255	9	0,5	4,5	2	0,385	0,77	45,525
11:00	12:00	40	0,08	3,2	14	1	14	15	2	30	9	0,2	1,8	5	0,085	0,425	11	0,5	5,5	0	0,385	0	54,925
12:00	13:00	35	0,08	2,8	13	1	13	9	2	18	12	0,2	2,4	6	0,085	0,51	14	0,5	7	0	0,385	0	43,71
13:00	14:00	15	0,08	1,2	16	1	16	8	2	16	15	0,2	3	4	0,085	0,34	9	0,5	4,5	5	0,385	1,925	42,965
14:00	15:00	28	0,08	2,24	17	1	17	11	2	22	28	0,2	5,6	15	0,085	1,275	8	0,5	4	4	0,385	1,54	53,655
15:00	16:00	43	0,08	3,44	18	1	18	8	2	16	23	0,2	4,6	8	0,085	0,68	11	0,5	5,5	0	0,385	0	48,22
16:00	17:00	23	0,08	1,84	19	1	19	5	2	10	12	0,2	2,4	7	0,085	0,595	12	0,5	6	0	0,385	0	39,835
17:00	18:00	15	0,08	1,2	14	1	14	8	2	16	9	0,2	1,8	6	0,085	0,51	7	0,5	3,5	2	0,385	0,77	37,78
18:00	19:00	21	0,08	1,68	11	1	11	9	2	18	7	0,2	1,4	5	0,085	0,425	4	0,5	2	0	0,385	0	34,505
19:00	20:00	10	0,08	0,8	9	1	9	17	2	34	15	0,2	3	16	0,085	1,36	7	0,5	3,5	0	0,385	0	51,66
20:00	21:00	15	0,08	1,2	13	1	13	19	2	38	12	0,2	2,4	9	0,085	0,765	5	0,5	2,5	0	0,385	0	57,865
21:00	22:00	5	0,08	0,4	7	1	7	16	2	32	9	0,2	1,8	13	0,085	1,105	5	0,5	2,5	0	0,385	0	44,805
22:00	23:00	8	0,08	0,64	9	1	9	13	2	26	7	0,2	1,4	8	0,085	0,68	4	0,5	2	0	0,385	0	39,72
23:00	00:00	13	0,08	1,04	5	1	5	11	2	22	3	0,2	0,6	3	0,085	0,255	5	0,5	2,5	0	0,385	0	31,395

Tabela III – Levantamento da demanda de banda larga.

A Tabela III [14] mostra a média da demanda do levantamento da largura de banda necessária para atender as aplicações dos usuários no horário de maior movimento. O levantamento considerou intervalos de hora em hora, durante vinte e quatro horas, ou seja, no período das 00h00min as 24h00min. Cada aplicação possui 03 (três) colunas. A coluna de número 1 mostra o número de usuários simultâneos naquela hora, a coluna 2 mostra o valor em Mbps da largura de banda necessária para aquela aplicação por usuário e a coluna 3 mostra o valor que é o resultado da coluna 1 multiplicado pela coluna 2. Posteriormente é somado todas as largura de banda de todas as aplicações e verificado qual é a largura de banda mais alta, pois neste ponto é observado o horário de maior movimento. Neste instante é possível prever qual a largura de banda necessária na BS, para atender seus usuários no horário de maior movimento.

A Figura 6 mostra a média do horário de maior consumo de banda larga, sendo o período entre as 20:00 e as 21:00 horas, principalmente pela aplicação IPTV, pois é a aplicação que mais consome banda larga, seguida da aplicação de dados (internet, e-mail, etc).

De acordo com a Tabela III e a Figura 6, a Largura de Banda (média) necessária para atender as

aplicações dos usuários no horário de maior movimento é de 57,865 Mbps.

Portanto a BS está dimensionada para atender as aplicações dos usuários do meio rural no horário de maior movimento.

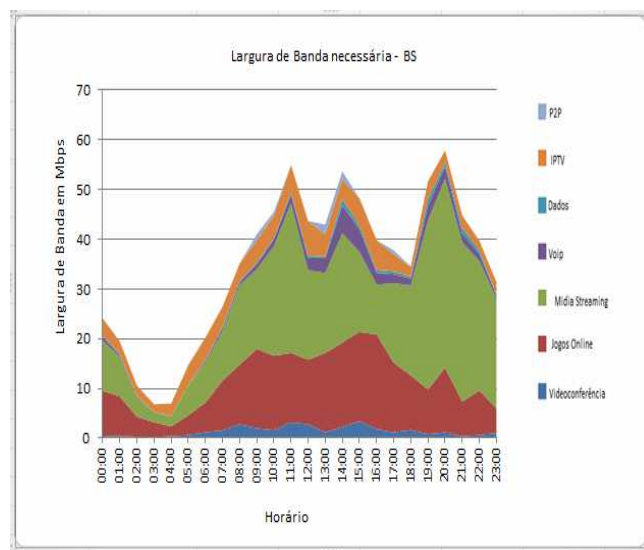


Fig. 6. Largura de banda necessária na BS.

V – CONCLUSÃO

Neste artigo apresentou-se as características do padrão IEEE 802.16 e uma proposta de planejamento e dimensionamento de uma rede de banda larga sem fio WiMAX, destinada ao atendimento dos requisitos de comunicação de uma comunidade rural. Os resultados obtidos permitem concluir que a largura de banda necessária na BS para atender aos requisitos das aplicações a serem implementadas pelos usuários é de 57,865 Mbps.

Na sequência deste trabalho, pretende-se realizar estudos relacionados com, entre outros, qualidade de serviço, propagação, frequência de operação, confiabilidade, interoperabilidade e custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IEEE Std 802.16-2004, “*IEEE Standard for local and metropolitan area networks, Part 16*”: *Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*, October 2004.
- [2] F. L. Figueiredo and L. C. P. Pereira, “Tecnologia WIMAX: uma visão geral”, CPQD Tecnologia 2008: Campinas-SP. pp. 01-26.
- [3] Comitê Gestor da Internet no Brasil, “Pesquisa sobre o uso das tecnologias da informação e da comunicação no Brasil”. Disponível em <http://www.cetic.br/tic/2008/index.htm>. acesso em: 25/04/2012.
- [4] C. A. Rodrigues, “Escalonamento de tráfego em redes WIMAX no modo PMP”, Universidade de Brasília-DF, dissertação de Mestrado, pp. 01-109, 2009.
- [5] E. C. Rosa, “Proposta de um esquema para a provisão de QoS no padrão IEEE 802.16”, Universidade Federal de Uberlândia-MG, pp. 01-114, 2011.
- [6] R. Prasad and F. J. Velez, “*WiMAX Networks: Techno-Economic Vision and Challenges*”, ed. Springer 2010, 1 edição, pp. 01-488, 2010.
- [7] C. B. Both, R. Kunst, and J. Rochol, “Acesso de Banda Larga sem fio (WBA) e Redes Metropolitanas sem fio (WLAN) baseados no padrão IEEE 802.16 “, WiMAX, capítulo 1: pp. 01-30.
- [8] E. R. Dosciatti, W.G. Junior, and A. Foronda, “*An efficient Approach of Sheduling with Call Admission Control to Fixed WiMAX Networks*”. *IEEE Latin America Transactions*, Vol. 10 N. 1, Jan.2012, pp. 01-09.
- [9] E. Prado and F. Lima. “Dimensionamento de Redes Wimax”, www.teleco.com.br, 2006, acesso em: 14/04/2012.
- [10] S. M. R. Sá, “Algoritmo para desenvolver uma ferramenta de planejamento para o sistema de comunicações móveis LTE”, in Instituto Universitário de Lisboa, pp. 01-138.
- [11] J. F. Borin, “Mecanismos para a provisão de qualidade de serviço em redes IEEE 802.16”, Universidade Estadual de Campinas-SP, 2010, pp. 01-91.
- [12] A. N. Oliveira and P. R. Guardieiro, “Análise do Escalonamento Uplink em Redes WiMAX Considerando a Camada Física OFDM”. Universidade Federal de Uberlândia, pp. 01-08.
- [13] B. M. R.. S. Rés, “Soluções Tecnológicas e Impacto da Mobilidade numa Rede WIMAX”, Dissertação Mestrado, Universidade de Aveiro: Portugal, pp. 01-103, 2008.
- [14] A. S. Tanenbaum, and D. Wetherall, “Redes de Computadores”, Pearson Education do Brasil, ed. I. série. Vol. 2011, Brasil, pp. 01-583.