

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO AMBIENTE URBANO NA PROPAGAÇÃO DE SINAIS DE SERVIÇO DE INTERNET SEM FIO EM 2,4 GHZ

Fernanda Maria Leite LIMA (1); Paulo Henrique da Fonseca SILVA (2)

(1) Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações – CEFET-PB

Av. 1º de Maio, 720 – Jaguaribe – João Pessoa – PB – CEP 58.015-430

e-mail: femilktelecom@gmail.com

(2) CEFET-PB/GTEMA, e-mail: henrique@cefetpb.edu.br

RESUMO

Neste trabalho, a distribuição do sinal recebido em 2,4 GHz de um provedor de Internet sem fio, no entorno de sua estação/antena transmissora, localizada no Bairro dos Estados – João Pessoa/PB, foi levantado através de medições de potência e da relação sinal/ruído (SNR) correspondente. A estação transmissora e os equipamentos utilizados para a realização destas medições foram detalhados. Definiu-se a localização geográfica de cada ponto de medição utilizando-se imagens da ferramenta Google Earth. As medições foram efetuadas sob diferentes condições de recepção e através de trajetos específicos no entorno da estação transmissora. Os resultados obtidos foram analisados graficamente com o auxílio do Matlab. As medições ao longo das avenidas paralelas, vizinhas à estação transmissora, permitiram localizar as direções onde a potência do sinal recebido é maior, bem como, registrar a influência de árvores e edificações do ambiente urbano na propagação dos sinais transmitidos. Em trabalhos futuros, estes resultados medidos serão utilizados em conjunto com modelos de propagação em ambiente urbano, para comparação dos resultados e validação da metodologia utilizada.

Palavras-chave: WLAN, propagação, medição.

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 90, houve a explosão do consumo da Internet no Brasil com investimentos em infraestrutura de rede e o desenvolvimento de formas de acesso à Internet. Usando-se a rede telefônica ou linhas dedicadas, principalmente nas grandes cidades encontrou-se a dificuldade de estender os enlaces necessários à demanda de uso pela dificuldade de montar-se uma infra-estrutura cabeada. Uma alternativa viável e rápida foi a adoção da Internet via rádio, usando-se frequências livres de necessidade de licenciamento. Cada cliente deve possuir uma antena ligada a uma placa de rede sem-fio em seu computador, localizada na área de cobertura da estação rádio base do provedor. Segundo Tanenbaum (2004), uma Wireless LAN (*Local Area Network*) é definida no padrão 802.11 b+g como uma rede sem fio composta por uma estação rádio base, denominada *Acess Point* (AP), que propaga o sinal ao redor da construção em que está instalada, e os computadores que se ligam ao AP. Quando a construção é composta de vários blocos, os AP's são ligados por cabo UTP ou Fibra Óptica.

O padrão 802.11x suporta velocidades acima de 54 Mbps em uma banda – não licenciadas – de 2,4 GHz ou 5,6 GHz. Este padrão é socialmente conhecido como *Wi-Fi*. A cobertura do sinal depende da existência de visada direta para a antena transmissora bem como de obstáculos e foi desenvolvida preferencialmente para uso doméstico e de escritórios. Uma característica marcante do padrão 802.11x é trazer ao sistema Wireless as vantagens e flexibilidades do padrão Ethernet. É possível interligar diversos sistemas operacionais – como Windows, Linux e Mac OS – através de equipamentos de diversos fabricantes de forma muito eficiente; isso causou uma popularização extrema do padrão pela facilidade de interligação, a queda dos preços dos equipamentos e grau de satisfação do usuário. (DOBKIN, 2008).

Mesmo sabendo que o padrão 802.11x é para uso em pequenas áreas, é possível fazer uma instalação com antenas apropriadas, propagando o sinal a distâncias maiores, fazendo com que vários usuários possam se conectar, em casas e edifícios diferentes, num mesmo AP, criando-se uma espécie da WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*). Assim, o serviço de Internet sem fio é fornecido aos usuários como alternativa aos serviços que usam a rede telefônica ou TV a cabo. Para esse tipo de aplicação foi criado o padrão 802.16, porém, na prática das prestadoras de Internet via rádio, usa-se o padrão 802.11x obtendo-se bons resultados de estabilidade de rede, alcance e qualidade do sinal.

Dados do Portal Teleco (www.teleco.com.br) indicam a existência de 1.761 provedores de Internet Banda Larga no Brasil – excluindo as prestadoras de STFC (Serviço Telefônico Fixo Comutado) e TV por assinatura – atendendo 4.130 municípios. A tecnologia principal utilizada é a *wireless*, por ser uma alternativa viável e rápida para a exploração do serviço de Internet Banda Larga.

É um fato que muitas empresas realizam suas instalações de forma intuitiva, baseando-se somente nas especificações técnicas dos equipamentos utilizados, sem haver cálculos para o enlace nem o estudo das redes já existentes, provocando um aumento da poluição eletromagnética na frequência de 2,4 GHz, interferências e redução da qualidade do serviço prestado. Além disso, com a excelente fase da indústria da Construção Civil, percebe-se a mudança dos bairros, com a demolição de árvores e casas antigas para a construção de edifícios cada vez mais altos, surpreendendo os técnicos que planejaram a WLAN, com a mudança de visadas e possibilidades de instalação.

Assim, torna-se interessante estudar a influência do ambiente urbano na propagação do sinal e como a mudança da geografia local pode interferir no desempenho de uma WLAN. Na seção 2, a metodologia utilizada no procedimento experimental é descrita. Na seção 3 os resultados obtidos são apresentados e analisados. Na seção 4, nós apresentamos as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2. METODOLOGIA

No procedimento experimental adotado, as medições foram feitas em avenidas paralelas e transversais à avenida onde está localizada a estação base do provedor de Internet sem fio, no Edifício Nabor de Assis, no Bairro dos Estados, João Pessoa – Paraíba.

O sistema transmissor é composto por um servidor Mikrotik com um cartão PCMCIA *wireless* Prism configurado para transmitir com potência de 200 mW. O transceptor da estação base é interligado a uma antena onidirecional HyperGain® HG2415U-PRO de alto ganho, 15 dBi, desenvolvida e otimizada para banda 2,4–2,5 GHz (ver Figura 1(a)). Esta antena é ideal para aplicações HotSpots IEEE 802.11b e 802.11g e aplicações multipontos onde uma cobertura longa e integral é desejada. A altura do sistema irradiante é de

aproximadamente 45 metros de altura em relação ao nível da rua. Em relação ao nível do mar, a altura do centro geométrico da antena é de 88 m, uma vez que, a cota da base da torre é igual a 43 m.

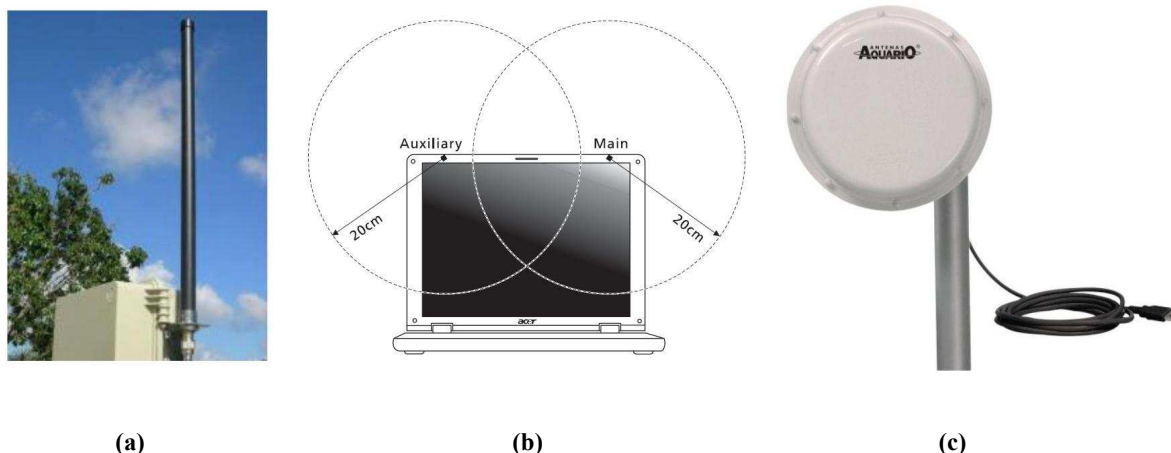


Figura 1 – (a) Antena onidirecional HyperGain® HG2415U-PRO instalada na estação base; (b) antenas principal e auxiliar de um notebook Acer Aspire 3690; (c) antena tipo painel setorial Aquário USB 1210

Na primeira medição, realizada em 18 de novembro de 2007, das 09:30 às 12:00 em um dia de sol forte, poucas nuvens, foi usado um notebook Acer Aspire 3690, que dispõe de um cartão *wireless* LAN Mini PCI. Neste caso, duas antenas, uma principal e outra auxiliar (ver Figura 1(b)) desempenham a função de diversidade – uma das antenas é selecionada para assegurar uma melhor qualidade da radiocomunicação. Na segunda medição, realizada em 02 de agosto de 2008, das 09:00 às 11:00, dia nublado, usou-se um notebook Positivo V54 com uma antena externa tipo painel setorial Aquário USB 1210 com ganho de 12 dBi ilustrada na figura 1(c). Em cada caso, a altura da antena receptora foi de 2 m.

A localização geográfica de cada ponto de medição foi definida utilizando-se fotografias aéreas obtidas através da ferramenta Google Earth. As medições foram efetuadas sob diferentes condições de recepção e através de trajetos específicos no entorno da estação transmissora. O aplicativo Network Stumbler foi utilizado na monitoração da potência do sinal da estação base e da potência do ruído presente em cada ponto de medição. Em cada ponto, considerou-se a potência máxima do sinal em um intervalo de 3 minutos de observação. Em seguida à coleta de dados medidos, os resultados obtidos foram analisados graficamente com o auxílio do programa Matlab.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A propagação das ondas radioelétricas, com um comprimento de onda de 12,5 cm na frequência de 2,4 GHz, ocorre em linha reta no espaço livre. A direção de propagação do sinal pode ser alterada através de fenômenos de refração e reflexão, que ocorrem quando há no enlace a presença de obstáculos de dimensões consideravelmente superiores ao comprimento de onda de operação. Se os obstáculos são de dimensões comparáveis ou inferiores ao comprimento de onda ocorre o espalhamento do sinal devido à difração do sinal. Existem ainda mecanismos de propagação particulares, como o efeito de onda guiada, bem como, a capacidade de atravessar obstáculos, em que, todos em conjunto, provocam multipercurso e atenuação do sinal entre o emissor e o receptor influenciando a fase, amplitude e direção das ondas radioelétricas. (LOPES, 2005)

Neste trabalho, através de medições de campo pretende-se estimar a influência do ambiente urbano na propagação do sinal de uma estação base provedora de Internet sem fio em 2,4 GHz. A análise dos resultados foi feita através de modelo de propagação baseado na fórmula de Friis, dada na Eq. 01, para o cálculo da atenuação (ou perda) no espaço livre (COLLIN, 1985).

$$P_{\text{espaço-livre}} = 92,44 + 20 \cdot \log_{10}(d \cdot f) \quad [\text{Eq. 01}]$$

em que, d é a distância em (km) entre dois pontos de acesso e f é a frequência em (GHz).

A potência efetiva irradiada PERP por um AP é dada por formulação matemática usada para o cálculo do balanço de potências no radioenlace entre dois AP's é dada através da Eq. 02 e Eq. 03.

$$P_{ERP}(\text{dB}) = P_{AP1}(\text{dBm}) - P_{perdas}(\text{dB}) + G_{antena}(\text{dBi}) \quad [\text{Eq. 02}]$$

em que, P_{AP1} é a potência do AP1, P_{perdas} inclui as perdas de potência no cabo-coaxial e conectores, e G_{antena} é o ganho da antena. A potência do sinal originado no AP1 e recebido em um segundo ponto de acesso designado AP2 é dado através da Eq. 03.

$$P_{recebida}(\text{dBm}) = P_{ERP}(\text{dBm}) - P_{espaço-livre}(\text{dB}) - P_{adicional}(\text{dB}) \quad [\text{Eq. 03}]$$

em que, $P_{adicional}$ leva em conta as perdas adicionais ocorridas no meio de transmissão devido ao espaço geográfico urbano, que influencia a propagação das ondas eletromagnética, por exemplo, quando há a presença de obstáculos na linha de visada entre as antenas do radioenlace. A condição mínima para o funcionamento da conexão via rádio é estabelecida quando a potência recebida for maior do que a sensibilidade efetiva do ponto de acesso $S_{efetiva}$, Eq. 04.

$$P_{recebida} > S_{efetiva} \quad [\text{Eq. 04}]$$

A sensibilidade efetiva de um AP é dada através da Eq. 05.

$$S_{efetiva}(\text{dBm}) = G_{antena}(\text{dBi}) - P_{perdas}(\text{dB}) - S_{AP}(\text{dBm}) \quad [\text{Eq. 05}]$$

em que, neste caso, S_{AP} é a sensibilidade de recepção do AP2. A partir do cálculo do balanço de potências através da Eq. 02 e da Eq. 03, pode-se determinar a influência do meio de transmissão em zona urbana, quando as atenuações adicionais podem ser associadas à presença de edificações, árvores e outros obstáculos presentes no radioenlace.

Na Figura 2 nós temos uma foto aérea obtida através da ferramenta Google Earth na área de cobertura da estação base (indicada na foto por Tx) com indicação das avenidas e dos pontos do primeiro conjunto de medições (utilizando uma antena onidirecional). Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os resultados obtidos após a coleta dos dados referentes a este primeiro conjunto de medições. Podemos constatar que nos pontos (4, 9, 17 e 26) localizados na avenida vertical #7 (ver Figura 2) foram medidos os maiores valores de potência do sinal recebido (ver Figura 3). O máximo valor de potência medido foi igual a $-61,5$ dBm e foi registrado no ponto 17. Por sua vez, os pontos (19, 20, 21 e 22), localizados na avenida #1, apresentaram baixa potência de sinal recebido. A influência (atenuação) das árvores presentes no trajeto do sinal pôde ser verificada entre os pontos (5 e 6). Nos pontos (30 e 31) (quase sem árvores na linha de visada), apesar da distância bem maior em relação à estação base, o sinal recebido foi medido com uma potência um pouco maior do que a registrada nos pontos (5 e 6). Estes resultados estão reunidos na Figura 3.

A Figura 4 apresenta os resultados medidos de SNR e potência de sinal recebido em função da distância à estação rádio base. Uma comparação é feita com os valores de sinal recebido, que foram calculados considerando-se apenas a perda no espaço livre, dada pela Eq 01, $f = 2,4$ GHz potência de 200 mW (ou 23

dBm) e ganhos das antenas de 15 dBi e 0 dBi. Todos os valores medidos de potência de sinal recebido estão localizados abaixo do sinal recebido considerando a propagação em espaço livre (sem perdas). As oscilações dos valores medidos entre um ponto e outro indicam a presença de obstáculos, em geral, edifícios ou árvores.

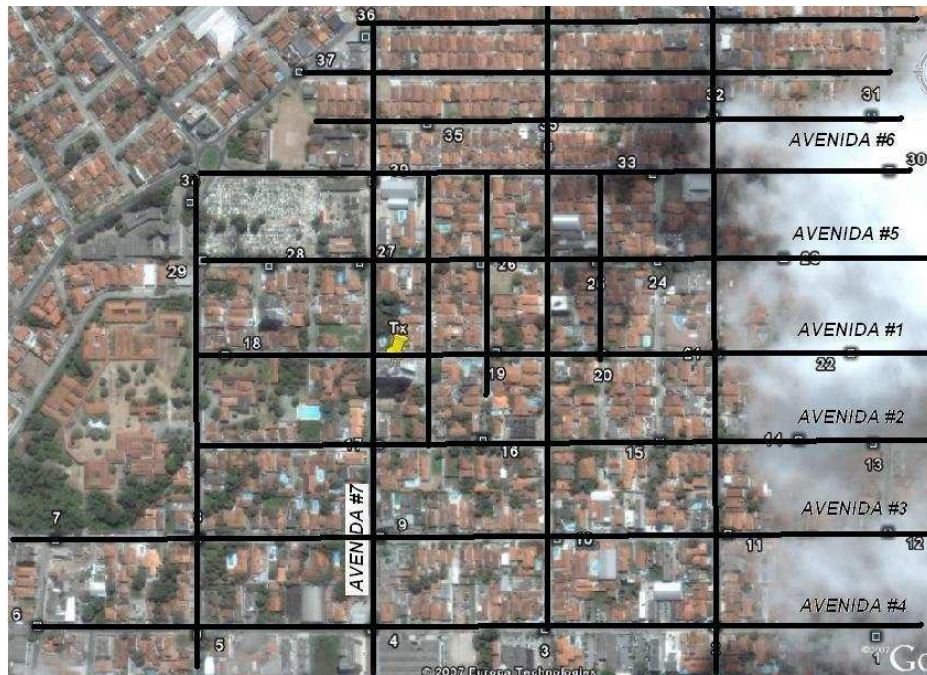


Figura 2 - Foto aérea obtida através da ferramenta Google Earth na área de cobertura da estação base (indicada na foto por Tx) com indicação das avenidas e dos pontos do primeiro conjunto de medições

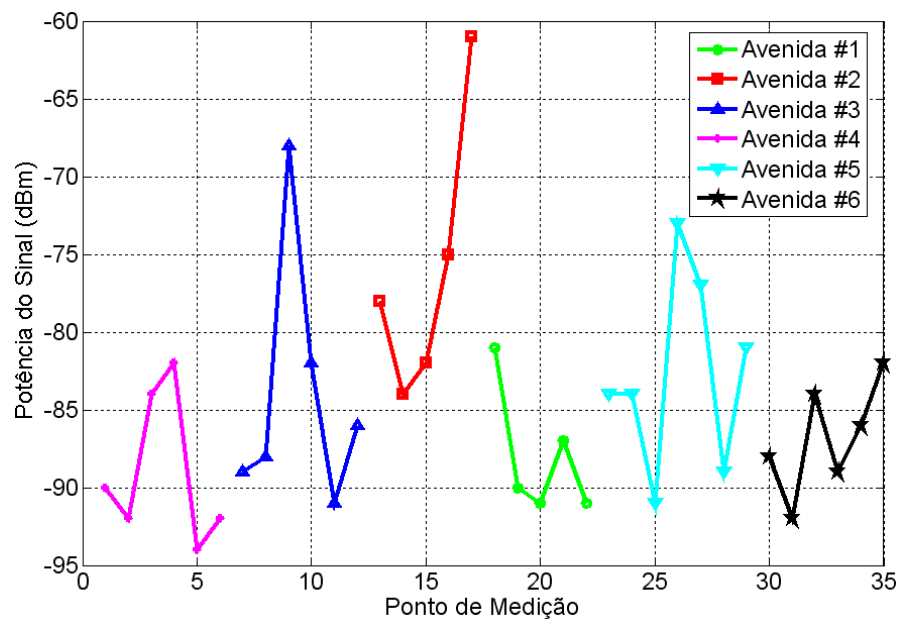


Figura 3 - Valores medidos de potência de sinal recebido em função da posição relativa à estação base, conforme os pontos de medição e avenidas indicadas na Figura 2

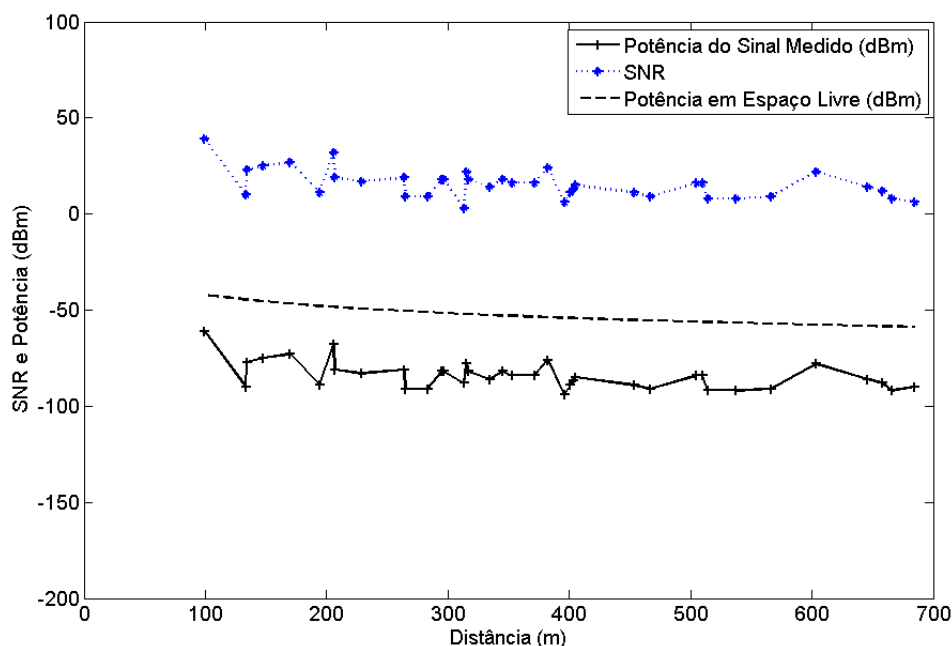


Figura 4 – Valores de sinal recebido e SNR relativos ao primeiro conjunto de medições

Na Figura 5 nós temos uma foto aérea obtida através da ferramenta Google Earth na área de cobertura da estação base (indicada na foto por Tx) com indicação das avenidas e dos pontos do segundo conjunto de medições (utilizando uma antena direcional tipo painel setorial). Nas Figuras 6 e 7 são apresentados os resultados obtidos após a coleta dos dados referentes a este segundo conjunto de medições. Podemos verificar que nos pontos (6, 7, 8, 12, 19, 35, 44, 54 e 55) não houve registro de sinal recebido. Estes pontos são interligados à estação base na Figura 5. A relação sinal ruído vale zero nestes pontos, que são indicados nas Figuras 6 e 7 com o valor de potência de -100 dBm. Quando a linha de visada direta entre a estação base e o ponto de medição está desobstruída, obtivemos um bom nível de potência do sinal recebido, que permanece praticamente constante (em torno de -62 dBm) independente do ponto de medição (ver Figura 6). A influência das árvores (veja região B na Figura 5) presentes no trajeto do sinal pôde ser verificada entre os pontos (6, 7 e 8). Os pontos (12 e 19) também se encontram em uma região de sombra causada pela edificação localizada no ponto A da Figura 5, obstruindo o enlace.

A Figura 7 apresenta os resultados medidos de SNR e potência de sinal recebido em função da distância à estação rádio base. Uma comparação é feita com os valores de sinal recebido, que foram calculados considerando-se apenas a perda no espaço livre, dada pela Eq 01, $f = 2,4$ GHz, potência de 200 mW (ou 23 dBm) e ganhos das antenas de 15 dBi e 12 dBi. Todos os valores medidos de potência de sinal recebido estão localizados abaixo do sinal recebido considerando a propagação em espaço livre (sem perdas). As oscilações dos valores medidos entre um ponto e outro indicam a presença de obstáculos, em geral, edifícios ou árvores.

4. CONCLUSÕES

Neste artigo, realizamos um estudo experimental da propagação do sinal em 2,4 GHz de um provedor de Internet sem fio localizado no Bairro dos Estados, na cidade de João Pessoa – PB. Dois conjuntos de medições foram realizados usando-se antenas onidirecional e direcional. Podemos identificar através das medições as regiões de sombra e as regiões de melhor recepção dentro da área de cobertura da estação rádio base. Os níveis de potência medidos foram sempre abaixo dos valores estimados, considerando-se a potência do AP, o ganho das antenas e a propagação ideal em espaço livre (sem perdas adicionais). Conclui-se que os obstáculos como prédios e árvores interferem negativamente para o nível de potência de recepção do sinal, principalmente quando usamos uma antena direcional. Quando usamos uma antena onidirecional, sempre registramos algum nível de potência recebida, mesmo na presença de obstáculos. Isto ocorre porque a antena onidirecional capta o sinais refletidos ou espalhados fora da direção da linha de visada direta entre as antenas. Portanto, as antenas direcionais são mais apropriadas a instalações fixas, quando a mobilidade não for um requisito.

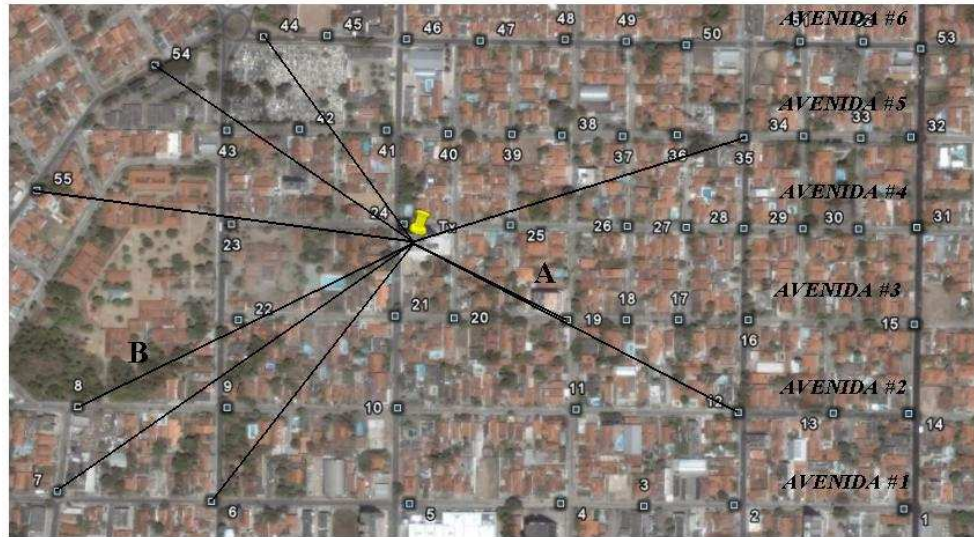


Figura 5 - Foto aérea obtida através da ferramenta Google Earth na área de cobertura da estação base (indicada na foto por Tx) com indicação das avenidas e dos pontos do segundo conjunto de medições

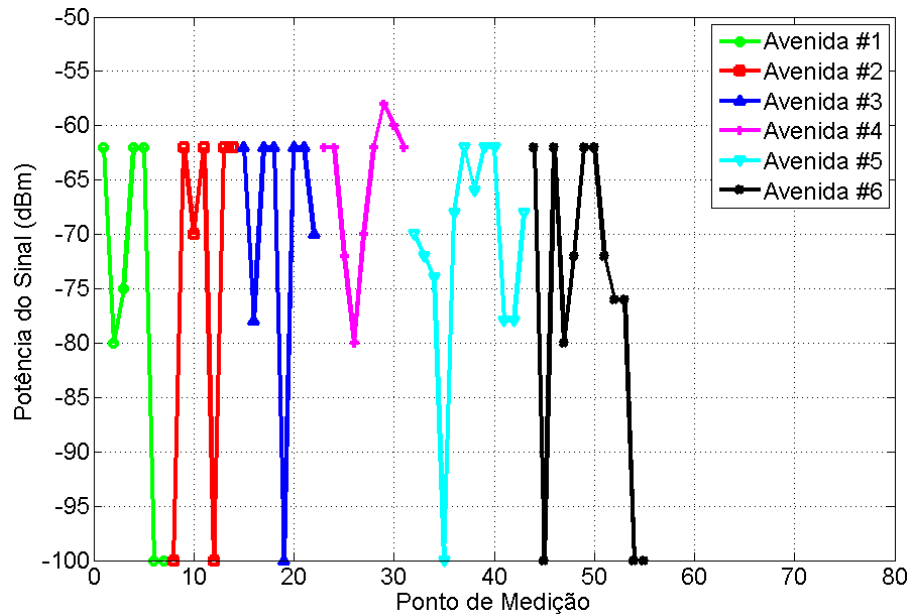


Figura 6 - Valores medidos de potência de sinal recebido em função da posição relativa à estação base, de acordo com os pontos de medição e avenidas indicadas na Figura 5

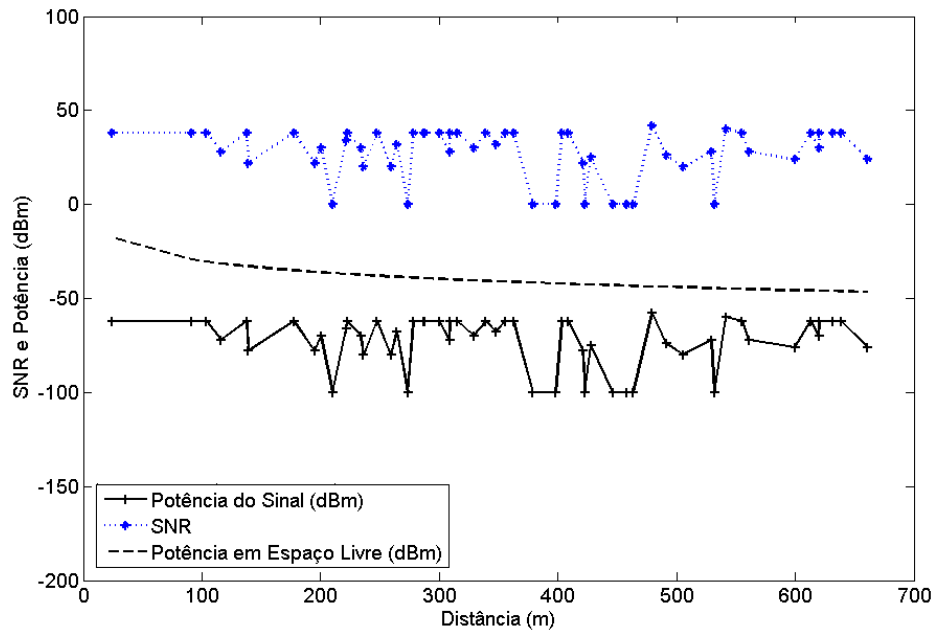


Figura 7 - Valores de sinal recebido e SNR relativos ao segundo conjunto de medições

REFERÊNCIAS

- COLLIN, R. E. **Antennas and Radiowave Propagation**. 1. ed. Singapore: McGraw-Hill, 1985.
- Datasheet Antena Painel setorial USB-1210, Antenas Aquário.
- Datasheet Aspire 3690 Series User's Guide, Acer Incorporated. Issue, 2007.
- Datasheet HyperGain[®] HG2415U-PRO 2.4 GHz Professional 15 dBi Omnidirecional Antenna, HyperLink Technologies, Inc.
- DOBKIN, Daniel M. et al. **Wireless Networking: Know It All**. 1. ed. Oxford: Elsevier, 2008.
- INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – IEEE Std 802.11**. New York, 2007.
- LOPES, Rui.; FREIXO, Paulo.; SERRADOR, António. **Modelo de Propagação para WLAN's**. Artigo. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Departamento de Engenharia de Electrónica e Telecomunicações e de Computadores, Lisboa, Portugal, 2005.
- PORTAL TELECO. **Estatística de Banda Larga no Brasil**. Disponível em : <<http://www.teleco.com.br>>. Acesso em 23 de julho de 2008.
- TANENBAUM, Andrew S. **Computer Networks**. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003.