

AVALIAÇÃO DO SINAL RECEBIDO POR UMA UNIDADE MÓVEL EM DIFERENTES ANDARES DE UM EDIFÍCIO

Yago Gomes dos Santos, Diego de Brito Piau, Rafael Resende Moraes Dias, Caio Matheus Pereira Braga, Heitor Ferreira Camargos Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Patos de Minas – Minas Gerais, yagogomessantos@gmail.com, dbpiau@ufu.br, rafaelresendedias13@gmail.com, caio.m.b@hotmail.com, heitor-camargos@hotmail.com

Resumo – Este artigo apresenta uma avaliação do sinal de potência recebido por um celular em diferentes andares de um prédio. Os valores foram coletados através do aplicativo *Netmonitor*, instalado no próprio celular. Entre a estação transmissora e o ambiente de medição foram apontados os possíveis obstáculos do sinal entre a visada direta utilizando o *software Google Earth*. Em seguida, cada andar foi analisado no *software Pathloss*. O melhor sinal colhido foi estimado pela fórmula de Friss e as perdas de propagação foram estimadas através do modelo de propagação de Okumura. A maior parte desses tipos de modelos é baseada em interpretações sistemáticas dos valores medidos em um determinado ambiente, ou seja, não há uma explicação analítica para tais modelos.

Palavras-Chave – *Netmonitor*, *potência do sinal recebido*, *Pathloss*, *Google Earth*, *Modelo de Okumura*, *Fórmula de Friss*.

EVALUATION OF A SIGNAL RECEIVED BY MOBILE PHONE ON DIFFERENT FLOORS OF A BUILDING

Abstract - This paper presents an evaluation of the signal strength received by a mobile phone on different floors of a building. The figures were collected through *Netmonitor* application by a cellphone. Using *Google Earth* software some possible barriers of the signal in the line-of-sight between the transmitting station and the measurement environment were pointed out. Then each floor was analyzed by *Pathloss* software. The best collected signal was estimated by the formula of Friss and propagation losses were estimated by the Okumura propagation model. Most of these types of models are based on a systematic interpretation of measured values in a given environment, which means that there is not an analytical explanation for such models.

Keywords - *Netmonitor*, *received signal strength*, *Pathloss*, *Google Earth*, *Okumura model*, *Formula Friss*.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente o celular é um item indispensável na vida das pessoas, tem se tornado cada vez mais importante no convívio social, de maneira que através de suas diversas funções é possível não apenas se comunicar, mas também trabalhar e se divertir.

Suas diversas utilidades não escondem a grande importância que esse conceito de celular gerou como uma solução do congestionamento espectral e capacidade de usuários. Esse serviço móvel carrega em nível de sistema a ideia de substituição de um único transmissor de alta potência (célula grande) para vários transmissores de baixa potência (células pequenas) que cobrem uma pequena parcela da área geográfica [1]. Como mostrado na Figura 1

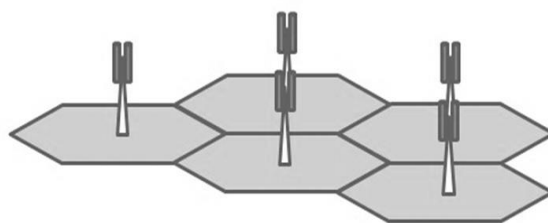


Fig. 1. Células [3].

Existe atualmente uma grande variedade de modelos de propagação para perda de sinal. Em sistemas de comunicações móveis, a transmissão de sinal em sua grande maioria ocorre em ambientes com relevos irregulares, que podem variar de um perfil altamente montanhoso para um de simples curvas. Outros obstáculos como árvores e prédios devem ser levados em consideração. Embora todos esses modelos preveem a intensidade do sinal em determinado ponto receptor ou em uma área local específica, os métodos variam bastante em sua técnica, complexidade e precisão [1].

Em sistemas de comunicações móveis celulares, o sinal resultante no receptor é fruto da composição de ondas eletromagnéticas que percorrem diversos percursos através de mecanismos de reflexão e difração [2].

Através da difração, sinais de rádio podem se propagar ao redor da superfície curva da Terra e por trás de obstruções como edifícios. Mesmo quando o receptor esteja em uma região muito obstruída, ainda pode haver um campo de difração capaz de enviar um sinal útil [1].

A reflexão acontece quando uma onda eletromagnética em propagação colide em objetos que possuem dimensões muito grandes comparados ao comprimento de onda do sinal que se propaga [1].

Este artigo tem como propósito avaliar os diferentes sinais coletados pelo aplicativo *Netmonitor* em diferentes andares de um edifício. Os valores são confrontados mediante um estudo do caminho de visada direta da antena transmissora e o edifício.

Na seção II será descrito o modelo de Okumura, a fórmula de Friss e os softwares utilizados. Na seção III são apresentados os valores obtidos pelo *Netmonitor*, a metodologia utilizada e o ambiente de estudo. Será

confrontado o valor da estimado matematicamente com um dos valores medidos na seção IV, juntamente com os resultados do Pathloss para cada andar. Na seção V será apresentada a conclusão.

II. DEFINIÇÕES

A. Modelo de Okumura e Fórmula de Friss

Esse modelo se aplica a frequências na faixa de 150 MHz a 1920 MHz e distâncias de 1 km a 100 km. A altura da estação-base pode variar de 30 m a 1000 m [1]. É baseado em uma grande quantidade de medidas realizadas na cidade de Tóquio em frequências de até 1920 MHz, realizadas com um transmissor a uma altura efetiva de 200 m e o receptor móvel a uma altura de 3 m. Basicamente esse método resume a atenuação mediana em decibel pela seguinte equação:

$$L_{50}(db) = L_F + A_{mu}(f, d) - G(h_{re}) - G(h_{te}) - G_{AREA} \quad (1)$$

Onde:

$$L_F = 10 \log \frac{\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \quad \text{- Perda no espaço livre em decibel.}$$

$$h_{te} \quad \text{- Altura da antena transmissora em metros.}$$

$$h_{re} \quad \text{- Altura da antena receptora em metros.}$$

$A_{mu}(f, d)$ - Atenuação média em decibel devido uma frequência f e uma distancia d entre a antena transmissora e receptora.

$G(h_{te})$ - Fator de correção em decibel para altura da antena transmissora.

$G(h_{re})$ - Fator de correção em decibel para altura da antena receptora e da distância.

G_{AREA} - Fator de correção em decibel devido ao tipo de área urbana.

Devido à consideração inicial de o modelo ser em valores de 200 m para a altura da antena transmissora e de 3 m para a altura da antena receptora, existem fatores de correção que são levados em conta no processo de estimativa de perda de percurso.

$$G(h_{te}) = 20 \log \left(\frac{h_{te}}{200} \right) \quad \text{- } 1000m > h_{te} > 30m \quad (2)$$

$$G(h_{re}) = 10 \log \left(\frac{h_{re}}{3} \right) \quad \text{- } h_{re} \leq 3m \quad (3)$$

$$G(h_{re}) = 20 \log \left(\frac{h_{re}}{3} \right) \quad \text{- } 10m > h_{re} > 3m \quad (4)$$

Podem ser aplicados outros fatores de correção a esse modelo, parâmetros como altura das ondulações do terreno, altura do cume isolado, inclinação média do terreno e o parâmetro de terra mar-misturado. Todos os valores de correção estão disponíveis como curvas de Okumura [1].

A Figura 2 apresenta o gráfico de curvas para a correção de atenuação média e a Figura 3 apresenta as curvas para a correção referente a área do ambiente. O modelo de Okumura não é explicado analiticamente, pois todo o processo de modelagem foi feito através de dados medidos, porém é considerado um modelo simples e com muito boa aproximação em termos de precisão de perdas no caminho. É um modelo muito usado como padrão para planejamento de sistemas móveis modernos no Japão [1].

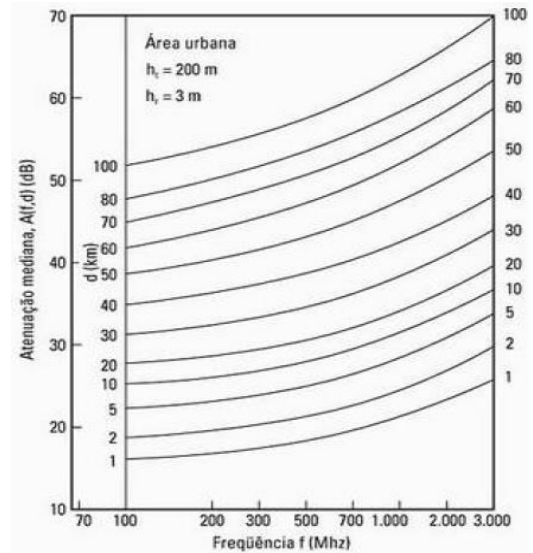


Fig. 2. Atenuação mediana referente ao espaço livre para um terreno quase plano [1].

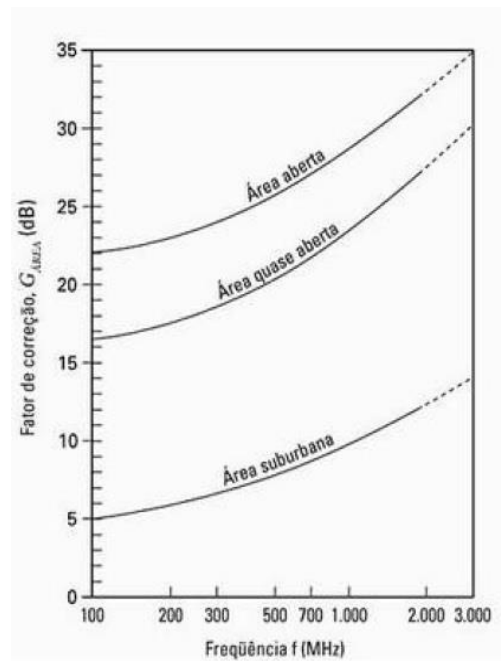


Fig. 3. Fator de correção para diferentes tipos de terreno [1].

A fórmula de Friss na equação 5 será utilizada para a simulação matemática em relação ao melhor sinal de potência

$$P_{r(dBm)} = P_{t(dBm)} + G_t(dBi) + G_r(dBi) - \text{Perdas} \quad (5)$$

Onde:

$P_{r(dBm)}$ - Potência recebida em dBm (decibel miliwatt)

$P_{t(dBm)}$ - Potência transmitida em dBm

$G_{t(dBi)}$ - Ganho da antena transmissora em dBi (decibel isotrópico)

$G_{r(dBi)}$ - Ganho da antena receptora em dBi

Na prática, há mais duas variáveis, que são as perdas introduzidas pelos cabos e também o volume de ruído de fundo presente no ambiente.

B. Softwares utilizados

O aplicativo *Netmonitor* [4] é uma plataforma gratuita disponível para sistemas *Android*. Basicamente trata-se de uma simples, mas poderosa ferramenta capaz de apresentar informações pertinentes a respeito do sinal recebido pela estação móvel. Por meio dele é possível monitorar GSM, CDMA, rede LTE, avaliar redes WI-Fi, armazenar dados com informações sobre as células podendo exportar para arquivo. O *Netmonitor* utiliza GPS para mostrar a localização do celular e apresenta a potência do sinal recebido em decibel miliwatt (dBm). Ele também é capaz de fornecer informações sobre a rede celular estudada por meio do código Cell ID, identificação da célula. O mapeamento da cobertura celular de uma operadora pode ser analisada através desse recurso.

Os softwares *Pathloss* [5] e *Google Earth* [6] foram utilizados para realizar uma análise do relevo topográfico entre a estação transmissora e a unidade móvel receptora em alguns andares do edifício. No *Pathloss* é possível analisar a Zona de Fresnel, a visada direta e o Fator de Correção da Terra.

O *Pathloss* auxilia a estimativa de como será o sinal em determinado ponto de recebimento.

A análise do relevo topográfico é executada por informações de coordenadas geográficas dos dois pontos do link. Pré-requisitos como frequência e altura das antenas são úteis na prospecção do link em estudo.

Por meio do *Google Earth* é possível marcar os locais, medir a distância entre dois pontos e até mesmo ter uma visão tridimensional de uma determinada localidade. Com essas ferramentas é possível ter uma análise sofisticada do relevo.

C. Ambiente de estudo

O ambiente em que todos os cálculos e resultados foram coletados é o Edifício Alves e Marins, localizado na rua Major Jerônimo, na área central de Patos de Minas. Atualmente são onde os laboratórios do campus da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em Patos de Minas, estão localizados. O Edifício Alves e Marins com $1800 m^2$, tem seis andares, passou por várias adequações na estrutura nos últimos 8 meses recebendo bancadas e divisórias para a instalação dos 23 laboratórios de ensino e de pesquisa. A Figura 4 apresenta o exterior do edifício.

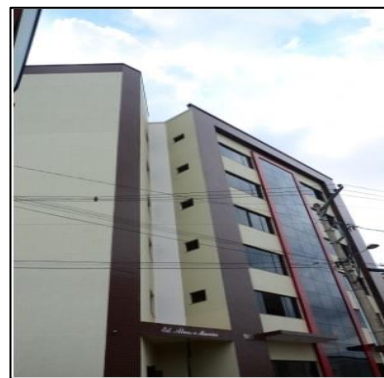


Fig. 4. Ambiente de medição. (Foto: Prefeitura / Divulgação).

III. METODOLOGIA E DISCUSSÕES

A. Coleta dos dados

Com o *Netmonitor* foram coletados valores de potência do sinal recebido pelo celular, a localização da antena transmissora e a operadora de telecomunicações responsável. A partir dessas informações foram encontrados todas as particularidades da antena transmissora. A Figura 5 mostra o primeiro dado coletado referente ao 1º andar do laboratório e a Figura 6 o dado coletado no 5º andar.

Posteriormente os andares 3 e 4 foram analisados da mesma maneira. A Tabela I apresenta os sinais recebidos conforme o seu respectivo andar. É importante salientar que todos os sinais coletados referem ao mesmo ponto de transmissão, ou seja, a identificação da célula transmissora no *Netmonitor* é a mesma, CID 7920.

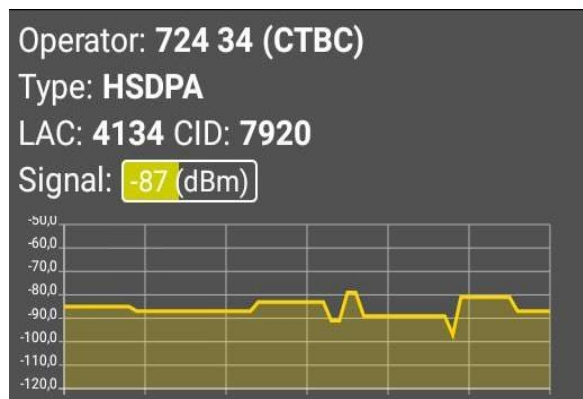


Fig. 5. Sinal no 1º andar.

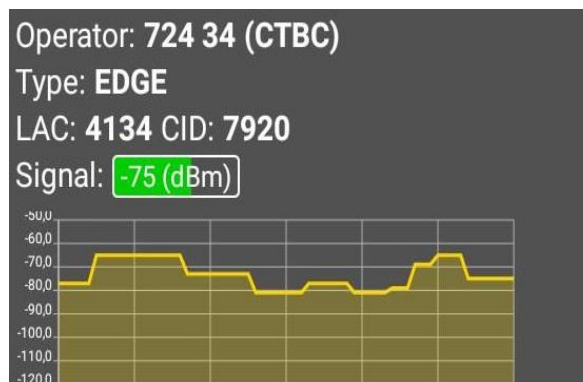


Fig. 6. Sinal no 5º andar.

Tabela I – Sinal recebido em cada andar

Andar do laboratório	Altura da antena receptora	Potência do sinal (decibel miliwatt)
1°	1,5 m	-87
3°	7,5 m	-83
4°	10,5 m	-81
5°	13,5 m	-75

B. Célula Transmissora

Com o software Google Earth foi realizado um estudo de campo mais detalhado a fim de encontrar possíveis prédios que interferiram na zona de Fresnel do link feito entre a antena transmissora e ambiente de estudo.

A Figura 7 apresenta a visada direta da antena e os quatro prédios encontrados que possam ter causado maior interferência para o sinal transmitido. Foi efetuada a estimativa da altura de cada prédio através do número de andares, conforme a Tabela II.

Tabela II – Prédios que interferem a visada direta

Nome	Número de andares	Altura	
Câmara Municipal	4	12 m	Prédio A
Divino José Fernandes	12	37 m	Prédio B
Rossine L. Almeida	3	9 m	Prédio C
Nelson Bontempo da Cunha	4	12 m	Prédio D



Fig. 7. Visada direta.

C. Análise com o Pathloss

Foram feitos os quatros links no Pathloss. Para fazer os links foram utilizadas as coordenadas de cada prédio e suas respectivas alturas. A altura da antena transmissora é de 30 metros e a altura do celular em cada link teve como base o andar da medição do sinal conforme a Tabela I.

IV. RESULTADOS

No primeiro link o celular estava no primeiro andar com uma altura de 1,5 metros. A Figura 8 apresenta o link de visada direta assim como também a zona de Fresnel associada.

As Figuras 9, 10 e 11 representam os andares 3, 4 e 5 respectivamente.

Através do Pathloss é possível perceber que dois dos quatro prédios encontrados entre o link de visada direta da antena transmissora e o laboratório, interceptam diretamente a visada direta.

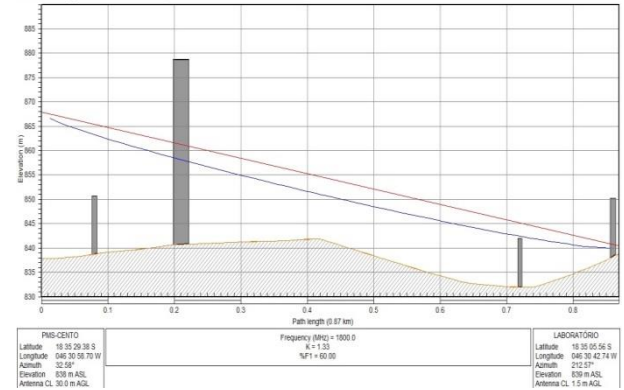


Fig. 8. Link no 1° andar.

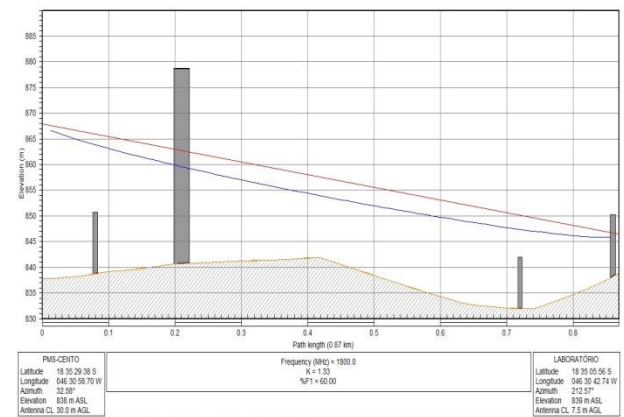


Fig. 9. Link no 3° andar.

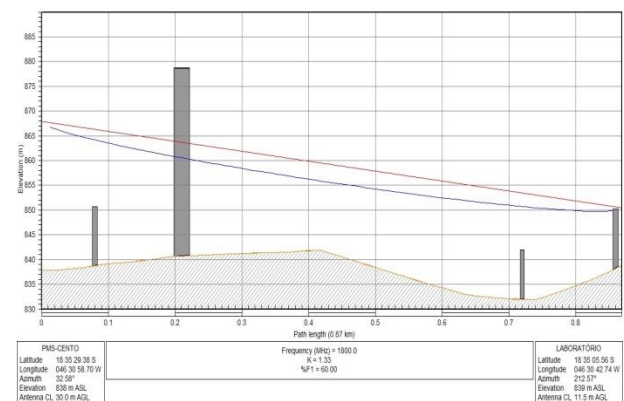


Fig. 10. Link no 4° andar.

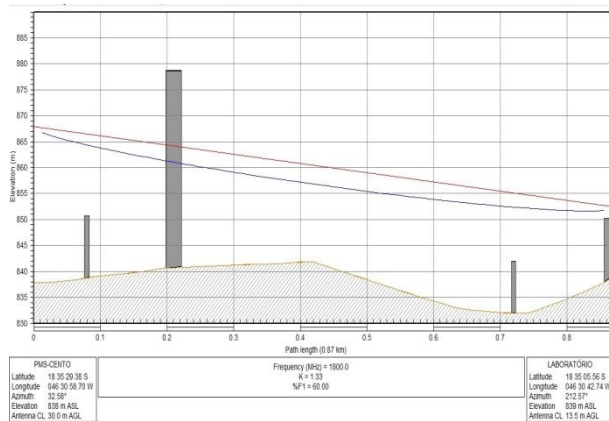


Fig. 11. Link no 5º andar.

Na Figura 11 percebe-se que a Zona de Fresnel é interceptada apenas por um único prédio. Confrontando os valores de sinais coletados, na Tabela I, com essa informação, pode-se entender com mais clareza a melhora do sinal recebido conforme se aumenta a altura da antena receptora.

Utilizando a fórmula de Friss na equação 5 e conhecendo as informações da antena transmissora como: a frequência de operação de 1878 MHz (Mega-hertz), ganho da antena transmissora de 12 dBi, potência de transmissão de 46,54 dBm e ganho do móvel celular de aproximadamente 0,1 dB; tem se :

$$P_{r(dBm)} = 46,54 \text{ dBi} + 12 \text{ dBi} + 0,1 \text{ dB} - \text{Perdas}$$

As *Perdas* foram determinadas através do modelo de Okumura na equação 1 e em seguida estimado o valor da potência do sinal recebido no 5º andar. O valor da atenuação média $A_{mu}(f, d)$ foi determinado por meio da Figura 2. O modelo de Okumura apresenta as atenuações medianas para distâncias a partir de 1000 m entre a estação transmissora e a receptora [1]. Dessa forma, para o link de 870 m e frequência da estação transmissora de 1878 MHz foi considerado a atenuação mediana de 10 dB. O fator de correção $G(h_{re})$ foi determinado pela equação 4 utilizando a altura da antena receptora de 13,5 m, conforme a Tabela I.

$$L_{50}(dB) = -L_F + A_{mu}(f, d) - G(h_{re}) - G(h_{te}) - G_{AREA}$$

$$L_{50}(dB) = 96,7dB + 10dB - 13,06dB + 16,47dB - 11dB$$

$$L_{50}(dB) = 99,11 \text{ dB}$$

$$P_{r(dBm)} = 46,54 \text{ dBi} + 12 \text{ dBi} + 0,1 \text{ dB} - 99,11 \text{ dB}$$

$$P_{r(dBm)} = -40,47 \text{ dBm}$$

V. CONCLUSÃO

Por meio da simulação matemática para o 5º andar, o sinal estimado seria em torno de -40,47 dBm. Porém o sinal medido foi de -75 dBm. Essa considerável diferença ocorreu devido diversos fatores. Os diferentes percursos que a onda

eletromagnética é propagada geram interferência no sinal recebido, de maneira que a soma de todos os sinais defasados de diferentes caminhos constituem esse sinal. O ganho da antena transmissora utilizado foi o de visada direta, ou seja, o ganho máximo, porém o azimute de instalação da antena não é o mesmo azimute entre o link e o ambiente medido, gerando assim atenuação. Outras atenuações podem ser levadas em conta, como a atenuação devido ao cabo de transmissão de sinal para a antena transmissora que possui altura de 30 metros.

Referente ao modelo de Okumura foi desconsiderado algumas restrições desse modelo, como a necessidade de distância de um link de no mínimo 1000 metros e uma altura da recepção de no máximo 10 metros. Assim as curvas das figuras 3 e 4 não apresentam com fidelidade as perdas reais do link, uma vez que o link é de 871 metros e altura da recepção no quinto andar foi de aproximadamente 13,5 metros.

Por meio desse artigo foi possível observar os processos relacionados a recepção do sinal por uma unidade móvel em uma área urbana. Relacionando os mecanismos de multipercurso da onda de sinal eletromagnética bem como a reflexão e difração da onda que compõe o sinal final recebido.

Para trabalhos futuros, a fim de se obter melhor aproximação entre a simulação matemática e sinal medido, o modelo de propagação no exterior de Okumura será substituído por modelos como o de Hata, Cost-231 e outros modelos encontrados [1], obedecendo as particularidades de cada modelo. Serão também considerados modelos de propagação no interior [1], como as perdas de partição entre andares e fatores de atenuação.

REFERÊNCIAS

- [1] Rappaport, Theodore S. “Wireless Communications: Principles & Practice”. Prentice Hall Publications, 1996.
- [2] J. D. Parsons, “The Mobile Radio Propagation Channel”, New York: John Wiley & Sons, 1992.
- [3] Células. Acedido em 10 de Junho de 2015, em: <http://smolkaetcaterva.blogspot.com.br/2011/08/redes-de-telecomunicacao-7-telefonica.html>.
- [4] Netmonitor. Acedido em 24 de Setembro de 2015, em: <http://netmonitor.android.informer.com>.
- [5] Pathloss. Acedido em 24 de Setembro de 2015, em: <http://www.pathloss.com/index.php#!main>.
- [6] Google Earth. Acedido em 24 de Setembro de 2015, em: <https://www.google.com/earth/>.