

Ferramenta para auxílio ao planejamento de ambiente celular: uma abordagem na Implementação de modelos *outdoor*

Felipe B. Santana, Veimar R. S. Souza, Vanilson C. Andrade e Jasmine Araújo

Resumo— A ferramenta para auxílio ao planejamento de ambiente celular foi desenvolvida com o objetivo de implementar os principais modelos de propagação semi-empíricos e determinísticos: Okumura-Hata Modificado, Walfisch-Bertoni, Walfisch-Ikegami, Okumura-Hata, Espaço Livre, Difração e Terra Plana. Desta maneira, com os dados reais pode ser encontrado o modelo de propagação mais adequado à região em análise. A validação da ferramenta foi feita por meio da utilização de medidas realizadas em campo numa grande cidade da Região Norte, operando com o sistema TDMA.

Palavras-Chave— Ferramenta, Comunicação móvel celular, Modelos de propagação, Ambiente de cobertura outdoor.

Abstract—The software for aid cellular environment planning was developed with the goal to implement the main propagation models semi-empirical and deterministic: Okumura-Hata(COST-231), Walfisch-Bertoni, Walfisch-Ikegami, Okumura-Hata, Free Space, Diffraction and Two Ray Ground. Thus, using real data (outdoor coverage data) the best model can be chosen to represent the observed region. Using the software to test the efficiency of the tool was made by the use of real data collected in a great city of the North Region, operating with system TDMA.

Keywords— Software, Cellular mobile communication, Propagation models, outdoor environment coverage.

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da ferramenta para auxílio ao planejamento de ambiente celular iniciou com o estudo teórico de modelos de propagação, sendo estes Espaço Livre, Difração, Terra Plana, Okumura-Hata, Okumura-Hata Modificado, Walfisch-Bertoni e Walfisch-Ikegami, que permitiram realizar análises gráficas de nível de sinal e perda relacionada com a distância de ambientes *outdoor*. Na implementação desta ferramenta, utilizou-se o *Borland DELPHI 5.0*, como linguagem de programação, que proporcionou uma eficiente interface gráfica para a determinação do modelo apropriado para a região em estudo.

Os atuais *softwares* comerciais de predição, usados para ambiente *outdoor*, são freqüentemente baseados em modelos empíricos e semi-empíricos, de comprovada eficiência em campo, ou em associação destes, compondo modelos híbridos proprietários [1].

Felipe B. Santana, Veimar R. S. Souza, Vanilson C. Andrade e Jasmine Araújo, Curso de Eng. de Telecomunicações, Instituto de Estudos Superiores da Amazônia – IESAM, E-mails: lipesantana83@yahoo.com.br, vdrigoss@yahoo.com.br, vani.campos@bol.com.br, jasmine.araujo@ig.com.br.

Os modelos de Okumura-Hata e Walfisch-Ikegami são tradicionalmente utilizados pelas operadoras de celular, por apresentarem resultados mais próximos da realidade devido ao maior número de parâmetros empíricos incorporados neles. No entanto, não descartamos a possibilidade de utilização dos outros modelos implementados para comparação de resultados e subsídio a decisões de planejamento e, por isso, são utilizados neste trabalho para comparação com as medições reais. As medidas de campo realizadas foram feitas numa grande cidade da Região Norte, por meio de equipamento instalado em veículo equipado com sistema de posicionamento global (GPS) [2].

Este trabalho está dividido da seguinte maneira: um resumo dos modelos de propagação implementados pela ferramenta, uma descrição da ferramenta desenvolvida e as conclusões obtidas com base na análise dos resultados encontrados com a utilização da mesma.

II. MODELOS DE PROPAGAÇÃO

Os modelos de propagação são classificados em empíricos, semi-empíricos e determinísticos [3].

Os modelos empíricos são propostos a partir de extensa coleta de informações de cobertura de sinal de uma determinada região e do uso de técnicas de interpolação, resultando em expressões que permitem calcular a atenuação média de percurso do sinal na área em questão [3].

Os modelos escolhidos para compor a ferramenta de auxílio ao planejamento celular são os determinísticos e semi-empíricos. Os modelos determinísticos como o Espaço Livre, Terra Plana e Difração baseiam-se em métodos numéricos, teoria eletromagnética, óptica física e informações digitalizadas da região em análise[1]. Eles não são considerados para planejamento celular, pois não há sua utilização em predições de coberturas *outdoor*. Eles são usados apenas como base comparativa, destacando deficiências apresentadas no ambiente de propagação descrito pelos mesmos.

Os modelos de propagação semi-empíricos são também obtidos a partir de coleta de informações de cobertura de uma determinada área e da teoria eletromagnética clássica, que considera fenômenos como reflexão em estruturas, refração e difração em bordas de obstáculos[1]. Alguns desses modelos que utilizam o método semi-empírico são Okumura-Hata Modificado, Walfisch-Bertoni, Walfisch-Ikegami.

III. DESCRIÇÃO

Na tela principal do programa desenvolvido, seleciona-se a opção *Design Tool*, são então apresentados todos os modelos de propagação implementados nesta ferramenta para a utilização no auxílio ao planejamento celular. Um entre os sete modelos disponíveis pode então ser selecionado e na tela seguinte os dados característicos do referido modelo, como freqüência de operação, altura do transmissor, altura do receptor, entre outras variáveis de entrada, devem ser preenchidos pelo usuário do sistema. Finalmente os gráficos de perda e nível de sinal são gerados a partir de uma distância máxima de três

mil metros (3 km), o qual também é configurável através do menu principal. A etapa posterior é a análise dos resultados através da comparação dos dados reais obtidos em medição de campo com os preditos.

O valor teórico da potência e sinal recebido pelo móvel, em dBm, foi determinado pela somatória da potência efetivamente irradiada pela antena transmissora, em dBm, P_{ERP} ; o ganho da antena em relação ao ponto analisado, $G_{ant(p)}$ e a atenuação devido ao meio de transmissão calculada por meio dos modelos de propagação implementados, L_{meio} [4].

$$P_{móvel} = P_{ERP} + G_{ant(p)} - L_{meio} \quad (1)$$

A escolha do modelo de predição, adequado para cada ambiente de propagação, foi baseado em procedimentos de comparação dos níveis de sinal medidos em campo e os estimados pelos modelos, através da utilização da análise estatística das medidas com o objetivo de mensurar os desvios existentes entre os valores estimados pela ferramenta e os medidos em campo.

IV. CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou a implementação dos modelos em ambientes *outdoor*, com o objetivo de obter resultados de nível de sinal que melhor represente a região observada. Com a implementação dos modelos e analisando os gráficos de nível de sinal, os resultados são coerentes com as obstruções que os modelos representam através das suas equações matemáticas, pois ocorre a atenuação do sinal de acordo com a complexidade dos modelos.

Na tela da Figura 1, estão os resultados de todos os modelos destacando-se o Okumura-Hata, Walfisch Ikegami e Walfisch-Bertoni, pois consideram alguns dos obstáculos encontrados no meio de propagação.

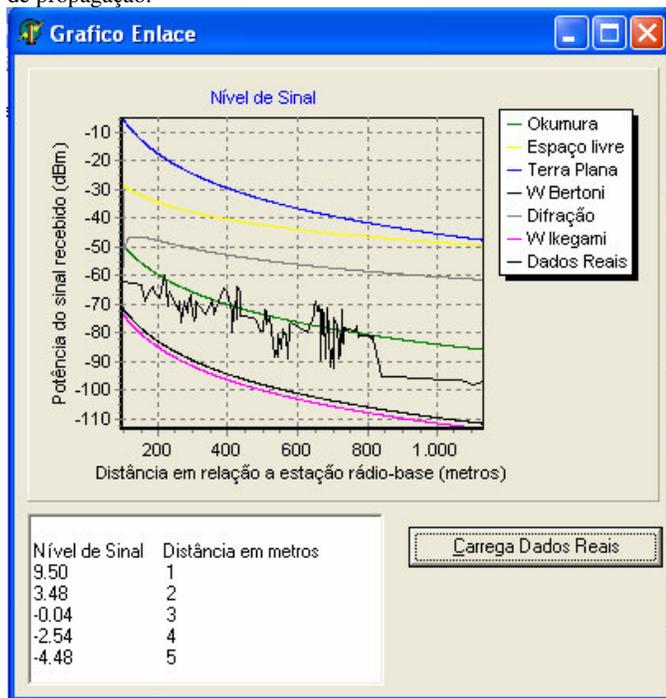


Fig. 1 Tela de Resultado da Ferramenta apresentando Níveis de Sinal Preditos e Medido.

Através da análise da Figura 1 e da Tabela I, o modelo semi-empírico Okumura-Hata foi o que apresentou o menor desvio médio quando comparado aos dados reais, considerando que o máximo desvio médio é igual a 8dB [5].

TABELA I
Desvio médio das medidas em relação aos valores preditos pelos vários modelos (dB)

		Modelos		
Desvio Médio	Okumura-Hata	W.Ikegami	W.Bertoni	
	7,33	23,44	21,52	
Desvio Médio	Espaço Livre	Difração	Terra Plana	
	35,69	23,74	44,55	

Finalmente, através da observação dos resultados conclui-se que a ferramenta é de fácil utilização para comparação entre os modelos e os dados em campo podendo posteriormente, ser utilizada no processo de planejamento celular o que apresentar melhores resultados, ou seja, o menor desvio padrão.

Para futuros trabalhos serão acrescentados a esta ferramenta implementação de modelos *indoor* e cálculo de percentual de cobertura, dando ao sistema maior flexibilidade para análise em diversos ambientes. Além disso, será inserido um módulo de visualização em 3D (*ArcMap*) dos níveis de sinal melhorando assim a análise do trecho ou região de cobertura observada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Marcelo E. P. Elias e Amílcar C. César, "Comparação entre modelos empíricos e semi-empíricos de predição de cobertura móvel celular. Estudo de caso em ambiente urbano". Belém-PA: Simpósio Brasileiro de Telecomunicações – SBrT, Setembro 2004.
- [2] Simone G. C. Fraiha, Herminio S. Gomes, Josiane C. Rodrigues, Gervásio P. S. Cavalcante, "Modelo Estatístico de Perda de Propagação para Sistemas Móveis em Área Suburbana Densamente Arborizada" Belém-PA: Simpósio Brasileiro de Telecomunicações – SBrT, Setembro 2004..
- [3] A. Mehrotra, "Cellular Radio Performance Engineering", Norwood, Artech House Inc. 1994.
- [4] S. R. Saunders, "Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems", New York, Wiley, 1999.
- [5] W.Y.C. Lee, "Mobile Cellular Telecommunications Systems", New York, McGraw-Hill, 1989.