

Software Educacional para Cálculo de Cobertura Eletromagnética para Dimensionamento de Sistemas Móveis Celulares

A.M.Cavalcante e J.C.W.A. Costa

UFPA—Universidade Federal do Pará – Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação - DEEC,
Laboratório de Eletromagnetismo aplicado – LEA
Av. Augusto Corrêa nº 01 – CP:8619, CEP: 66075-900 Belém/PA, BRASIL

Resumo — Neste trabalho se apresenta o ambiente computacional CELLP, que objetiva realizar os principais procedimentos empregados no cálculo de cobertura eletromagnética no processo de dimensionamento de redes móveis celulares. O *software* foi desenvolvido principalmente para fins educacionais, mas também pode ser usado como base de um pré-projeto de um planejamento de um sistema móvel celular real.

Palavras-chaves — *Software* educacional, cálculo de cobertura eletromagnética, dimensionamento, sistema móvel celular.

I. INTRODUÇÃO

Os Sistemas Móveis Celulares foram uma das redes de telecomunicações que mais cresceram nos últimos anos, e previsões apontam que tais redes, assim como as demais tecnologias *wireless*, continuarão em crescente evolução. No Brasil, as comunicações móveis celulares vem experimentando um rápido desenvolvimento, e após a recente regulamentação da ANATEL para exploração das Bandas C, D e E, novas tecnologias despontam para oferecer novos serviços, especialmente serviços de dados em altas taxas. Além disso, os sistemas de terceira geração (3G) possibilitarão o oferecimento de serviços multimídias em redes celulares *wireless*, o que ratifica a previsão de que o mercado de telefonia celular deverá continuar em crescente expansão. Entretanto, é notório que a velocidade de introdução de novas tecnologias de redes *wireless*, para o oferecimento de serviços banda larga ao assinante, tem também forçado que os estudantes de Engenharia com ênfase em Telecomunicações, e os demais profissionais da área, desenvolvam uma sólida formação nesse campo, o que tem induzido ações nas instituições de ensino para uma formação, treinamento e reciclagem de profissionais, que atendam a essas exigências do mercado. Nesse contexto, foi proposto um *software* denominado de CELLP para uso por alunos de Cursos de Engenharia Elétrica com ênfase em Telecomunicações, o qual é apresentado neste trabalho.

A. M. Cavalcante, amc@supriudad.com.br, J. C. W. C. A. Costa, jweyl@ufpa.br, Tel +55-91-2111302, Fax +55-91-2111634;
Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq, através do Projeto intitulado “Desenvolvimento de Ambientes Computacionais para Análise de Dispositivos e Sistemas para Redes de Comunicações Ópticas e Móveis”.

O ambiente computacional mencionado deve prover informações quanto ao cálculo de cobertura eletromagnética para o processo de dimensionamento de redes móveis celulares de sistemas baseados principalmente na técnica de acesso TDMA, e servir de apoio às disciplinas que envolvem o estudo de sistemas móveis celulares e propagação de ondas nos Cursos de Engenharia Elétrica. Apesar desse *software* ter sido desenvolvido principalmente para fins educacionais, ele pode ser usado como base de um pré-projeto simples de um planejamento de um sistema móvel celular real.

II. PLANEJAMENTO DA REDE MÓVEL CELULAR

O processo de planejamento de uma rede móvel celular consiste de várias etapas que se realimentam constantemente resultando em um processo final dinâmico. Dentre essas etapas está o processo de dimensionamento da rede, cujo papel fundamental é estimar a área de cobertura das células, a quantidade de Estações Rádio Base (ERBs), o número de canais de rádio necessários para atender a demanda de tráfego, o plano de reuso, e a robustez da rede frente às alterações da demanda de tráfego. Todas as estimativas são baseadas nos requisitos da operadora quanto a capacidade, cobertura e qualidade de serviço (QoS) [1]. As outras etapas consistem do planejamento detalhado (ajuste fino do dimensionamento), e do processo de otimização. A execução do projeto entretanto, envolve variações e está submetida a condições de natureza prática, a procedimentos específicos utilizados pela empresa e pelo projetista, às características da região a ser coberta e à quantidade e precisão das informações disponíveis [2].

A seguir, serão mostrados alguns procedimentos básicos usados no cálculo de cobertura eletromagnética para o processo de dimensionamento de redes móveis celulares baseados na técnica de acesso TDMA.

A. Cálculo de Cobertura Eletromagnética

O cálculo de cobertura eletromagnética é uns dos passos fundamentais no processo de dimensionamento de redes móveis celulares, pois a partir dele as possíveis configurações e as quantidades de equipamentos da rede são estimados.

1) *Determinação da Área de Serviço do Sistema:* A definição da área geográfica que será atendida pelo serviço de comunicação móvel celular leva em consideração tanto o volume de tráfego a ser atendido quanto a relevância de atender regiões com baixo volume de tráfego. Restringir a área de serviço a regiões com alto volume de tráfego pode trazer insatisfação aos assinantes do serviço por considerarem este com pouca mobilidade. Se por um lado as áreas de serviço extensas oferecem grande mobilidade aos usuários, por outro, quanto maior a área, maior a quantidade de estações a serem utilizadas, mais caro fica a implantação do sistema. Daí a importância de se obter informações sobre perfil do assinante.

A determinação do número de ERBs necessária ao sistema depende, além da definição da área de serviço, também do número máximo canais por ERB e das condições de propagação do sinal de rádio móvel nas determinadas regiões do sistema.

2) *Campanhas de Medições:* Uma etapa importante para um eficiente cálculo de cobertura é a realização de campanhas de medições na região de interesse. Tais campanhas irão mostrar o verdadeiro comportamento do sinal de rádio, e servirão para a modelagem do canal.

3) *Tratamento dos Dados obtidos nas Campanhas:* A modelagem do canal de comunicação para sistemas móveis celulares geralmente faz uso de modelos ponto-área, ou seja, levam em consideração no cálculo de atenuação fatores, tais como a urbanização e o efeito das edificações, sem se importar com o relevo. Para analisar esses modelos, o mapa da área de interesse (onde se realizou as campanhas de medições) deve ser dividido em anéis espaçados com uma largura fixa, chamados de faixas (Fig. 2). Para cada ponto de recepção é verificado em qual faixa o mesmo se localiza, e sua distância em relação ao transmissor é aproximada pela distância da faixa que o mesmo está do transmissor. O registro dos dados é obtido calculando-se para cada faixa a média de todos os pontos de recepção que se encontram dentro da mesma faixa.

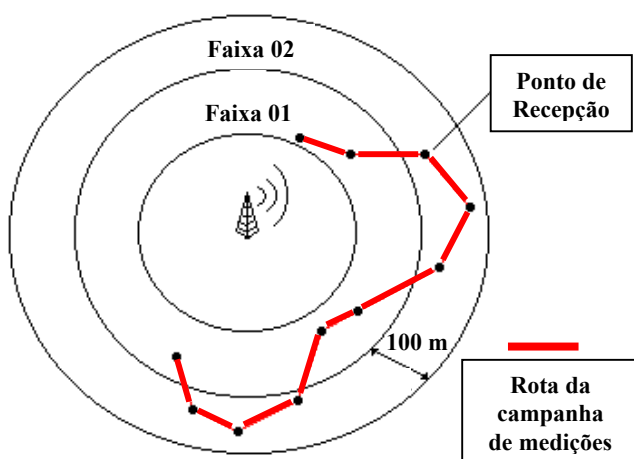


Fig. 1. Faixas de Medição (100 m de largura).

4) *Determinação do Modelo de Predição:* É comum na prática se adotar algum modelo clássico de predição para um pré-projeto, porém, a precisão do modelo de propagação que será utilizado no cálculo de cobertura é de fundamental importância para a execução de um projeto eficiente, tanto do ponto de vista da qualidade do sistema como sob o aspecto de custos de implantação. Para isto, torna-se necessário algum método de avaliação para se determinar qual modelo de predição é mais adequado à região de estudo. Para se fazer esta avaliação, pode-se ter como base os dados armazenados nas campanhas de medições na área de interesse e avaliar o desempenho dos modelos frente às medidas. Esta avaliação consiste na comparação quantitativa das estatísticas do erro de cada modelo em relação aos valores medidos. Os parâmetros estatísticos do erro considerados neste trabalho são [3]:

- Erro Absoluto para a faixa j :

$$E_j = |MF_j - K_j| \quad (1)$$

- Erro Médio Absoluto:

$$\bar{E} = \frac{1}{F} \sum_{j=1}^F E_j \quad (2)$$

- Desvio Absoluto:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{F-1} \left(\sum_{j=1}^F E_j^2 - F\bar{E}^2 \right)} \quad (3)$$

- Erro RMS:

$$E_{RMS} = \sqrt{\bar{E}^2 + \sigma^2} \quad (4)$$

onde:

- j = é a faixa de distância
- MF_j = é a média da faixa j
- K_j = é o valor predito por um modelo para a faixa j
- F = é o número de faixas medidas

É importante enfatizar que na prática, o modelo selecionado é utilizado somente para o pré-projeto, sendo que antes da execução do projeto definitivo, um grande número de novas campanhas de medições são realizadas na região a ser coberta, com a finalidade principal de minimizar o erro de predição. Normalmente utiliza-se estas novas campanhas no ajuste do modelo escolhido. São estes testes que apontam o real comportamento do sinal e assim são feitos os ajustes finos nos modelos.

5) *Balanço de Potência (Link Budget)*: Para a realização do balanço de potência do enlace, tem-se primeiramente que caracterizar o ambiente de propagação, fornecer parâmetros típicos dos *hardwares* envolvidos, e determinar alguns parâmetros (margens e perdas adicionais) que garantam os requisitos de capacidade, cobertura e QoS.

Através do balanço de potência é possível basicamente fazer a predição do raio máximo de cobertura das células (cobertura eletromagnética) e do número de ERBs necessárias para cobrir uma determinada área com determinados requisitos de qualidade previamente estabelecidos pela operadora, além disso, este balanço tem a propriedade de determinar se as margens de potência são suficientes para o funcionamento perfeito do sistema, sendo capaz de avaliar se o sinal transmitido atenuado no percurso pode alcançar o receptor no limite da célula (raio máximo) com uma potência maior que a mínima potência detectável.

O procedimento de cálculo considera que o modelo de predição adotado segue uma lei de potência descrita por:

$$L(dB) = L_0(dB) + 10\gamma \log d \quad (5)$$

sendo o raio máximo das células determinado por:

$$R = d_{\max} = 10^{\frac{L_{\max} - L_0}{10\gamma}} \quad (6)$$

onde L_{\max} representa a máxima perda de propagação admissível para o sistema (calculado através parâmetros de QoS e de cobertura determinados pela operadora), γ e L_0 dependem do modelo considerado, das características do terreno e da morfologia da região e da frequência de operação. O parâmetro γ representa a taxa de variação da perda com a distância, assumindo normalmente valores entre 2 (espaço livre) e 5 (áreas fortemente urbanizadas). O parâmetro d é a distância entre o transmissor e o receptor.

É importante ressaltar que o balanço de potência deve ser realizado nos dois enlaces básicos, descida (*downlink*) e de subida (*uplink*), pois os terminais têm, em geral, características distintas. Para efeito de projeto, adota-se o menor raio obtido que, em geral, corresponde ao enlace de subida (*uplink*).

III AMBIENTE COMPUTACIONAL CELLP

O ambiente computacional CELLP foi desenvolvido na linguagem de programação orientada a objetos DELPHI 5.0 e é composto por vários sub-programas que realizam uma determinada etapa referente ao processo de dimensionamento da rede móvel celular. A Fig. 2 mostra a janela principal do CELLP. Através dessa janela é possível acessar os diversos sub-programas através dos botões laterais.



Fig. 2. Ambiente do *software* CELLP

A. Predict

O *software* Predict realiza estudos estatísticos comparativos dos erros dos modelos clássicos de predição. Estas comparações visam avaliar o desempenho dos mesmos frente aos dados de uma campanha de medições realizada em uma determinada região. Os modelos considerados nesse programa são [2]-[6]: Espaço-Livre, Okumura-Hata, Okumura-Hata modificado, Walfisch-Ikegami, Walfisch-Bertoni, Maciel-Bertoni-Xia e Ibrahim-Parsons;

O usuário deve fornecer os parâmetros do sistema (potência transmitida, frequência, etc) que foram utilizados na campanha de medições de referência. Deve também selecionar os modelos que serão colocados sob avaliação assim como os parâmetros urbanos necessários para a aplicação dos mesmos. Após isso, o usuário deve entrar com a base de dados da potência recebida (dBm) *versus* distância (m) da campanha de medições realizada na região de interesse. A base de dados pode ser editada manualmente ou ser importada de um arquivo de dados existente.

A Fig. 3 mostra um exemplo de uma avaliação gráfica dos modelos considerados frente aos dados de uma campanha de medições:

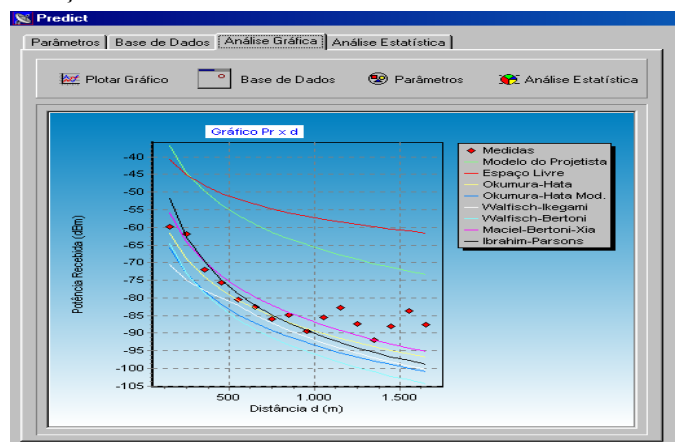


Fig. 3. Software Predict - Paleta Análise Gráfica.

A Fig. 4 mostra o desempenho dos modelos testados frente às medidas sobre três aspectos: Desvio Absoluto (dB), Erro Médio Absoluto (dB) e Erro RMS (dB), conforme descritos anteriormente. Os resultados obtidos (gráfico e dados estatísticos) podem ser gerados em um relatório.

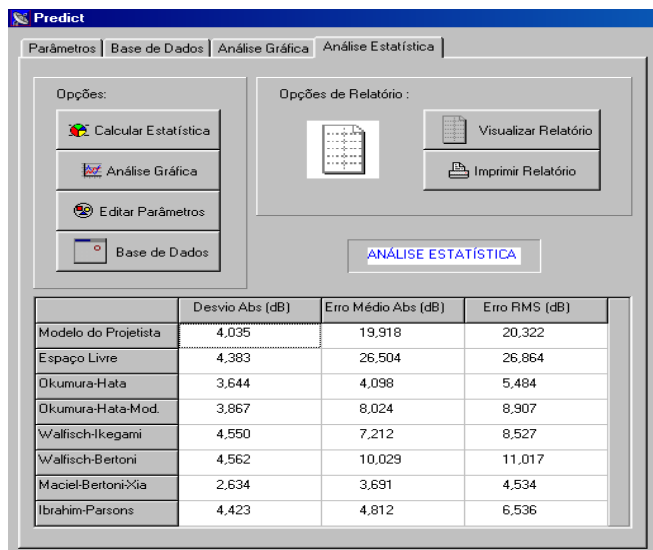


Fig. 4. Software Predict - Paleta Análise Estatística.

B. Radio Link

O software Radio Link realiza o Balanço-de-Potência-do Enlace (*Link Power Budget*). Através desse software se pode estimar a cobertura eletromagnética (raio máximo das células), e assim, estimar preliminarmente o número total de ERBs necessária para cobrir uma determinada região. Essa estimativa pode ser feita considerando a probabilidade de área coberta (*CAP*) para o desvanecimento log-normal [7]. No software, o cálculo do balanço-de-potência é realizado para os dois enlaces básicos (*downlink* e o *uplink*) e considera os mesmos modelos de predição de perdas já mencionados. A Fig. 5 mostra um exemplo dos resultados obtidos pelo programa, que podem também ser gerados em um relatório.

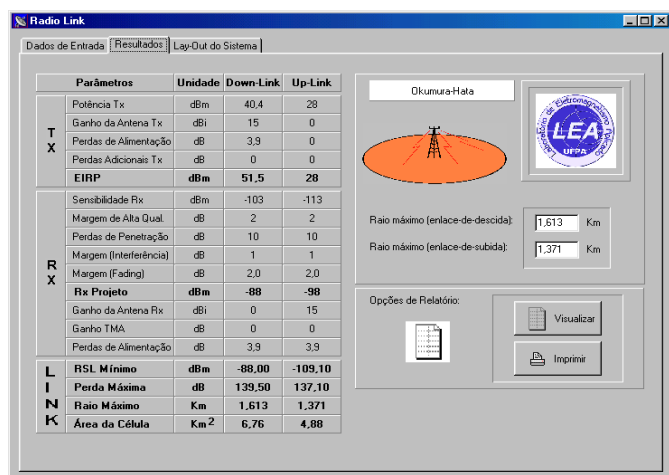


Fig. 5. Software Radio Link-Paleta Dados de Entrada

C. Outros Softwares

O CELLP é composto ainda por mais dois softwares, o *Traffic Design* e o *Celtra*. Softwares estes que se destinam a realizar a análise de tráfego e de desempenho de redes móveis celulares frente a alguns parâmetros de QoS. O conjunto de softwares integrantes do CELLP contempla todos os procedimentos empregados no processo de dimensionamento de sistemas móveis celulares, sendo portanto, não restrito apenas ao cálculo de cobertura eletromagnética.

IV CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado o ambiente computacional CELLP, que realiza as principais etapas empregadas no processo de dimensionamento de redes móveis celulares, em especial, o cálculo de cobertura eletromagnética. O software foi desenvolvido para servir de apoio às disciplinas que tratam de sistemas móveis celulares e de propagação de ondas nos cursos de engenharia elétrica do DEEC da UFPA, fornecendo um material didático de conhecimento básico e de informações para análise e planejamento de tais sistemas. Apesar desse software ter um cunho principalmente educacional, ele pode ser usado como base de formação, treinamento e reciclagem de profissionais, para atender às novas exigências do mercado.

REFERÊNCIAS

- [1] Holma, H. – “WCDMA for UMTS”, John Wiley & Sons, Ltd, 2000.
- [2] Mello, L. A. R. S, Coelho, L. R., *et al.* – “Sistemas Rádio Celulares”, Relatório Técnico - CETUC/PUC-RJ, 2000.
- [3] Vásques, Eduardo Javier Arancibia, “Estudo de Cobertura de Sistemas Móveis Celulares em regiões Urbanas”- Dissertação de Mestrado - CETUC/PUC Rio de Janeiro, 1996.
- [4] Faruque, S.–“Cellular Mobile Radio Engineering”, Artech House, 1996.
- [5] Cavalcante, A. M. “Ambiente Computacional para Planejamento de Sistemas Móveis Celulares”, Trabalho de Conclusão de Curso, CT/UFPA, Março/2001.
- [6] Cavalcante, G. P. S. – “Canal de Rádio Propagação”, Relatório Técnico – DEEC/UFPA, 2000.
- [7] Yacoub, M. D., “Foundation of Mobile Radio Engineering”, ed. CRC Press, 1993.