

CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES

De modo a caracterizar a propagação da onda eletromagnética em ambientes urbanos cobertos por vegetação, nas frequências típicas dos Sistemas de Comunicações Móveis Celulares, dividiu-se a ocorrência da vegetação, nestes ambientes, em quatro casos canônicos, a saber: árvore isolada, linha de árvores, área de parques e áreas extensas cobertas por vegetação.

Este trabalho enfocou os dois últimos casos acima citados, em função de não haver estudos específicos sobre os mesmos relatados na literatura técnica, com particular e especial ênfase para o caso 3 (área de parques). Este caso foi considerado de forma mais genérica uma vez que pode-se considerar o caso quatro como uma particularização do mesmo. Como exemplo do caso 3 cita-se o “Central Park” de New York cuja vegetação é constituída de árvores de diversos tipos e tamanhos, separadas por sete importantes áreas abertas. À sua volta existem edificações de diferentes formas e alturas. Um intenso tráfego de veículos ao seu redor completa o cenário típico de um parque de área urbana.

Objetivando a criação de um banco de dados para a realização de estudos estatísticos e determinísticos, exaustivos testes de propagação foram realizados no Campo de Santana, que fica localizado no centro da cidade do Rio de Janeiro.

Um programa computacional (STADIS) foi criado para a realização das análises estatísticas e determinísticas do banco de dados acima mencionado e pode ser utilizado, de maneira geral, para a realização de estudos de propagação em outros ambientes. O programa STADIS é uma contribuição adicional deste trabalho.

As distribuições de Rice e Nakagami ajustaram as distribuições das medições realizadas do desvanecimento rápido, na maioria dos casos, após a adequada escolha dos parâmetros destas distribuições. O teste do Qui-quadrado foi escolhido como medida de aderência para ajustamento das distribuições teóricas às distribuições das medições. As distribuições de Rayleigh e Gaussiana ajustaram os resultados em alguns casos particulares.

A prova de aderência de Kolmogorov – Smirnov foi utilizada complementarmente ao teste do Qui-quadrado. Os resultados obtidos com esta prova confirmou os resultados obtidos com o teste do Qui-quadrado, para determinação dos parâmetros K e m das distribuições de Rice e Nakagami, respectivamente, na maioria dos casos examinados.

As medidas de variabilidade do sinal mostraram que freqüentemente aparece um raio dominante com o aumento da altura da estação rádio-base. Este raio dominante praticamente desaparece para baixas alturas de transmissão (da ordem do nível da copa das árvores).

Observando-se a variação do fator K da distribuição de Rice em função da distância e considerando-se a geometria do Campo de Santana,

que possui uma área aberta na sua parte central, conclui-se que o fator K assume freqüentemente grandes valores quando o ponto de recepção está próximo das bordas do parque ou das áreas abertas, o que indica a existência de um raio dominante.

Quando o ponto de recepção está próximo das bordas laterais e traseira do parque, não fica claro que o raio dominante, quando presente, seja o proveniente diretamente do transmissor, devido à proximidade dos espalhadores (edifícios) que margeiam o parque.

Por outro lado, quando o ponto de recepção fica localizado no interior da vegetação, ou quando a altura de transmissão é baixa, o fator K assume pequenos valores, freqüentemente próximo da unidade e, neste caso, a distribuição de Rice degenera para uma distribuição de Rayleigh e o raio dominante não mais existe.

Os ajustamentos obtidos com a distribuição de Nakagami, pela escolha adequada do seu parâmetro m, conduziram às mesmas conclusões acima apresentadas em relação ao fator K da distribuição de Rice.

Pelo que foi relatado nos parágrafos anteriores, pode-se concluir que o sinal recebido no interior de uma floresta típica dos ambientes urbanos é altamente sensível aos desvanecimentos provocados pelo multi-percurso da onda, indicador claro da importância e necessidade de realização de estudos estatísticos para a definição da cobertura do sistema celular

Foi observado, além disso, que nas situações onde o raio dominante está presente, o valor do desvio padrão do campo recebido em torno de sua média assume valores menores do que nas situações onde não há o raio dominante.

A curva de atenuação de propagação tem uma inclinação próxima de 40dB por década, com 5 dB de dispersão, quando a antena de transmissão está abaixo do nível das copas das árvores e próximo de 25 dB por década, com 5 dB de dispersão, para grandes alturas de transmissão, quando o ponto de recepção está colocado no interior da vegetação.

Quando o ponto de recepção está colocado na região aberta (clareira) a inclinação se aproxima da de espaço livre (20 dB por década).

A variação da perda de percurso observada não é consistente com a refração do campo no nível da copa das árvores (interface floresta-ar), na direção do solo.

O ganho de altura observado é da ordem de 1dB para cada 10 metros de variação da altura da antena, com 0,5 dB de dispersão.

A polarização vertical é aproximadamente 3 dB melhor do que a polarização horizontal, na frequência de 900 MHz.

Os testes de aderência dos modelos de Tamir aos resultados obtidos com as medições apresentaram significativa discrepância na maioria dos

casos, o que indica a não adequabilidade destes modelos para a faixa de frequências dos Sistemas de Comunicações Móveis Celulares, quando a vegetação está presente no ambiente urbano.

Nos casos em que o raio dominante não está presente, particularmente no interior da vegetação, parece razoável que a contribuição de campos incoerentes para o sinal resultante deva ser considerada, e os estudos desenvolvidos por Lang, dependendo de comprovação experimental adequada, poderão ser úteis em tais situações.

SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Concluindo, algumas sugestões para futuros trabalhos podem ser apresentadas:

- Realização de medidas em grandes áreas cobertas por vegetação para caracterização do desvanecimento lento (estatística de larga escala);
- Realização de testes adequados para estudos da contribuição de campos incoerentes para o sinal recebido nas áreas completamente cobertas por vegetação;
- Realização de testes, em larga escala, em inúmeras áreas urbanas cobertas por vegetação, objetivando verificar a possibilidade de modelamento do canal;
- Realização de medidas em faixa larga objetivando a caracterização do canal para transmissão digital.