



EADMEC – EQUIPAMENTO DE AQUISIÇÃO DE DADOS MODULAR ESPECIALMENTE CONTROLADO

Hermano Barros Tercius – hermanob@decom.fee.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Faculdade de Eng. Elétrica e de Computação
Av. Albert Einstein, 400 – Cidade Universitária Zeferino Vaz
13083-970 – Campinas, SP

Michel Daoud Yacoub – michel@decom.fee.unicamp.br

Leandro Ferrari Crocomo – leandro@lpm.fee.unicamp.br

Luiz C. Kretly – kretly@dmo.fee.unicamp.br

Fábio C. Martins – fabio@uel.br

Universidade Estadual de Londrina – UEL, Departamento de Computação
Campus Universitário
86051-990 – Londrina, PR

Antonio Fischer de Toledo – aftoledo@lcs.poli.usp.br

Universidade de São Paulo – USP, Depto de Engenharia de Telecom. e Controle,
Av. Prof. Luciano Gualberto, 158, trav. 3
05508-900 – São Paulo, SP

Resumo: *Um equipamento de aquisição de dados modular (i.e., EADMEC), especialmente controlado, foi projetado e construído para ser utilizado como laboratório didático de comunicações sem fio, bem como para outras atividades de pesquisa.*

O EADMEC mede, na recepção, o nível de potência de uma portadora sintonizada em uma dada frequência de interesse, selecionada de modo a se aproximar daquelas utilizadas nos sistemas comerciais de serviços de comunicações sem fio. O espaçamento entre amostras é determinado em função do comprimento de onda e deve propiciar a reprodução com fidelidade dos desvanecimentos rápidos e lentos do sinal recebido. O EADMEC foi construído em forma modular através da integração de equipamentos comumente utilizados em laboratórios de comunicações, sem necessidade de implementação de circuitaria adicional.

Este artigo apresenta o EADMEC em detalhe, mostrando os equipamentos que o constituem, as interfaces necessárias, o software de controle bem como a integração e o funcionamento do conjunto.

Na configuração apresentada neste trabalho, o EADMEC possibilitou a realização de medições em banda estreita, no interior e no exterior de edificações. Os experimentos foram conduzidos com o objetivo de determinar estatísticas relacionadas com a variação aleatória de uma onda contínua, CW (i.e., Continuous Wave), principalmente em ambiente interno. Os dados dos experimentos propiciaram o desenvolvimento de modelos iniciais que permitiram a comparação com outros já existentes para predição perdas de percurso entre transmissor e receptor.

Pela sua construção modular, com alterações adequadas, o EADMEC oferece a possibilidade de realização de uma ampla gama de experimentos, além daqueles descritos neste artigo.

Palavras-chave: *Aquisição de dados, Desvanecimento, Propagação de sinais de rádio, Perdas de percurso, Perdas de penetração.*

1. INTRODUÇÃO

É sabido que as características de propagação que, entre outras coisas, variam com o comprimento de onda, têm efeitos dramáticos no custo do provimento de mercado de massa de sistemas celulares. Se os sinais, nas frequências designadas para os diferentes serviços, tiverem dificuldade de adentrar pelas edificações, haverá necessidade de um número muito maior de células nas áreas com alta densidade de edificações. Obviamente, isso se refletiria na elevação dos custos para o usuário final desses serviços. Portanto, é importante que se realize uma série de experimentos e que seus resultados sejam criteriosamente analisados de forma a permitir que a utilização do espectro de frequências, que se constitui em um recurso escasso, seja a mais efetiva e econômica possível.

Conseqüentemente, experimentos devem ser planejados com o objetivo de se obter respostas para algumas questões básicas, tais como as características de propagação para vários comprimentos de onda, os níveis de potência necessários para compensar as perdas de propagação e o desenvolvimento de uma fundação sólida, mais confiável e precisa para o planejamento dos sistemas móveis celulares, particularmente no interior de edificações localizadas em áreas metropolitanas.

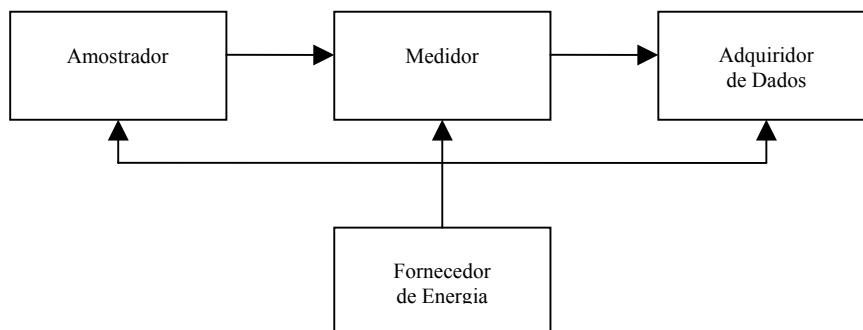
Um equipamento de aquisição de dados modular (i.e., o EADMEC), especialmente controlado, foi projetado e construído para essa finalidade, bem como para ser utilizado como laboratório didático de comunicações sem fio e em outras atividades de pesquisa.

2. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

O equipamento está dividido em quatro partes independentes, conforme apresentado no diagrama de blocos da Figura 1: amostrador espacial, medidor do sinal, adquiridor de dados e fornecedor de energia.

O objetivo principal desta seção é descrever todos os detalhes para a construção e o correto funcionamento do EADMEC. Na descrição estão incluídos, em cada caso, as especificações, os padrões de configuração e a forma de integração e utilização dos diversos componentes.

Figura 1 – Diagrama de blocos do EADMEC



Em função de sua construção modular, o equipamento possibilita outras configurações através da substituição adequada dos módulos.

2.1 Amostrador Espacial

Essa parte provê o controle espacial do equipamento e está dividida em dois componentes: roda dentada e circuito amostrador.

Roda dentada

Este componente define a distância de amostragem do sinal. Ele consiste de uma chapa de alumínio dentada acoplada a uma quinta roda (vide foto no Anexo I). Para cada dente que passa pelo circuito amostrador, uma amostra é coletada. O número de dentes da roda (n) deve ser definido de acordo com a distância de amostragem desejada para o sinal. Como essa distância é igual à distância entre dentes da roda (d_d), o valor n pode ser obtido através da seguinte equação:

$$n = \frac{\pi D}{d_d} \quad (1)$$

onde D é o diâmetro da roda.

Para que o sinal seja corretamente reproduzido, a máxima distância entre amostras é igual a um quarto do comprimento (λ) de onda do sinal medido [1]. Substituindo o número de dentes por esse valor (i.e., $d_d = \lambda/4$) na equação (1), obtém-se a quantidade mínima teórica de dentes (n_{\min_t}) na roda:

$$n_{\min_t} = \frac{4\pi D}{\lambda} \quad (2)$$

ou, em termos da frequência da portadora (f_p), fazendo a substituição $\lambda = c/f_p$, onde c é a velocidade da luz, igual a aproximadamente 3×10^8 m/s, temos:

$$n_{\min_t} = \frac{\pi D f_p}{0,75 \times 10^8} \quad (3)$$

Considerando que desvanecimentos de 40 dB abaixo do nível médio do sinal são comuns, com sucessivos mínimos ocorrendo a cada meio comprimento de onda [2], i.e., a cada $\lambda/2$, e que intervalos de amostragem menores que um décimo do comprimento de onda asseguram estatísticas realistas deduzidas a partir dos dados [3], o número mínimo de amostras, n_{\min} , que deverá ser coletado pode ser reescrito (e.g., $\frac{\lambda/4}{\lambda/10} = 2,5$):

$$n_{\min} = 2,5 \times \frac{\pi D f_p}{0,75 \times 10^8} \quad (4)$$

Por outro lado, a limitação de velocidade da placa de aquisição implica em um limitante do número máximo de dentes que a roda pode ter. Este número não pode ultrapassar a condição em que a frequência de passagem dos dentes (f_p) seja superior à frequência de aquisição da placa (f_{aq}). Caso este limite seja ultrapassado, amostras serão perdidas.

Para se calcular esse limite superior, pode-se escrever n , agora n_{\max} , em termos da velocidade de movimentação do equipamento (v). Para isto, basta considerar que o tempo de uma volta da roda (t) é dado por:

$$t = \frac{n_{\max}}{f_{aq}} \quad (5)$$

Esse tempo pode, também, ser escrito como:

$$t = \frac{\pi D}{v_{\max}} \quad (6)$$

onde v_{\max} é a velocidade máxima com que se deseja mover o EADMEC durante as medidas.

Substituindo a equação (5) na equação (6) tem-se:

$$n_{\max} = \frac{\pi D f_{aq}}{v_{\max}} \quad (7)$$

Portanto, utilizando-se os dois limitantes calculados, equações (4) e (7), tem-se:

$$2,5 \times \frac{\pi D f_p}{0,75 \times 10^8} \leq n \leq \frac{\pi D f_{aq}}{v_{\max}} \quad (8)$$

A velocidade v_{\max} pode ser determinada pelo projetista (e.g., 7 km/h) quando da definição dos limitantes e, conseqüentemente, selecionado um valor para n . Após escolhido o valor de n , tem-se uma nova velocidade máxima para o equipamento ($v_{\max P}$), que será dada por:

$$v_{\max P} = \frac{\pi D f_{aq}}{n} \quad (9)$$

No caso da placa de aquisição de dados utilizada nesta versão do EADMEC (Anexo 1), utilizando-se uma abordagem de processamento adequada, foi obtida uma frequência de aquisição, f_{aq} , igual a 300Hz. A seção 2.3 esclarece melhor o procedimento.

Com o objetivo de exemplificar a obtenção de resultados a partir das equações supracitadas, são apresentados a seguir os valores utilizados no EADMEC:

$$D = 22cm, f_p = 1,8GHz, f_{aq} = 300Hz, v_{\max} = 2m/s \approx 7km/h. \quad (10)$$

Aplicando-os à equação (8), obtém-se:

$$41 < n < 104 \quad (11)$$

Selecionou-se para este projeto uma roda com $n=57$ dentes. Desta forma, além de se assegurar uma boa amostragem do sinal, há uma folga razoável com relação à velocidade, o que possibilita uma flexibilidade maior para uso do EADMEC em outras aplicações de interesse. Aplicando a equação (9), obtém-se:

$$v_{\max P} = 3,6m / s \approx 13km / h \quad (12)$$

Esta é uma velocidade apropriada, por estar bem acima daquela praticada por uma pessoa ao caminhar. Poder-se-ia optar por uma quantidade de dentes maior, até o limite superior calculado de $n=104$. Por outro lado, para uma versão motorizada do EADMEC, com velocidades superiores a 4m/s (i.e., 14,4 km/h), deve-se selecionar uma placa de aquisição de maior velocidade e, conseqüentemente, de maior custo.

Circuito amostrador

Esse componente tem a função de transformar a passagem dos dentes da roda em um trem de pulsos a ser aplicado à placa de aquisição de dados.

A rotação do disco dentado aciona um interruptor óptico. Esse interruptor, que consiste em um LED acoplado a um fototransistor através de uma fenda 3 mm, produz um trem de pulsos a uma taxa proporcional ao número de ranhuras por metro e à velocidade de caminhada. Este sinal faz com que a placa de aquisição leia uma amostra do sinal de rádio que está sendo recebido pela antena naquele instante.

Durante a passagem de um dente da roda através da fenda, o sinal do LED é interrompido. Nesta condição o circuito gera um nível TTL. Quando a passagem é desobstruída, ou seja, o sinal do LED chega ao receptor óptico, é gerado um nível de 0 VDC. Este circuito, de fácil implementação e baixo custo, é alimentado por uma tensão de 12 VDC.

2.2 Medidor do sinal

Essa parte, responsável pela medição do sinal, é composta por quatro componentes: antena, amplificador, atenuador variável e analisador de espectro.

A maior vantagem dessa solução consiste no fato de não ser necessário construir um sistema receptor próprio para medir o nível de potência do sinal de RF na faixa do UHF; o receptor foi substituído por um analisador de espectro, ou seja, um equipamento comum e que está presente na maioria dos laboratórios de comunicações sem fio.

Antena

A antena é constituída por um monopolo, omnidirecional, acoplado a um plano de terra fixo no EADMEC. O sinal de RF recebido pela antena é encaminhado ao atenuador variável.

Amplificador/ Atenuador variável

A função do conjunto amplificador/atenuador variável é manter o nível do sinal recebido na porção linear da faixa de operação do medidor de sinal. Esta faixa é de -122 dBm a - 47 dBm no caso deste EADMEC. Foi selecionado um amplificador de baixo ruído (i.e., LNA) para o sistema (vide Anexo I). No caso das medições ocorrerem nas proximidades da antena transmissora, há necessidade de se aplicar um certo nível de atenuação, embora nunca superior a 20 dB para não comprometer a figura de ruído e a faixa dinâmica de operação do conjunto.

O sinal CW recebido pela antena, após passar pelo atenuador e pelo amplificador é acoplado, na seqüência, ao analisador de espectro.

Analisador de espectro

As únicas exigências de especificação para esse equipamento de medida é poder operar na faixa de freqüência da portadora transmitida e ser robusto quanto à variação da temperatura

ambiente, além de apresentar uma boa resistência às vibrações mecânicas originadas em função da movimentação do EADMEC.

Para o analisador de espectro desempenhar adequadamente o papel de sistema receptor foram adotados os seguintes valores com relação aos parâmetros de configuração: faixa de frequência (*span*), tempo de varredura (*sweep time*), largura de faixa de vídeo (*VBW*) e largura de faixa (*BW*):

- O *span* foi ajustado em 0 Hz. Assim, o equipamento pode “analisar” um espectro de 0 Hz, ou seja, operar como um receptor, medindo a potência de uma portadora simples.
- O *sweep time* foi fixado no menor valor possível. Dessa maneira, pode ser visualizado na tela um sinal na forma de um segmento de reta, uma vez que não se está disponibilizando tempo suficiente para alterações no nível do sinal antes do mesmo ser completamente desenhado. Um valor adequado para o *sweep time* é 15 μ s.
- O *VBW* e o *BW* são parâmetros que definem o formato de filtros internos do analisador. Quanto menor forem os valores selecionados, menor será a largura de banda desses filtros e, portanto, menos ruído será captado pelo equipamento; por outro lado, cresce a sensibilidade com relação a mudanças de temperatura, uma vez que a variação de temperatura pode afetar a frequência central dos filtros em questão. Isto é, a seleção dos valores está diretamente correlacionada à faixa de valores de potência que o EADMEC consegue medir, o que, por sua vez, depende do modelo de analisador utilizado. Os melhores valores para o modelo de analisador de espectro usado no EADMEC foram 10kHz e 30Hz para o *VBW* e o *BW*, respectivamente.

A coleta dos dados medidos pelo analisador foi efetuada através da saída de vídeo. Essa saída provê uma tensão que representa a amplitude do sinal desenhado na tela. A amplitude, por sua vez, é proporcional ao nível de potência medido. É suficiente, portanto, determinar essa proporção, e com isso definir a potência de recepção da portadora.

A saída de vídeo do analisador de espectro é conectada à placa de aquisição de dados.

2.3 Adquiridor de dados

Essa parte é responsável pela aquisição e armazenamento das medidas. Ela é composta por duas partes: a placa de aquisição propriamente dita e o conjunto computador/software.

Placa de aquisição

A especificação mais importante para a placa é sua velocidade ou frequência de aquisição. A frequência de operação deve permitir acompanhar com folga a produção de pulsos gerados pela roda dentada, com a movimentação do EADMEC, conforme considerações feitas na seção 2.1. Como há necessidade de adquirir somente dois sinais (e.g., a saída de vídeo do analisador e o sinal do circuito amostrador), a placa deve operar apenas com duas entradas analógicas. Isso simplifica o software de tratamento dos dados e possibilita a utilização de uma placa de baixo custo.

A placa de aquisição de dados recebe, na entrada, os sinais de vídeo do analisador e do circuito amostrador, e fornece, na saída, um sinal digital a ser armazenado na memória RAM do computador.

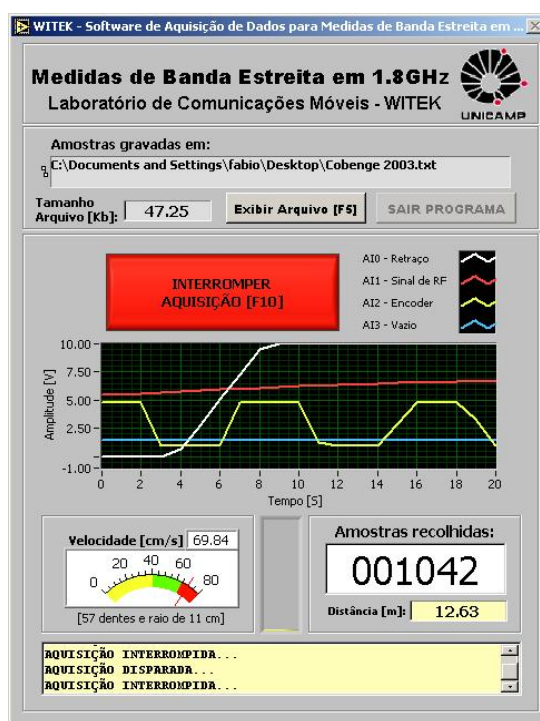
Computador/Software

Não há especificações para o computador. Pode ser utilizado qualquer modelo, de acordo com a disponibilidade. Quanto ao software de controle do sistema EADMEC, sua função é recolher as amostras coletadas pela placa de aquisição de dados externa e registrar seus valores em arquivos de texto que permitam seu futuro processamento.

O software de controle foi desenvolvido em LabVIEW 6.1. Esse ambiente de desenvolvimento de software permitiu que, além da tarefa básica de armazenamento das amostras, fossem implementadas novas funcionalidades. Estas auxiliam a execução e o monitoramento das medidas e, portanto, possibilitam a verificação do andamento do trabalho em tempo real.

A Figura 2 ilustra a interface com o usuário do software. Na parte superior dessa interface, o usuário pode selecionar o arquivo onde as amostras são armazenadas e acompanhar a evolução de seu tamanho durante os períodos de aquisição. Na parte intermediária estão situados o controle que dispara e interrompe a aquisição de dados e uma janela de visualização dos sinais adquiridos nos quatro canais analógicos utilizados. Abaixo desse gráfico, são exibidos a velocidade de deslocamento do EADMEC, o número de amostras válidas recolhidas até o momento e a distância percorrida. Por fim, na parte inferior da interface foi reservada uma área para a apresentação de mensagens ao usuário.

Figura 2 – Interface do software com o usuário



A placa de aquisição de dados deve ser utilizada para monitorar, fundamentalmente, os sinais provenientes do circuito amostrador e da saída de vídeo do analisador de espectro. Na interface do software, estes foram chamados de Encoder e Sinal de RF, respectivamente. Dessa forma, a tarefa do software é, essencialmente, a de registrar o Sinal de RF a cada transição de descida do sinal Encoder. Inicialmente o sinal proveniente da roda dentada, por se tratar de sinal digital, foi encaminhado a uma entrada contadora da placa de aquisição de dados. Essa primeira abordagem mostrou-se ineficiente, pois o tempo necessário para a identificação do incremento desse contador e a leitura do sinal de retraço limitou a velocidade máxima de deslocamento do sistema a valores extremamente baixos. Esse problema se deve primordialmente ao fato de que o acesso ao valor do contador e a leitura do canal analógico utilizado para o retraço são realizados por comandos diferentes. Para contornar essa situação e tendo em vista que o hardware de aquisição possui quatro canais analógicos, o sinal proveniente da roda dentada, embora de natureza digital, foi amostrado através de um dos canais analógicos. As aquisições nos canais analógicos passam a ser feitas simultaneamente e

na maior taxa possível, sendo a identificação dos instantes onde acontecem as transições e, portanto, os instantes de valores válidos para o Sinal de RF, realizada exclusivamente por software. Essa estratégia permitiu a amostragem dos quatro canais analógicos a 300 vezes por segundo, o que permite que o sistema EADMEC possa ser utilizado com folga na faixa de velocidade de uma pessoa caminhando. No modo de operação utilizado pela placa de aquisição de dados, os valores amostrados são enviados ao microcomputador de controle em rajadas, cada uma delas contendo uma série de amostras. Essas amostras são então processadas, e na medida em que transições no Encoder são identificadas, o valor do Sinal de RF é registrado.

2.4 Fornecedor de Energia

Essa parte tem por objetivo permitir a mobilidade irrestrita do equipamento. O intuito é tornar o equipamento auto-suficiente com relação ao suprimento de energia e propiciar uma autonomia adequada durante um número mínimo satisfatório de horas de trabalho. Para isso, foi necessário utilizar duas baterias além de um inversor. As baterias operam simultaneamente em duas condições: diretamente, alimentando as partes do sistema que funcionam em corrente contínua (DC), e indiretamente, alimentando o inversor. Este último, por sua vez, alimenta os componentes que funcionam em corrente alternada (AC). O amplificador e o circuito amostrador funcionam em DC, enquanto que o analisador de espectro e o computador portátil funcionam em AC. Para as funções acima descritas foram selecionadas baterias automotivas comuns de 12 volts e capacidade igual a 63 ampères-hora. O esquema adotado (Anexo I) resultou em uma autonomia de seis horas e quarenta minutos.

3. EXEMPLOS DE EXPERIÊNCIAS DE LABORATÓRIO E PESQUISA

Os resultados das medidas realizadas pelo EADMEC podem ser objeto de diversas formas de análise. No caso aqui descrito, os resultados das experiências foram utilizados inicialmente para dois tipos de análise distintos: a primeira visou confrontar teorias já existentes e a segunda teve como objetivo a caracterização, em banda estreita, do canal de comunicação por rádio na frequência de 1.800 MHz.

Nas próximas seções serão fornecidos alguns exemplos de resultados obtidos. Os resultados da seção de caracterização de canal se adequam para serem feitos como atividades de pesquisa, enquanto os de confrontação de teorias consistem de bons exemplos de aulas de uma disciplina de laboratório de comunicações sem fio.

3.1 Confrontação de teorias

A Figura 3 apresenta uma visão geral das medidas efetuadas no caso de um percurso em torno de um prédio próximo à antena transmissora, com linha de visada em uma de suas faces. Para essa análise, foi desenvolvido um programa para leitura e armazenamento dos valores no formato de vetores. Esses vetores foram, em seguida, esboçados na Figura 3.

Figura 3 – Visualização geral das medidas

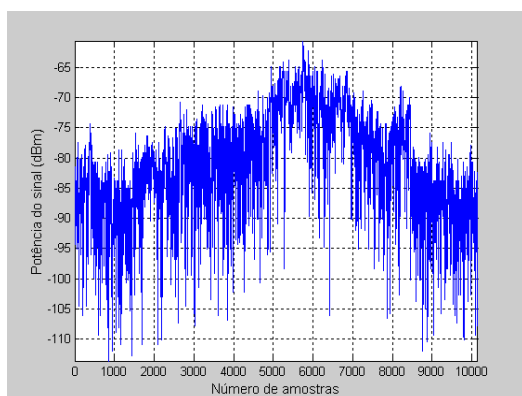
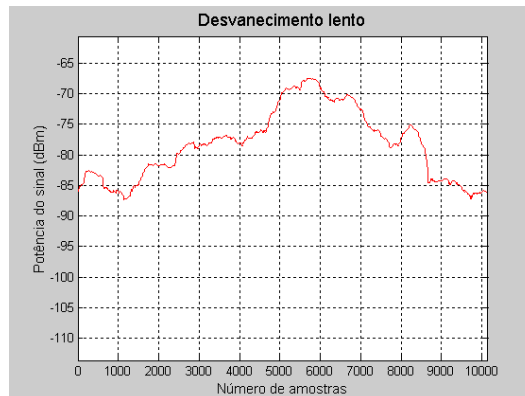


Figura 4 – Desvanecimento lento do sinal



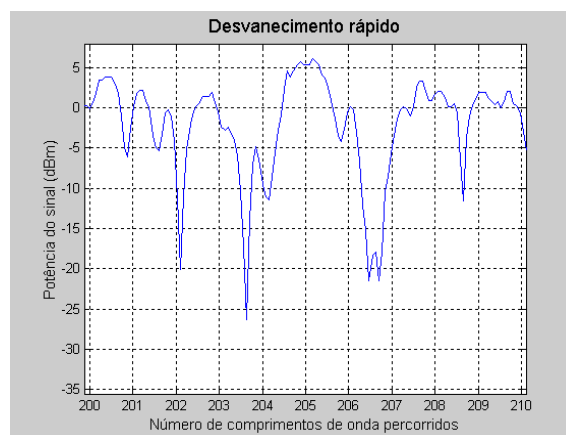
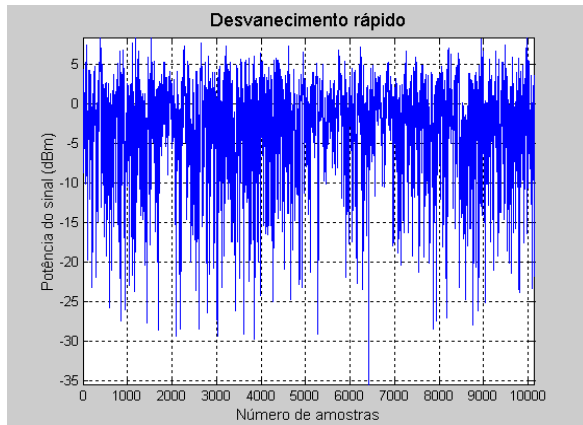
Em seguida, foi efetuada a separação dos fenômenos de propagação. Quando um sinal se propaga através da interface aérea, observa-se que o mesmo sofre alguns efeitos, sendo que dois desses efeitos se destacam sobremaneira: o desvanecimento lento e o desvanecimento rápido. Esses efeitos foram separados para possibilitar uma análise mais precisa. O processo de separação, que pode ser encontrado na referência [1], consiste no cálculo de médias em janelas temporais, ou seja, o cálculo estatístico conhecido como média móvel.

A Figura 4 apresenta o desvanecimento lento correspondente aos dados da Figura 3. O valor de cada ponto foi obtido através do cálculo da média de um certo número de pontos adjacentes, ou seja, cada ponto do gráfico corresponde à média de várias amostras adjacentes. A quantidade de amostras utilizadas para o cálculo depende do ambiente no qual foram realizadas as medidas e do comprimento de onda do sinal [4]. No gráfico acima foram utilizadas 450 amostras por média, o que corresponde a uma extensão de “janela móvel” da ordem de 30 comprimentos de onda, na frequência de 1.800MHz.

A observação atenta da Figura 4 mostra claramente o efeito da distância e dos obstáculos no valor médio do sinal. Os níveis de potência média do sinal aumentam, ou diminuem, na medida em que o receptor se aproxima, ou se afasta, do transmissor: esse é o efeito da distância sobre o nível do sinal. Um exemplo de atenuação gerada por obstáculos encontra-se bastante visível entre as amostras números 8.200 e 8.800: naquele trecho, o EADMEC contornou um prédio e passou a não ter mais visada direta com a antena transmissora. Conforme pode ser constatado, a potência média do sinal sofreu uma atenuação de cerca de 10dB (i.e., de -75 dBm para -85 dBm).

Figura 5 – Desvanecimento rápido do sinal

Figura 6 – Distância entre desvanecimentos



A Figura 5 foi gerada subtraindo-se dos valores da Figura 3 os valores correspondentes da Figura 4. O novo conjunto de valores, mostrado na Figura 5, representa apenas o desvanecimento rápido do sinal. Atenuações superiores a 30 dB, sobre pequenas distâncias, podem ser facilmente observadas, conforme reportado na literatura especializada [2].

Em função dos dados apresentados na Figura 5, foi efetuado o cálculo da distância média entre picos de desvanecimento. Para isto, foi inicialmente alterada a escala do eixo das abscissas (i.e., eixo horizontal). Por conveniência, esse eixo de identificação do número da amostra foi definido em termos de comprimentos de onda percorridos. Essas operações resultaram num novo gráfico, apresentado na Figura 6.

Selecionada uma janela de dez comprimentos, verificou-se a existência de 22 picos de desvanecimento. Portanto, a distância média entre desvanecimentos (d) é: $d = 0,45\lambda$.

Convém ressaltar que o cálculo teórico deste parâmetro, apresentado na referência [1], resulta em $d = 0,383\lambda$.

3.2 Caracterização de canal

A caracterização do canal foi efetuada após a separação dos fenômenos de desvanecimento. Essa caracterização se encontra dividida, também, em duas partes: desvanecimento lento e desvanecimento rápido.

A distribuição cumulativa da variação em larga escala do sinal (i.e., desvanecimento lento) pode ser traçada no papel gráfico de Gauss. Essas variações são geralmente representadas por uma distribuição lognormal (i.e., uma linha reta com determinada inclinação), onde a inclinação da distribuição é função do desvio padrão [5].

Com relação ao desvanecimento lento do sinal, outra análise de interesse, por exemplo, corresponde ao cálculo das perdas de penetração das diferentes edificações. Nesse procedimento, calculam-se os níveis médios do sinal em cada andar de um determinado edifício, e esses resultados são, então, comparados com o nível médio do sinal obtido externamente, em torno daquele edifício. Isso se traduzirá no conhecimento da atenuação gerada pelas diferentes estruturas que constituem as mais diversas construções [6].

A distribuição cumulativa da variação de pequena escala (i.e., desvanecimento rápido) dos diversos experimentos pode também ser analisada graficamente. O próximo item mostrará, a título de exemplo, uma análise possível.

Desvanecimento rápido

A função de distribuição cumulativa das variações de pequena escala do sinal, a 1.800MHz, foi também analisada para diferentes experimentos. Constata-se através da literatura especializada que, para locais densamente sombreados, a função densidade de probabilidade da voltagem normalizada do sinal em relação ao nível médio se aproxima de uma distribuição Rayleigh [2, 7-9].

As Figuras 7 e 8, a seguir, apresentam dois casos típicos observados nos experimentos até aqui realizados. Observa-se que a função de distribuição cumulativa (i.e, fdc) Rayleigh está perfeitamente ajustada aos dados experimentais da Figura 6. Já no caso da Figura 7, esse ajuste não se mostrou plenamente satisfatório, donde se conclui que um outro tipo de distribuição cumulativa, que melhor explique as variações de pequena escala, deva ser pesquisado para o caso.

Figura 6 – Bom ajuste da fdc Rayleigh

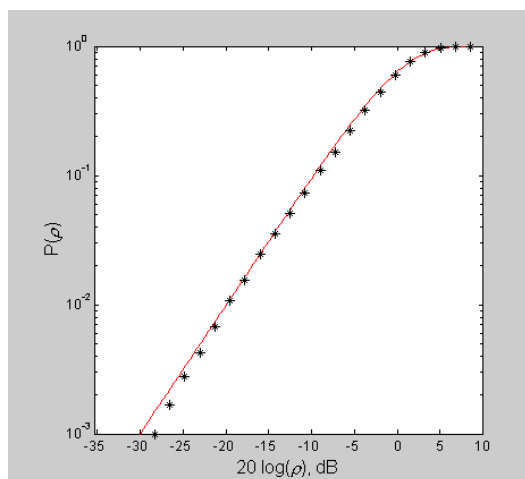
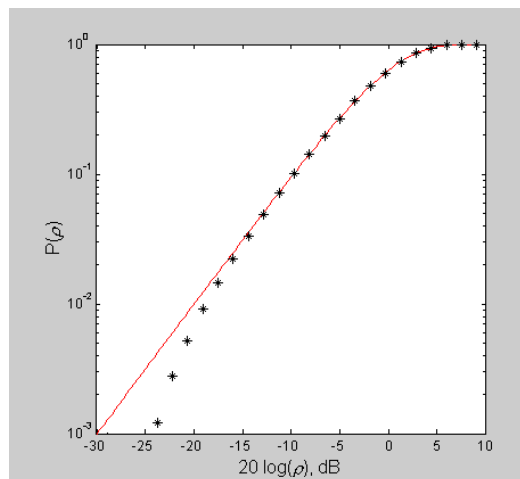


Figura 7 – Ajuste não satisfatório da fdc Rayleigh



4. CONCLUSÃO

Um equipamento de aquisição de dados modular (i.e., EADMEC), especialmente controlado, foi projetado e construído para ser utilizado como laboratório didático de comunicações sem fio, bem como para outras atividades de pesquisa.

Na configuração apresentada neste trabalho, o EADMEC possibilitou a realização de medições em banda estreita, no interior e no exterior de edificações. Os experimentos foram conduzidos com o objetivo de determinar estatísticas relacionadas com a variação aleatória de uma onda contínua, CW, principalmente em ambiente interno. Os dados dos experimentos propiciaram o desenvolvimento de modelos iniciais que permitiram a comparação com outros já existentes para predição perdas de percurso entre transmissor e receptor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Yacoub, M. D. **Foundations of Mobile Radio Engineering**. CRC Press, 1993.
- [2] Jakes, W. C. **Microwave mobile communications**. John Wiley & Sons, 1974.
- [3] Horikoshi, J., et al. **1.2 GHz band wave propagation measurements in concrete building for indoor radio communications**. IEEE Transactions on Vehicular Technology, V. VT-35, N. 4, November 1986, pp. 146-152.
- [4] Toledo, A. F. **Narrowband characterization of radio transmission into and within buildings at 900, 1800 and 2300 MHz**. Ph. D. thesis, Dept. Elec. Eng. and Electr., University of Liverpool, U. K., May, 1992.
- [5] Turkmani, A. M. D., and Toledo, A. F. **Radio transmission at 1800 MHz into, and within, multistory buildings**. IEE Proceedings-I, V. 138, N. 6, December 1991, pp. 577-584.
- [6] Turkmani, A. M. D., and Toledo, A. F. **Modelling of radio transmission into and within multistory buildings at 900, 1800 and 2300 MHz**. IEE Proceedings-I, V. 140, N. 6, December 1993, pp. 462-470.
- [7] Toledo, A. F., Turkmani, A. M. D. and Parsons, J. D. **Estimating coverage of radio transmission into and within buildings at 900, 1800 and 2300 MHz**. IEEE Personal Communications, April 1998, V. 5, N. 2, pp. 40-47.
- [8] Bertoni, H. L. **Radio propagation for wireless systems**. Prentice may PTR, 2000.
- [9] Parsons, J. D. **The mobile radio propagation channel**. 2nd ed. Wiley, 2000.

ANEXO I

Este anexo fornece a marca, modelo e especificações dos componentes utilizados na montagem deste EADMEC e fotos do sistema completo montado. O equipamento foi projetado para operar na frequência de operação de 1800 MHz.

Roda dentada: Feita em chapa de alumínio de 1,2mm, com 57 dentes. Esta roda é acoplada a uma quinta roda que fica presa ao EADMEC através de um braço mecânico. Este braço permite a movimentação do conjunto quinta roda/roda dentada no sentido vertical.

Circuito amostrador: Já descrito na seção 2.1.

Antena: Kathrein, modelo No. K704784. Faixa de frequência de operação 1710 – 1880 MHz. Conexão cabo RG 174.

Atenuador: Agilent, modelo 8496A. Atenuador manual para frequências de 0 – 4 GHz com atenuação variável de 0 a 110dB, em passos de 10dB.

Amplificador: Mini-circuits, modelo ZHL-1724HLN-case NN92. Frequência de operação de 1700 a 2400 MHz. Amplificação de 40dB e alimentação na faixa de 12 a 16 VDC.

Analisador de espectro: HP, modelo 8593E, com frequência de operação de 0 a 22 GHz.

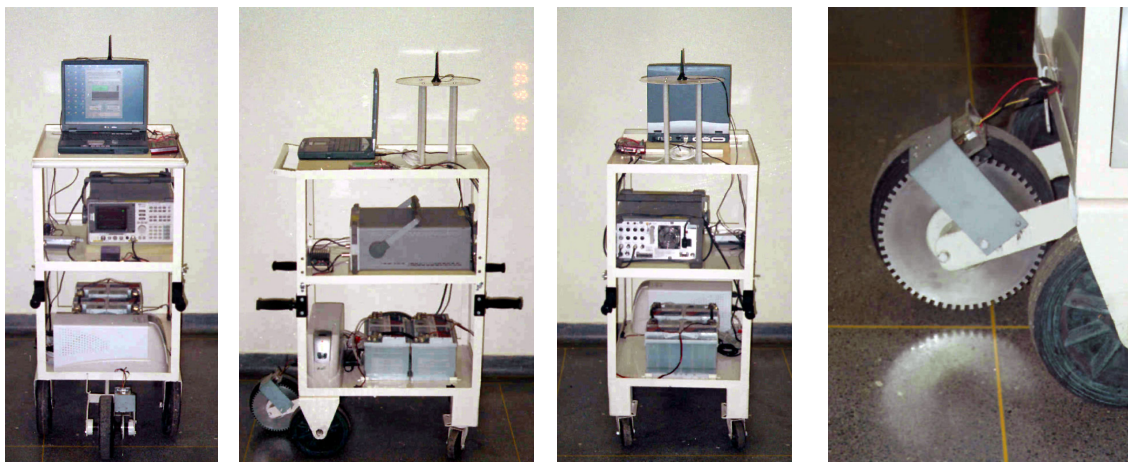
Placa de Aquisição: Labjack, modelo U12 (*Labjack U12*). Conectada ao PC ou a um *HUB* através de uma porta *USB* (Barramento Serial Universal). A porta *USB* fornece alimentação e comunicação para a placa *Labjack U12*. Composta por um conector *USB*, um conector *DB25* para entradas/saídas digitais e trinta terminais do tipo parafuso (*screw*).

Computador portátil: Toshiba, modelo Satellite 1800-S254. Processador Pentium III 1GHz, 1Gb de memória RAM, disco rígido de 20 Gb. Placa fax/modem de 56k. Placa de rede 10/100 e DVD. Tela TFT de 14.1”.

Inversor: Marca SMS, modelo Manager III senoidal. Potência máxima de saída de 1300VA, tensão de entrada 127V, frequência de saída 60Hz $\pm 1\%$.

Baterias: Duas baterias. Marca AC Delco, modelo número 011AO63D1, 12V, 63Ah.

As fotos abaixo ilustram o EADMEC, com detalhe para a roda dentada.



EADMEC – MODULAR SPATIALLY CONTROLLED DATA ACQUISITION EQUIPMENT

Abstract: *A modular, spatially controlled, data acquisition equipment (EADMEC) has been designed and built to be utilized in a undergraduate wireless communications laboratory as well as in wireless communications research. EADMEC evaluates the received signal power of a carrier whose frequency is tuned so as to be close to those of commercial wireless services. The spacing between samples is estimated as a function of the wavelength and is determined so that fast and slow fading can be reproduced adequately. EADMEC has been built by means of integration of equipment commonly used in communications laboratory, without laying hold of additional circuitry.*

This paper presents EADMEC, depicting the equipment used, the necessary interfaces, the control software, and the functioning of the integrated equipment. EADMEC has been used to carry out narrowband measurements, within and without buildings. The trials have been conducted with the aim at determining the statistics of the random variation of the continuous wave (CW). The collected data have been used to develop preliminary propagation models to be compared with those already in use. Because of its modularity, EADMEC can be used for a wide range of experiments, beside those described in this paper.

Key-words: *Data acquisition, Fading, Radio propagation signal, Path loss, Penetration loss.*