

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA ELÉTRICA

RODRIGO EIJI MOTOYAMA

PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO DE TESTE DE RECEPÇÃO DE TV
DIGITAL COM ANTENA INDOOR

São Paulo
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

RODRIGO EIJI MOTOYAMA

PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO DE TESTE DE RECEPÇÃO DE TV
DIGITAL COM ANTENA INDOOR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Engenharia Elétrica da
Universidade Presbiteriana Mackenzie, como
requisito para a obtenção do título de Mestre
em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Fujio Yamada

São Paulo
2010

M919p Motoyama, Rodrigo Eiji.

Proposta de um procedimento de teste de recepção de TV digital com antena *indoor* / Rodrigo Eiji Motoyama – 2010.

66 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2010.

Bibliografia: f. 63-64.

1. TV digital. 2. Teste *indoor*. 3. Antenas. 4. Perfil característico.
I. Título.

CDD 621.38835

RODRIGO EIJI MOTOYAMA

PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO DE TESTE DE RECEPÇÃO DE TV DIGITAL
COM ANTENA INDOOR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Aprovado em Junho de 2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fujio Yamada – Orientador
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Nizam Omar
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Yuzo Iano
Universidade Estadual de Campinas

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Fujio Yamada com suas inúmeras contribuições e incentivos sem aos quais não teria realizado este trabalho. O apoio dado pelo senhor foi de fundamental importância para a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais Mitsuyoshi e Iracema, meu irmão, Gerson, que sempre me incentivaram e apoiaram em todas as decisões de minha vida, buscando sempre o melhor caminho para minha formação.

A minha namorada Fabiana que sempre me apoiou e incentivou na construção desse trabalho.

Aos amigos com os quais pude contar ao longo dos anos na construção da minha vida pessoal e profissional.

Ao Instituto Presbiteriano Mackenzie pela bolsa concedida dando a oportunidade de complementar a minha formação acadêmica e contribuir para o crescimento profissional.

A todos os funcionários e professores do Laboratório de TV Digital da Universidade Presbiteriana Mackenzie, por toda a sabedoria compartilhada para a realização do meu sonho profissional.

Ao fundo de fomento à pesquisa da Universidade Presbiteriana Mackenzie, Mackpesquisa que financiou parte deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de procedimentos de testes para a análise do desempenho do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD) na recepção do sinal em ambiente *indoor*. O procedimento desenvolvido teve como referência, os testes realizados no sistema, juntamente com os outros padrões de transmissão de TV digital, assim como as recomendações e guias para testes elaborados pelas instituições com amplo conhecimento na área de telecomunicações. Baseada nessas referências foi elaborado um procedimento de teste que leva em consideração o recurso para a captação do sinal (tipos de antenas), os equipamentos utilizados, a análise dos parâmetros de degradação do sinal, a análise da imagem decodificada por um conversor e os conceitos relacionados aos métodos de medição. O procedimento desenvolvido foi aplicado em testes de campo realizados na cidade de São Paulo e a partir dos resultados obtidos verificou-se a viabilidade de se traçar o perfil característico da recepção em ambiente *indoor*. Os dados coletados em campo foram o perfil do espectro do sinal, constelação da modulação, o *delay profile*, entre outras informações registradas no analisador de espectro. Os principais fatores de degradação como a variação da intensidade de campo, a quantidade de multipercurso e o ruído, foram considerados na seleção desses dados capturados a fim de se verificar a influência causada por esses parâmetros na recepção do sinal digital. O conversor, em conjunto com um procedimento de análise da qualidade da imagem decodificada chamada de *Quasi Error Free (QEF)*, serviu de parâmetro na avaliação da decodificação da imagem no ponto, ou seja, se houve a recepção do sinal digital ou não. Os resultados são apresentados em formas de gráficos para traçar o perfil característico da recepção *indoor*. O resultado da análise determina se os procedimentos e os parâmetros utilizados servem como referência para avaliação da recepção do sinal digital modulado no SBTVD.

Palavras-chave: *TV digital, teste indoor, antenas, perfil característico.*

ABSTRACT

The aim of this work is to introduce a performance analysis methodology for Brazilian Digital TV signal reception's condition in indoor environment. The methodology was developed based in tests with other digital TV standards transmission, as well as recommendations and guidelines issued by extensive knowledge in telecommunications systems institutions. Based on these references, it was developed a methodology taking into account the devices for signal capture (different antennas types), using suitable measurement equipments, the parameters of the signal degradation agent, the decoded image quality analysis and the concepts related to measurement methods. The methodology was tested in the field trials conducted in São Paulo city and from the results it was conjectured the viability to describe the characteristic of a reception in indoor environment. The data collected in the field was the signal spectrum image, the constellation of the modulation, the delay profile of the signal, and other information recorded in the spectrum analyzer. The variation of the field strength, the number of the multipath and noise strength, were taken into consideration for the selection of the captured data used to verify the influence caused by these parameters in the digital signal reception's. The digital signal converter, together with a methodology for analysis of the decoded image called Quasi Error Free (QEF), served as a parameter for evaluate the image decoded in the tested point, i.e., if there is the presence of reception digital signal or not. The results are showed in forms of graphs to provide the profile of indoor reception. The result of this analysis determined the viability of the procedures and the parameters considered for the assessment to receiving the digital signal modulated in the brazilian system.

Key word: *Digital TV, indoor reception, antennas, delay profile.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ILUSTRAÇÃO 1	TV digital no mundo (em inglês).....	14
ILUSTRAÇÃO 2	Segmentação da banda dentro do canal transmitido.....	20
ILUSTRAÇÃO 3	Ilustração da norma ARIB sobre as camadas hierárquicas (em inglês)	21
ILUSTRAÇÃO 4	Constelação (em inglês).....	22
ILUSTRAÇÃO 5	Reflexões sofridas pelo sinal desde a transmissão até a recepção.....	24
ILUSTRAÇÃO 6	Interferência causada pelo multipercurso na imagem analógica. Imagem sem interferência em (a) e a imagem com a presença de “fantasmas” em (b).....	24
ILUSTRAÇÃO 7	Efeito do ruído impulsivo sobre a imagem analógica. Imagem sem interferência em (a) e a imagem com a presença do ruído impulsivo em (b).....	26
ILUSTRAÇÃO 8	Efeito do ruído impulsivo sobre a imagem analógica. Imagem sem interferência em (a) e a imagem com a presença do ruído branco em (b).....	26
ILUSTRAÇÃO 9	Unidade móvel utilizada nos testes de campo.....	34
ILUSTRAÇÃO 10	Os três tipos de antenas utilizadas em campo. (a) Log-periódica, (b) Monopolo e (c) Dipolo.....	36
ILUSTRAÇÃO 11	Montagem para a captura do sinal digital.....	36
ILUSTRAÇÃO 12	Imagem do <i>delay profile</i> para análise do multipercurso (em inglês).	38
ILUSTRAÇÃO 13	Intensidade de campo registrado pelo analisador de espectro.....	39
ILUSTRAÇÃO 14	Constelação registrada pelo analisador de espectro (em inglês).....	40
ILUSTRAÇÃO 15	Espectro do sinal no domínio do tempo.....	40
ILUSTRAÇÃO 16	Distribuição de todos os pontos de teste.....	43
ILUSTRAÇÃO 17	Distribuição dos pontos próximos a torre de transmissão.....	44
ILUSTRAÇÃO 18	Distribuição dos pontos de teste de campo realizados.....	47

ILUSTRAÇÃO 19	Sinal na qual não foi possível identificar a interferência predominante.....	58
ILUSTRAÇÃO 20	Sinal degradado na qual gerou erros na imagem decodificada.....	58

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Parâmetros do sistema de transmissão do ISDB-T _B	19
TABELA 2	Parâmetros do intervalo de guarda.....	25
TABELA 3	Configuração do <i>time interleaving</i>	27
TABELA 4	Dados coletados em campo I.....	48
TABELA 5	Dados coletados em campo II.....	49
TABELA 6	Status da recepção <i>indoor</i> por amostra.....	50
TABELA 7	Nível do sinal medido utilizando uma antena externa.....	51
TABELA 8	Nível do sinal medido comparando os três tipos de antenas.....	52
TABELA 9	A influência das interferências na degradação da imagem.....	57
TABELA 10	Lista dos canais analisados no teste de campo.....	65

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	Resultado do teste com multipercurso.....	31
GRÁFICO 2	Resultado do teste de mínimo nível.....	33
GRÁFICO 3	Resultado do teste de C/N.....	35
GRÁFICO 4	Nível do sinal na recepção de acordo com o tipo de antena.....	54
GRÁFICO 5	Nível da intensidade do sinal em ambiente <i>indoor</i> e externo.....	55
GRÁFICO 6	Nível da intensidade do sinal utilizando a antena interna e externa.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS

SBTVD	Sistema Brasileiro de Televisão Digital
ATSC	<i>Advanced Television System Committee</i>
DVB-T	<i>Digital Video Broadcasting - Terrestrial</i>
ISDB-T	<i>Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial</i>
DTMB-T	<i>Digital Terrestrial Multimedia Broadcast – Terrestrial</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
BST-OFDM	<i>Band Segmented Transmission Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
VHF	<i>Very High Frequency</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
ARIB	<i>Association of Radio Industries and Businesses</i>
QPSK	<i>Quadrature Phase-Shift Keying</i>
16 QAM	<i>16 Quadrature Amplitude Modulation</i>
64 QAM	<i>64 Quadrature Amplitude Modulation</i>
FEC	<i>Forward Error Correction</i>
QEF	<i>Quase Error Free</i>
QMP2	<i>Quality Measurement Procedure 2</i>
RF	Radio Frequência
C/N	<i>Carrier to Noise</i>
MER	<i>Modulation Error Rate</i>
QMP1	<i>Quality Measurement Procedure 1</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	SISTEMA BRASILEIRO DE TV DIGITAL ISDB-T _B	18
2.1	SISTEMAS DE PROTEÇÃO DO ISDB-T _B	23
2.1.1	Interferência causada por multipercurso.....	23
2.1.2	Interferência causada por ruídos.....	25
2.1.3	Interferência causada por desvanecimento (<i>fading</i>).....	27
2.1.4	<i>Forward error correction</i>	27
3	DESENVOLVIMENTO DO PROCEDIMENTO DE TESTE.....	29
3.1-	IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS INTERFERÊNCIAS EM AMBIENTE <i>INDOOR</i>	30
3.1.1	Multipercursos.....	30
3.1.2	Baixa intensidade do sinal.....	32
3.1.3	Mínimo nível de sinal na recepção.....	33
3.1.4	Ruído gaussiano.....	35
3.2-	PROCEDIMENTO PARA MEDIDAS DE CAMPO.....	35
3.2.1	Método para definição do estado da recepção.....	41
3.2.2	Cabos, conectores e adaptadores.....	41
3.3	DESCRIÇÃO DETALHADA DO PROCEDIMENTO.....	42
3.3.1	Definição dos pontos de coleta de dados.....	42
3.3.2	Seleção dos canais analisados.....	44
3.3.3	Etapas do processo da captura de dados do local.....	45
4	TESTES DE CAMPO E OS DADOS COLETADOS.....	47
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	53
5.1	RESULTADO GERAL.....	53
5.2	ANÁLISE DA RECEPÇÃO DE ACORDO COM O TIPO DE ANTENA.....	53
5.3	ATENUAÇÃO MÉDIA DA BARREIRA FÍSICA.....	54
5.3	RESULTADO OBTIDO UTILIZANDO UMA ANTENA EXTERNA.....	55
5.4	IDENTIFICAÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS.....	56
5.5	CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE FALHA NA RECEPÇÃO EM AMBIENTE <i>INDOOR</i>	58
5.5.1	Ambiente típico de pontos em que apresentaram baixo nível de sinal como fator determinante na falha da imagem decodificada.....	59
5.5.2	Ambiente típico de pontos em que apresentaram a presença de ruído como fator determinante na falha da imagem decodificada.....	59
5.5.3	Ambiente típico de pontos em que apresentaram a forte presença de multipercurso como fator determinante na falha da imagem decodificada.....	60

5.5.4 Ambiente típico de pontos em que não foi determinado o fator determinante na falha da imagem decodificada	60
6 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	63
ANEXO A	65

1 INTRODUÇÃO

O surgimento de novas tecnologias muda os hábitos das pessoas que acompanham a evolução do conhecimento. Alguns exemplos podem ser citados: barbeador elétrico, celular, *internet* e televisão mudaram os costumes das pessoas. O último exemplo citado, a televisão, é o foco principal deste trabalho. Em transmissão dos sinais de televisão, os sinais propagados no ar que transportam as informações das emissoras de televisão estão passando para a fase da digitalização. Essa digitalização tem como objetivo melhorar a qualidade do sinal recebido e inserir maior quantidade de informação dentro de uma mesma banda do espectro de transmissão, além de outros benefícios. Para o sistema de transmissão do sinal da televisão, a digitalização é uma tendência mundial. Em diversos países já foram adotados algum tipo de sistema de transmissão digital e em outros já sinalizam uma data para o fim da transmissão dos sinais analógicos. Os países que ainda não adotaram o sistema digital de transmissão estão em fase de testes para verificar qual é o melhor sistema para ser adotado de acordo com as necessidades do país. Na ilustração 1 é mostrado o tipo de sistema de transmissão digital adotado em cada país.

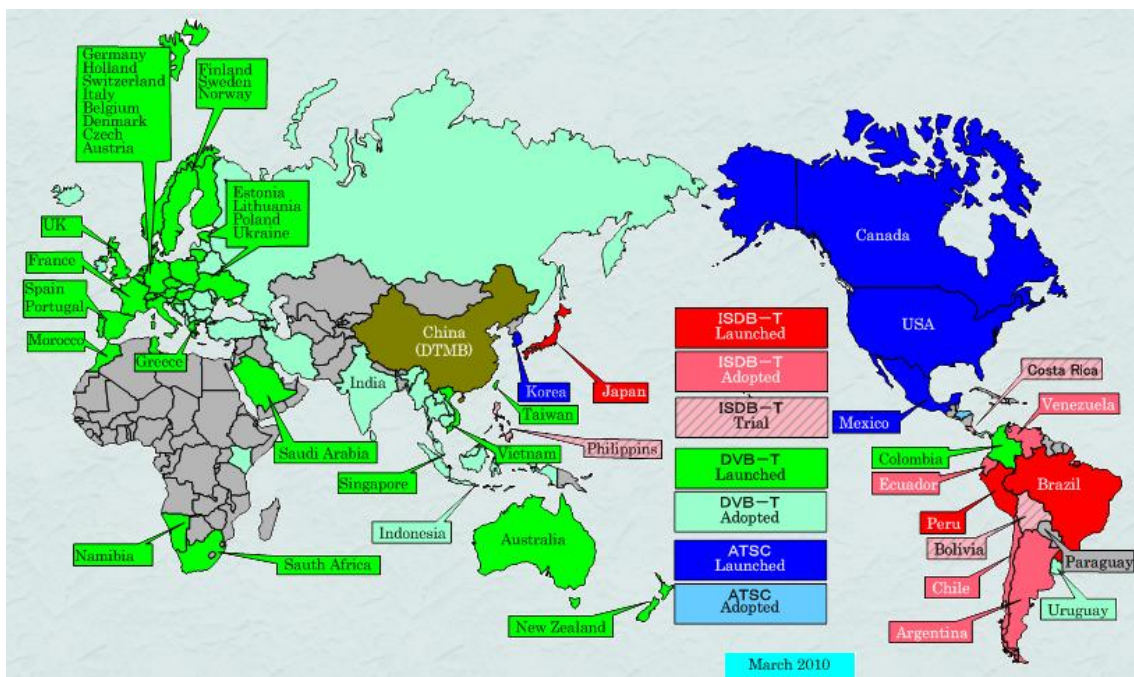


Ilustração 1: TV digital no mundo (em inglês)

Fonte: www.dibeg.org/world/world.htm (Acesso em: 12 abril 2010)

Atualmente existem quatro tipos de padrões de transmissão de televisão digital no mundo. Cada sistema possui as suas características de transmissão e um país que representa o desenvolvimento desta tecnologia. Os sistemas existentes são: o sistema americano – *Advanced Television System Committee* (ATSC), o sistema europeu - *Digital Video Broadcasting - Terrestrial* (DVB-T), o sistema japonês *Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial* (ISDB-T) e o sistema chinês *Digital Terrestrial Multimedia Broadcast – Terrestrial* (DTMB-T). A partir da ilustração 1 é possível observar que entre os 13 países da América do Sul, 6 países já adotaram o sistema ISDB-T e outros 3 países estão em fase de testes dos sistemas de transmissão digital para a decisão do sistema a ser adotado. A grande disseminação do sistema ISDB-T no continente sul americano ajuda a impulsionar a fabricação de equipamentos voltados para esta tecnologia e uma ampla divulgação do sistema pelo mundo, ganhando dessa maneira uma maior importância no processo de adoção de outros países e um laço político maior para os países que adotaram a mesma tecnologia. Além disso, contribui no desenvolvimento de melhores equipamentos e de menor custo, o que ajuda a acelerar o processo de instalação do sistema digital de transmissão nos países em que adotaram o sistema (DIBEG).

A digitalização do sinal de televisão significa uma evolução na recepção deste sinal, entre eles: a definição da imagem de superior qualidade em relação ao analógico, imagem limpa sem interferência, a possibilidade da interatividade com o telespectador e dependendo do sistema a multi-programação em um mesmo canal. Com isso o usuário e as emissoras serão favorecidos em termos de qualidade e flexibilidade dos serviços.

Até mesmo para quem já recebe um sinal de boa qualidade no analógico, passará a receber uma imagem com uma qualidade maior ainda.

O sistema adotado no Brasil foi o ISDB-T com algumas modificações. Por exemplo: o método de compressão do áudio e vídeo e o sistema utilizado para o *middleware*. Com essas mudanças o sistema passou a ser denominado de ISDB-T_B. O critério para a adoção desse sistema teve um embasamento técnico a partir dos resultados dos testes comparativos entre os três sistemas existentes na época (ATSC, DVB-T e ISDB-T), realizados na cidade de São Paulo. A cidade de São Paulo possui diversas características físicas que requerem uma exigente avaliação do desempenho do sistema de transmissão. Entre as características estão a presença de diversos prédios altos, grande intensidade de tráfego de veículos, fábricas localizadas perto de residências, relevo irregular, entre outras adversidades que dificultam a recepção do sinal. O efeito dessas interferências sobre a imagem obtida através do sinal de TV analógica é a distorção da imagem e a presença de ruídos. No caso do sinal digital essas

interferências causam um efeito menor, na qual a imagem decodificada não apresenta distorções ou ruídos, pois os sinais digitais possuem corretores de erros que garantem a boa qualidade da recepção do sinal. Além disso, há a inserção de parâmetros de proteção que impedem a atuação de certas interferências. Porém, isso não significa que o sinal digital é totalmente imune às interferências, mas ele permite uma excelente qualidade de imagem ao receptor enquanto essas interferências estiverem abaixo do limiar de proteção do sistema.

Em meio à preocupação do grau de interferência desses fatores de degradação, este trabalho apresenta um procedimento que permite avaliar o desempenho do sinal digital ISDB-T_B em ambiente *indoor* na presença dessas interferências e adversidades. De acordo com os dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2007 o número de domicílios no Brasil que possuem televisores é de 94,5%, portanto o número de brasileiros que podem ter acesso ao sinal aberto de televisão em modo digital é grande. Devido à grande proporção de brasileiros com acesso a TV aberta é necessário garantir a recepção do sinal digital sem erros através de estudos do comportamento do sinal em campo e ajustar o sistema de transmissão e recepção para que funcione sem problemas diante das interferências.

O laboratório de TV digital da Universidade Presbiteriana Mackenzie já realizou diversos testes de campo para verificar as condições de recepção em diversos pontos da cidade de São Paulo. A partir desses testes foi possível verificar a área de cobertura do sinal digital de acordo com a posição da torre de transmissão de cada emissora. Os testes foram realizados com uma unidade móvel de medidas que realiza a captura do sinal transmitido com o uso de uma antena externa (ABERT/MACKENIZE/SET, 2000). Apesar da boa qualidade do sinal digital recebido com uma antena em ambiente externo, esse fato não garante a boa recepção com antena *indoor*. Isso porque a recepção utilizando uma antena *indoor* é o que apresenta o pior nível da intensidade de sinal na recepção, devido à atenuação do sinal provocada pela ausência de visibilidade entre as antenas de transmissão e recepção e resistência à propagação que formam as obstruções como as paredes e objetos.

A antena *indoor* é comumente utilizada devido a maneira simples e versátil na instalação, porém é mais susceptível às interferências devido a proximidade de obstruções e movimentações físicas de pessoas no ambiente, o que acarreta em um efeito denominado *efeito doppler*.

Para este trabalho foi elaborada um procedimento de teste de campo que avalia essas condições de recepção em ambiente *indoor*. Essa avaliação foi elaborada considerando a comparação de recepção com uma antena externa e interna.

O procedimento elaborado tem como referência, algumas metodologias de testes aplicadas em outros padrões de transmissão de TV digital, em funcionamento há mais tempo, e guias elaborados por instituições internacionais que agregam o conhecimento de diversos profissionais na área de telecomunicações. Com base nessas experiências foi feita a descrição do procedimento, utilizando as informações que são coletadas em campo e de que forma essas informações são úteis na avaliação do desempenho do sistema ISDB-T_B na recepção com antena *indoor*.

Após a elaboração do procedimento foi feito o teste de campo e a coleta dos dados.

As informações coletadas em campo foram analisadas em laboratório e a partir dessa análise foi possível fazer uma avaliação do procedimento desenvolvido e afirmar se os parâmetros considerados e o método elaborado são adequados para a avaliação do sistema ISDB-T_B.

2 SISTEMA BRASILEIRO DE TV DIGITAL ISDB-T_B

Após a adoção do sistema de transmissão de TV digital, pelo Decreto 5820 em junho de 2006, no Brasil, as transmissões oficiais tiveram início em dezembro de 2007 na cidade de São Paulo. O sistema ISDB-T_B é caracterizado por utilizar uma modulação denominada de *Band Segmented Transmission Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (BST-OFDM). Essa modulação permite trabalhar em multicamadas, com múltiplas portadoras e a emissora tem a liberdade de escolher o número de portadoras em cada camada a utilizar em sua transmissão, dentro de um padrão estabelecido, de acordo com as necessidades de serviço. Quanto maior for o número de subportadoras utilizadas para a transmissão, maior é a quantidade de informação que se pode acrescentar no sinal transmitido e conseqüentemente uma taxa de dados transmitidos maior. Porém, quanto maior o número de portadoras, menor é a robustez do sistema, ou seja, mais susceptível estará o sinal em relação às interferências. Isso porque o OFDM trabalha com as subportadoras ortogonais entre si e quanto maior o número de subportadoras, menor a distância entre elas e conseqüentemente a probabilidade de ocorrer uma interferência entre subportadoras é maior. O número de subportadoras é definido de acordo com o modo escolhido para a transmissão, parâmetro esse denominado modo 1, modo 2 e modo 3. A quantidade de portadoras e as regras de utilizações desses modos podem ser estabelecidas de acordo com a norma ABNT NBR 15601. Essa é a norma brasileira que rege as configurações obrigatórias para o sistema de transmissão digital. Na tabela 1 são apresentados alguns parâmetros do sistema ISDB-T_B referentes aos parâmetros de transmissão.

Tabela 1 – Parâmetros do sistema de transmissão do sistema ISDB-T_B

Fonte: ABNT NBR 15601 (2007, p. 6)

Parâmetros		Valores
1	Número de segmentos	13
2	Largura do segmento	6 000/14 = 428,57 kHz
3	Banda ocupada	5,575 MHz (modo 1) 5,573 MHz (modo 2) 5,572 MHz (modo 3)
4	Número de portadoras	1 405 (modo 1) 2 809 (modo 2) 5 617 (modo 3)
5	Método de modulação	DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
6	Duração dos símbolos ativos	252 μs (modo 1) 504 μs (modo 2) 1 008 μs (modo 3)
7	Espaçamento de portadoras	Bws/108 = 3,968 kHz (modo 1) Bws/216 = 1,984 kHz (modo 2) Bws/432 = 0,992 kHz (modo 3)
8	Duração do intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 da duração do símbolo ativos 63; 31,5; 15,75; 7,875 μs (modo 1) 126; 63; 31,5; 15,75 μs (modo 2) 252; 126; 63; 31,5 μs (modo 3)
9	Duração total dos símbolos	315; 283,5; 267,75; 259,875 μs (modo 1) 628; 565; 533,5; 517,75 μs (modo 2) 1 260; 1 134; 1 071; 1 039,5 μs (modo 3)
10	Duração do quadro de transmissão	204 símbolos OFDM
11	Codificação de canal	Código convolucional, taxa = 1/2 com 64 estados Puncionado para as taxas 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
12	Entrelaçamento interno	Entrelaçamento intra e intersegmentos (entrelaçamento em frequência) Entrelaçamento convolucional com profundidade de <i>interleaving</i> 0; 380; 760; 1.520 símbolos (modo 1) 0; 190; 380; 760 símbolos (modo 2), 0; 95; 190; 380 símbolos (modo 3)

O canal destinado para a transmissão do sinal digital ou analógico, possui 6 MHz de largura de banda. Os canais para TV digital foram atribuídos pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) em faixas de VHF (canal 7 até o canal 13) e UHF (canal 14 até o canal 69) e as frequências específicas de cada canal são encontradas nas tabelas 2 e 3 da norma ABNT NBR 15604.

O sistema ISDB-T_B trabalha com a segmentação da banda, ou seja, o canal de 6 MHz foi dividido em 14 segmentos e cada segmento possui uma largura de 428,57 MHz. Porém, para a transmissão são utilizados apenas 13 segmentos e o valor de 428,57 MHz do segmento que não foi utilizado foi dividido em dois e cada parte foi inserida no começo e no final da banda do canal. Na ilustração 2 é apresentada a leitura de um sinal digital no domínio da

freqüência a partir de um analisador de espectro com marcações da segmentação na banda de 6MHz.

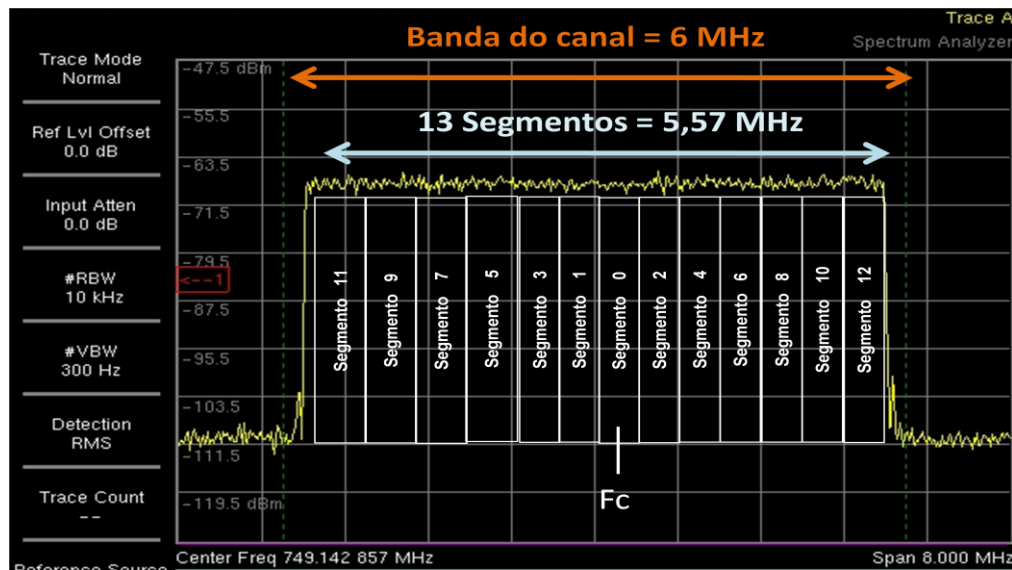


Ilustração 2: Segmentação da banda dentro do canal transmitido

Esse segmento inserido no começo e no final do canal serve para distanciar os canais adjacentes de modo a melhorar a relação de proteção entre eles. Ou seja, distancia-se em freqüência o sinal modulado entre dois canais adjacentes de modo a evitar que um interfira no outro.

Os segmentos são distribuídos em camadas hierárquicas denominadas de *layer A*, *layer B* e *layer C*. Em uma transmissão é possível utilizar um, dois ou os três *layers* ao mesmo tempo e dentro de cada *layer* é possível inserir qualquer quantidade de segmentos, desde que a soma total dos segmentos utilizados seja igual a 13. A única exceção na quantidade de segmentos utilizados dentro de um *layer* é na transmissão do sinal destinado a recepção portátil, denominado de *one-seg*. Para esse serviço é necessário utilizar o *layer A* e está localizado no segmento 0 localizado no centro da banda, de acordo com a norma ABNT NBR 15601. Na ilustração 3, é apresentada a ilustração 3-1 da *Association of Radio Industries and Businesses* (ARIB) STD-B31 versão 1.5 que apresenta a distribuição dos segmentos e as camadas hierárquicas (ARIB, 2005).

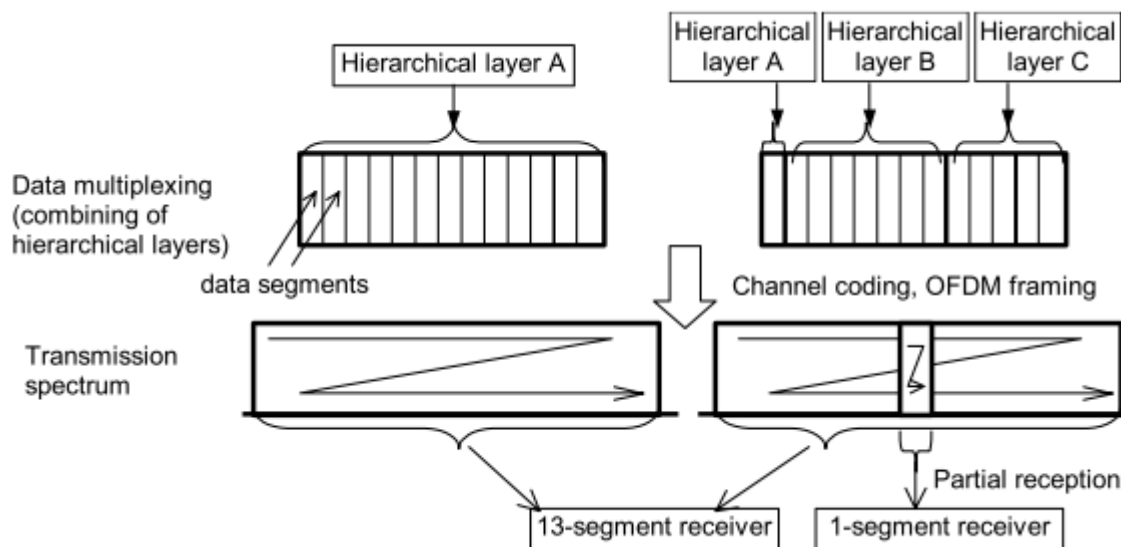


Ilustração 3: Ilustração da norma ARIB sobre as camadas hierárquicas (em inglês)

Fonte: ARIB STD-B31(2005, p. 10)

Quanto maior o número de segmentos utilizados em uma camada, maior é a taxa de informação (número de *bits*) que se pode transmitir na camada específica o que pode significar uma qualidade de imagem transmitida melhor se for inserir maior taxa de vídeo na transmissão. Com a opção da utilização de diferentes segmentos dentro de uma camada, as emissoras podem definir se o conteúdo a ser transmitido será de alta definição, definição padrão ou baixa definição. Apesar do sistema *one-seg* utilizar apenas uma camada e conseqüentemente baixa quantidade de *bits*, a qualidade da imagem na recepção não é prejudicada, pois, a recepção é destinada a aparelhos portáteis que possuem um visor menor, de pequena dimensão em polegada (mais ou menos de 3,5 pol.).

A inserção de maior quantidade de *bits* em uma camada e conseqüentemente uma maior qualidade na definição da imagem está diretamente ligada à modulação escolhida. Em cada camada hierárquica é possível definir um tipo de modulação na transmissão. Entre as modulações possíveis existe a *Quadrature Phase-Shift Keying* (QPSK), 16 *Quadrature Amplitude Modulation* (16 QAM) e 64 *Quadrature Amplitude Modulation* (64 QAM). Em cada modulação haverá uma quantidade de *bits* que será representada por um símbolo. O símbolo é a divisão dos *bits* do sinal em pontos do espaço amostral com as informações de amplitude e fase. O QPSK possui menor quantidade de *bits* que representam o símbolo que o 16 QAM que por sua vez possui um número menor de quantidade de *bits* que representam o símbolo do que o 64 QAM. Quanto maior for a quantidade de *bits* que representa um símbolo maior é a informação que se pode inserir, conseqüentemente uma imagem de melhor qualidade será decodificada. Porém, quanto maior for a quantidade de *bits* distribuída no

espaço amostral, maior é a probabilidade de ocorrer erro. Essa maior incidência de erro se dá pela proximidade do posicionamento dos *bits* em relação à fase e amplitude do outro bit que representa o mesmo símbolo. Caso o bit sofra algum desvio na amplitude e ou fase, ficará difícil de distinguir na recepção para qual símbolo a informação é representada, se houver *bits* próximos uns aos outros. O mapeamento desses *bits* distribuídos em fase (Q) e em amplitude (I) é denominado constelação. Na ilustração 4, é apresentada a constelação para os 3 tipos de modulação do sistema brasileiro de TV Digital extraídos da norma ABNT NBR 15601.

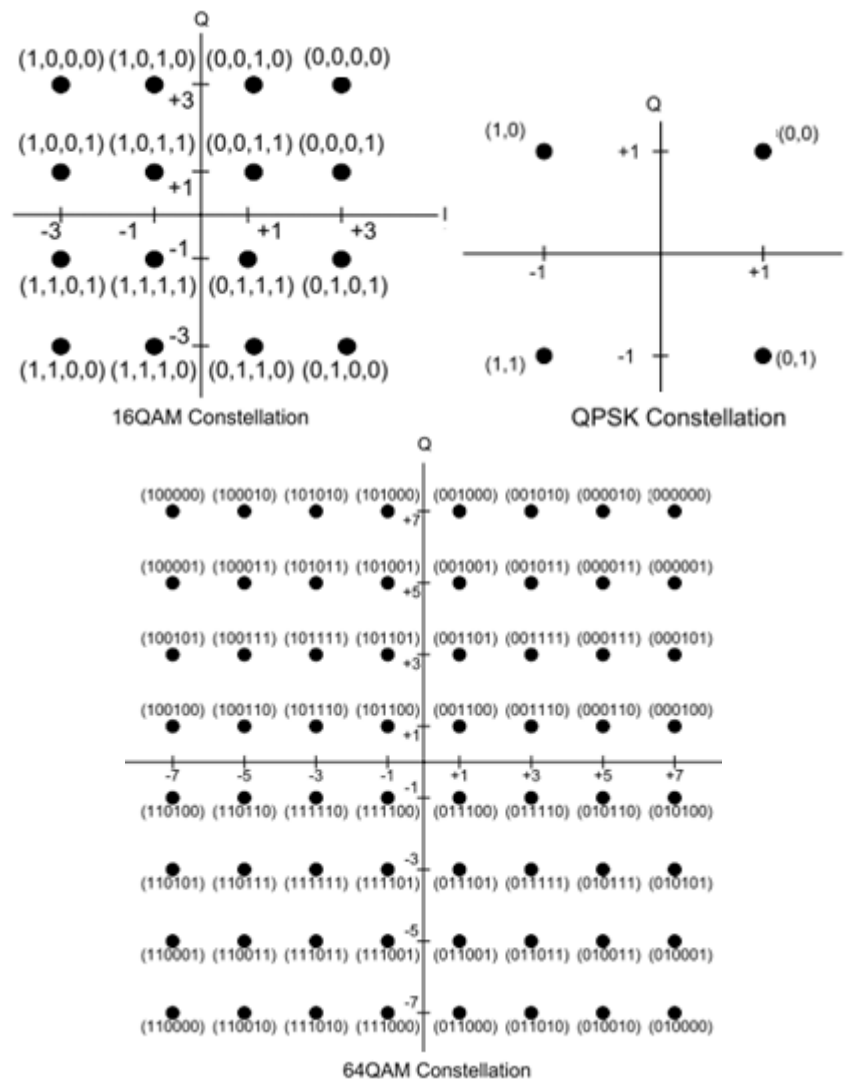


Ilustração 4: Constelações (em inglês)

Fonte: ABNT NBR 15601 (2007)

Portanto um sinal transmitido com a modulação QPSK é mais robusto que o sinal com a modulação 16 QAM e que por sua vez é mais robusto que a modulação 64 QAM. Então, uma definição maior na qualidade da imagem transmitida significa uma menor robustez na transmissão.

No sistema de transmissão digital ISDB-T_B há a inserção de parâmetros de proteção que contribuem para melhorar a robustez do sistema diante de interferências específicas. Esses parâmetros são importantes para garantir a qualidade do sinal recebido e são definidos pelas emissoras de acordo com a necessidade de seu serviço. Os parâmetros são: *time interleaving*, intervalo de guarda (IG) e *forward error correction* (FEC).

2.1 SISTEMAS DE PROTEÇÃO DO ISDB-T_B

O sistema de transmissão digital ISDB-T_B possui corretores de erros e mecanismos de proteção contra interferências e isso faz com que o sistema funcione diante de diversas adversidades. Algumas interferências que podem dificultar a recepção do sinal em ambiente *indoor* deverão ser levadas em consideração no ajuste desses parâmetros de proteção. Com isso, a partir da identificação das principais interferências será possível auxiliar na escolha dos melhores parâmetros de transmissão. A seguir são especificadas algumas interferências que foram levadas em consideração neste trabalho como os principais fatores de influência na recepção *indoor*. Esses tipos de interferências foram selecionados de acordo com a característica física que caracteriza um ambiente indoor e essa caracterização é apresentada no capítulo 3.1 dentro do tópico que mostra o passo a passo da construção dos procedimentos de testes.

2.1.1 Interferência causada por multipercurso

A interferência por multipercurso é causada pela reflexão do sinal em obstáculos provocando ecos, ou seja, o sinal principal propagado no espaço livre é refletido em diversos objetos e estruturas ao longo do caminho. Com isso, o sinal refletido chega ao receptor defasado de certo período de tempo do sinal principal. Esse atraso do sinal contendo a mesma informação poderia causar a interferência entre os símbolos se esse atraso for maior que o intervalo de guarda. Além da reflexão em objetos fixos, pode ocorrer a reflexão do sinal em objetos móveis e esse fenômeno é denominado efeito *doppler*. Esse efeito pode causar desvios na frequência do sinal. Na ilustração 5 é mostrada a forma como essas reflexões podem ocorrer.

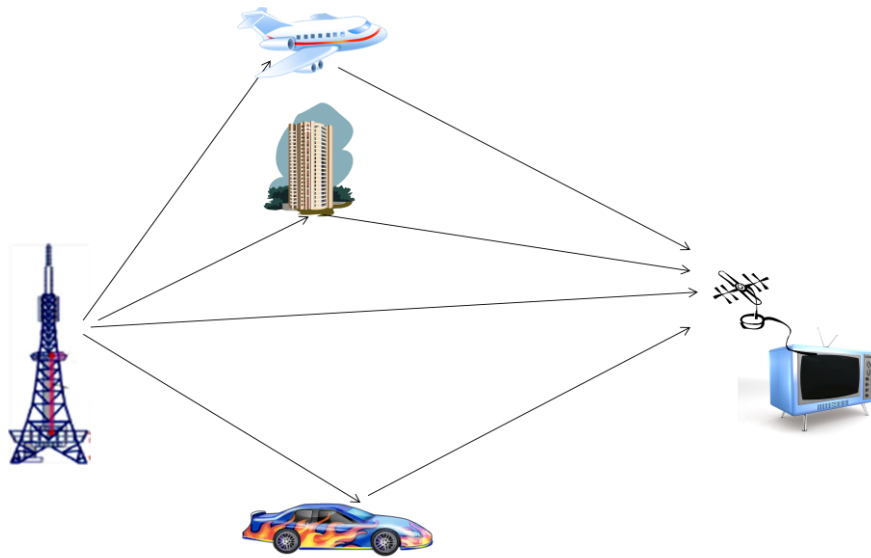


Ilustração 5: Reflexões sofridas pelo sinal desde a transmissão até a recepção.

Na ilustração 6 é apresentada a distorção provocada por multipercurso em uma imagem analógica. A ilustração 6(a) mostra a imagem sem multipercurso e a ilustração 6 (b) mostra a transmissão com a presença de multipercurso, o que resulta em uma imagem com “fantasmas”.

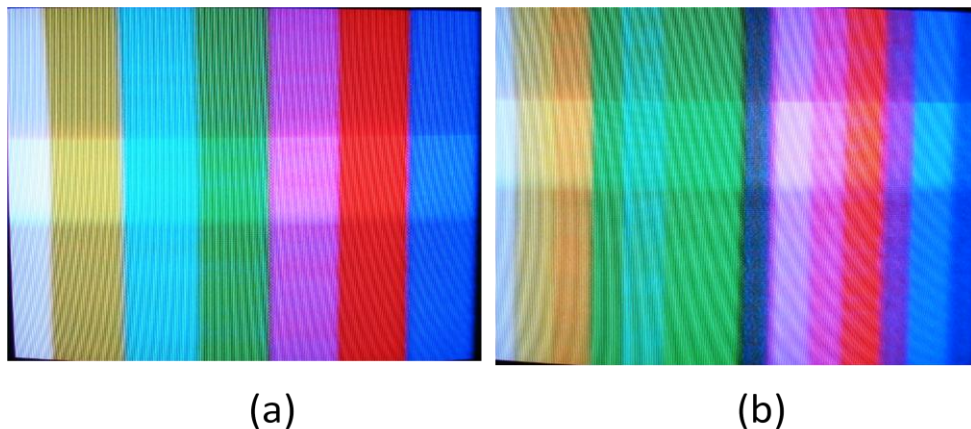


Ilustração 6: Interferência causada pelo multipercurso na imagem analógica. Imagem sem interferência em (a) e a imagem com a presença de “fantasmas” em (b)

A interferência na recepção vai depender do tempo de atraso e da intensidade do sinal de eco. O sistema ISDB-T possui um mecanismo de proteção para esse tipo de interferência, denominado intervalo de guarda. Esse intervalo de guarda é uma extensão cíclica do símbolo OFDM e essa extensão não possui nenhuma informação. Então o símbolo atrasado vai causar

interferência em cima dessa extensão e como não há informação útil, não irá gerar problema na imagem decodificada. O intervalo de guarda pode ser configurado de acordo com os seguintes parâmetros: 1/4, 1/8, 1/16 e 1/32 da duração do símbolo. Quanto menor for o valor do denominador mais robusta é a transmissão em relação ao multipercurso. Porém, menor é a taxa de informação útil que se pode inserir nos dados transmitidos. A maior robustez é definida pela maior tolerância do tempo de atraso do sinal refletido. A seguir é apresentada a tabela 2, que apresenta os valores da duração do intervalo de guarda extraídos da norma ABNT NBR 15601 na qual se apresentam os limites de tempo do sinal atraso que o sistema tolera de acordo com os parâmetros de modulação.

Tabela 2 – Parâmetros do intervalo de guarda

Modo	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Intervalo de guarda	63 μ s (1/4), 31,5 μ s (1/8), 15,75 μ s (1/16), 7,875 μ s (1/32)	126 μ s (1/4), 63 μ s (1/8), 31,5 μ s (1/16), 15,75 μ s (1/32)	252 μ s (1/4), 126 μ s (1/8), 63 μ s (1/16), 31,5 μ s (1/32)
Comprimento do quadro	64,26 ms (1/4), 57,834 ms (1/8), 54,621 ms (1/16), 53,0145 ms (1/32)	128,52 ms (1/4), 115,668 ms (1/8), 109,242 ms (1/16), 106,029 ms (1/32)	257,04 ms (1/4), 231,336 ms (1/8), 218,484 ms (1/16), 212,058 ms (1/32)

Fonte: ARIB STD-B31 (2005, p.9)

2.1.2 Interferência causada por ruídos

Existem dois tipos de ruídos: impulsivo e branco. O primeiro é gerado pelos equipamentos elétricos. Portanto, é um ruído facilmente encontrado em ambiente *indoor* e pode ser gerado por secador de cabelo, furadeira elétrica, batedeira e outros equipamentos domésticos. Ele apresenta uma interferência típica na imagem analógica e possui uma frequência e uma largura de janela definida. Esse efeito é mostrado na figura 7 na qual a ilustração (a) é a imagem sem ruído impulsivo e a faixa branca da ilustração (b) é o ruído impulsivo.

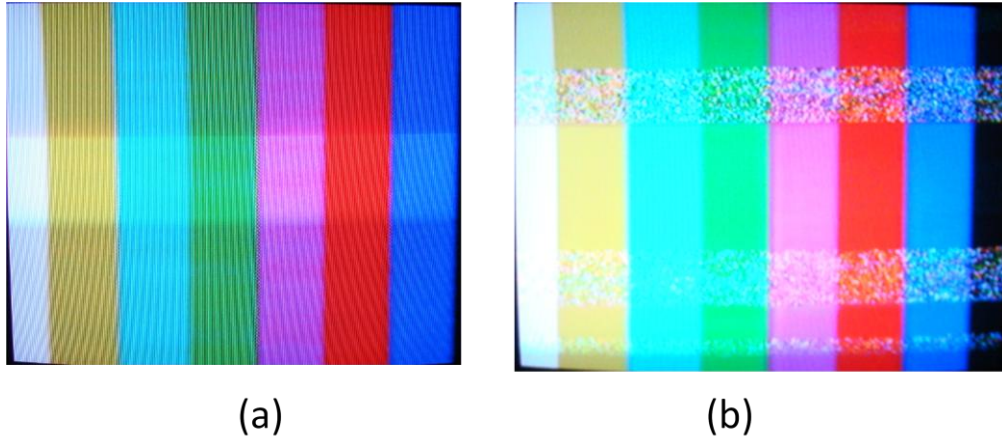


Ilustração 7: Efeito do ruído impulsivo sobre a imagem analógica. Imagem sem interferência em (a) e a imagem com a presença do ruído impulsivo em (b)

O ruído branco é a soma de todos os ruídos gerados por várias fontes, como o próprio circuito dos equipamentos, assim como de outras origens externas. Ou seja, ele possui atuação em todas as faixas de frequências. Ele apresenta uma degradação semelhante à apresentada na figura 8 de uma recepção da imagem analógica, onde a ilustração (a) é a imagem sem ruído e a ilustração (b) é a imagem degradada pela presença do ruído branco.

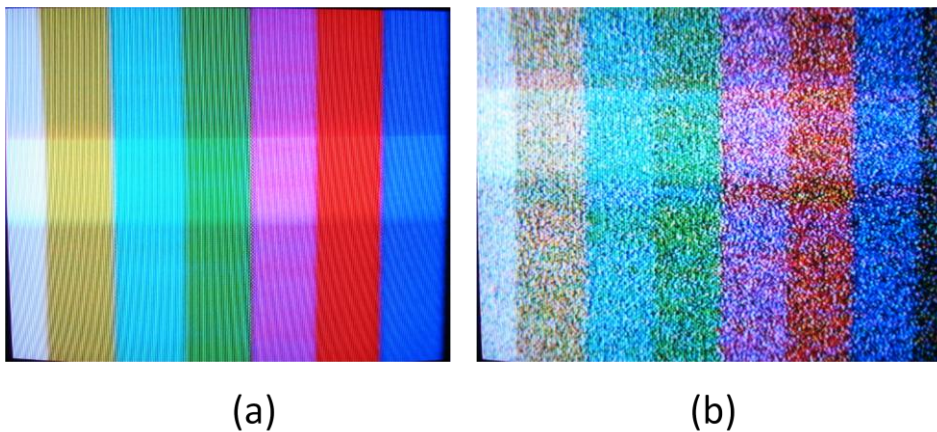


Ilustração 8: Efeito do ruído impulsivo sobre a imagem analógica. Imagem sem interferência em (a) e a imagem com a presença do ruído branco em (b)

Esses ruídos são comumente encontrados em ambiente *indoor*, por conseguinte é importante que a transmissão digital tenha corretores de erros para que essas interferências não prejudiquem a decodificação da imagem do sinal digital. O sistema responsável por essa correção é denominado entrelaçador externo.

2.1.3 Interferência causada por desvanecimento (*fading*)

O desvanecimento é causado por diversos fatores que interferem no sinal transmitido e causa uma grande variação na intensidade de campo recebido pela antena. Para amenizar esse efeito, o sistema digital ISDB-T_B possui um entrelaçador temporal (*time interleaving*) que faz a aleatorização de símbolos de dados após a modulação. Portanto, em cada camada hierárquica é possível definir a duração do entrelaçamento de tempo o que permite acrescentar uma configuração diferente para cada camada hierárquica de acordo com o serviço transmitido. O que vai definir a robustez do sistema será esse tempo de atraso causado pelo entrelaçamento. Quanto maior for o tempo utilizado, mais robusto será o sistema. Na tabela 3 são apresentados os valores dos comprimentos do *time interleaving* e ajustes de atrasos definidos na norma ABNT NBR 15601.

Tabela 3- Configuração do *time interleaving*

Modo 1			Modo 2			Modo 3		
Comprimento (l)	Número de símbolos de ajuste do atraso	Número de quadros atrasados na transmissão e recepção	Comprimento (l)	Número de símbolos de ajuste do atraso	Número de quadros atrasados na transmissão e recepção	Comprimento (l)	Número de símbolos de ajuste do atraso	Número de quadros atrasados na transmissão e recepção
0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	28	2	2	14	1	1	109	1
8	56	4	4	28	2	2	14	1
16	112	8	8	56	4	4	28	2

Fonte: ABNT NBR 15601 (2007, p.29)

2.1.4 *Forward error correction*

O sistema ainda conta com outros sistemas de correção de erros que melhoram o desempenho perante uma interferência dos ruídos citados como um todo. Esse é o caso do codificador interno que é um *forward error correction* (FEC).

O codificador interno apresenta os seguintes códigos convolucionais: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 e 7/8. Quanto maior for o valor da fração, menor a robustez do sinal transmitido. Isso porque,

no caso do $FEC = 1/2$, significa que a cada bit de informação transmitido é inserido um bit de correção e para o caso do $FEC = 2/3$ significa que a cada dois *bits* de informação transmitidos é inserido um *bit* de correção. Porém, se pode observar que ao final do total de *bits* transmitidos haverá muitos *bits* de correção e restando poucos *bits* de informação já que a taxa total de *bits* a ser transmitida é fixa. Dessa maneira, quanto maior for a robustez do sistema menor a quantidade de dados possíveis de serem inseridos na transmissão. Esse corretor pode ser definido individualmente para cada camada hierárquica podendo dessa maneira atribuir uma maior robustez no serviço destinado à recepção móvel já que este necessita de pouca taxa de informação útil como explicado no início do trabalho.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROCEDIMENTO DE TESTE

Para desenvolver os procedimentos de teste para avaliação da recepção do sinal digital em ambiente com antena *indoor* é necessário consultar alguns procedimentos de testes aplicados na avaliação de outros sistemas de transmissão de TV digital em operação há mais tempo que o sistema brasileiro. Um exemplo disso é o sistema europeu *Digital Video Broadcasting – Terrestrial* (DVB-T) (ETSI, 2004). Apesar da implantação do sistema ter mais tempo, os procedimentos de testes, especificamente em ambiente *indoor*, é pouco desenvolvido e sem um guia capaz de detalhar todas as etapas do procedimento. Portanto é necessário expandir a consulta em outras áreas além da transmissão de TV digital.

Alguns artigos relacionados aos testes *indoor* já foram publicados e serviram de referência para a criação do procedimento de teste desenvolvido para avaliar a recepção *indoor* do Sistema Brasileiro de TV Digital. O estudo da recepção de sinais em ambiente *indoor* não é exclusivo para sinais de televisão como mostra os testes feitos em transmissões de rádio digital e comunicação *wireless*. (Schiphorst et al., 2008; Yarkoni ET AL., 2006; Martínez et al., 2009; Corre et al., 2005). Em alguns testes foi feita uma avaliação da atenuação do sinal de acordo com a faixa de frequência em diferentes lugares dentro de um ambiente *indoor* (Schiphorst et al., 2008). Em outro teste, foi feita uma predição da atenuação dos sinais transmitidos em ambiente *indoor* (Yarkoni ET AL., 2006).

Com base nessas informações, o desenvolvimento deste trabalho foi dividido em algumas etapas sendo que na primeira etapa foi feita a identificação das principais interferências em um ambiente *indoor*. Os testes de campo devem ser feitos de forma específica, com cada tipo de interferência já identificada, para que a caracterização da interferência seja objetiva. Além disso, é importante identificar os tipos de interferências para a construção do procedimento, incluindo as medidas que devem ser obtidas em campo para a análise da interferência em observação.

A segunda etapa foi a formulação do procedimento para a obtenção dos valores mensuráveis que indicam a influência dessas interferências. Nessa etapa, foi incluída a aquisição dos equipamentos que permitem essa avaliação e as antenas utilizadas para a captação dos sinais digitais transmitidos.

Na terceira etapa foi determinada a forma de planejamento para a escolha dos pontos de teste de campo para a análise da recepção *indoor*.

Na quarta etapa foi elaborado o procedimento de teste indicando a forma correta no manuseio dos instrumentos, no posicionamento das antenas, a forma de medida e entre outros, para a captação e avaliação do sinal digital.

Com todas essas etapas concluídas foi possível dar início aos testes de campo.

3.1- IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS INTERFERÊNCIAS EM AMBIENTE *INDOOR*

A primeira parte do desenvolvimento consiste em verificar quais são as principais interferências que tem maior influência na degradação do sinal digital em ambiente *indoor*. A seleção do tipo de interferência deve-se aos testes já realizados em outros sistemas que identificaram alguns casos específicos de interferências mais agressivas às degradações e de suposições devido às características físicas do ambiente. Essas suposições e identificações devem ser confirmadas como agentes de degradação da qualidade do sinal digital do sistema de transmissão ISDB-T_B, através dos resultados obtidos após os testes de campo. Em conjunto com essa identificação foi feita no laboratório de TV digital uma avaliação do receptor, utilizado nos testes de campo, de acordo com cada tipo de interferência específica. Com isso foi possível estabelecer o valor de limiar, perante cada interferência específica, de operação do receptor e permitir identificar o motivo da falha nos testes realizados em campo.

3.1.1 Multipercursos

Um dos agentes de degradação do sinal na recepção *indoor* é a interferência devido ao multipercurso. Esse fato pode ser explicado pela presença de objetos refletores de sinal tanto na proximidade da antena receptora ou no próprio percurso de propagação desde a antena transmissora até a antena receptora. A presença de ecos do sinal em ambiente *indoor* é um fator relevante por causa do espaço limitado do ponto em que a antena está instalada e devido à proximidade de objetos ao redor da antena de recepção. Com isso é possível que existam sinais com atrasos fora do intervalo de guarda que impossibilitem a decodificação da imagem. Nos testes de campo é possível que em algumas residências o erro provocado na imagem decodificada tenha sido causado pela interferência do multipercurso. Para verificar essa intervenção foi feita uma análise prévia dos parâmetros de transmissão dos sinais em teste e da característica de recepção do receptor utilizado. Com a informação dos parâmetros de transmissão é possível identificar o valor teórico (em μs) que o receptor tolera à presença do sinal de eco. Em uma análise dos sinais transmitidos verificou-se que a maioria das emissoras

transmitem o sinal com o intervalo de guarda de 1/16 e no modo 3, então o valor máximo de atraso do sinal que o sistema tolera, de acordo com a tabela 2, é de $63\mu\text{s}$. Porém, esse valor é válido para um receptor que esteja em conformidade com a norma estabelecida. Para isso foi feito o teste de desempenho relativo ao eco no receptor a ser utilizado em campo para a avaliação deste parâmetro. O gráfico 1 apresenta o resultado de desempenho obtido através dessa avaliação.

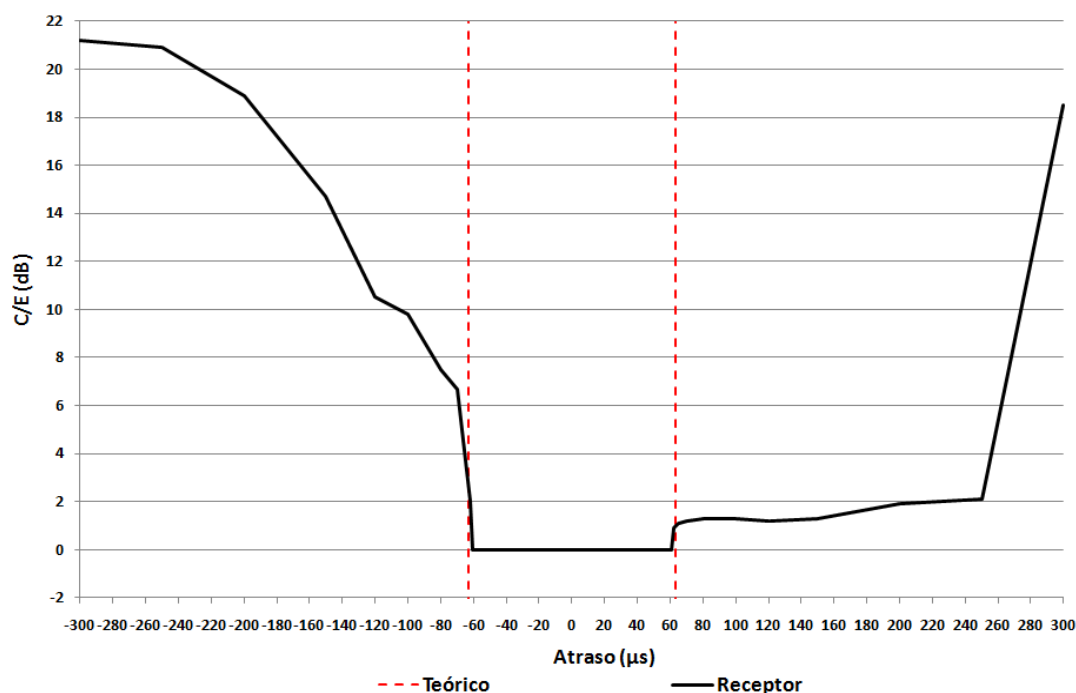


Gráfico 1: Resultado do teste com multipercurso

O valor apresentado no gráfico 1 mostra a eficiência do sistema diante de um eco com um certo valor de atraso em relação ao sinal principal. O valor de C/E (dB) é dado pela relação entre a intensidade do sinal principal com a intensidade do sinal de eco. Os valores foram traçados de acordo com o limiar de recepção, ou seja, o valor do sinal principal que chega na entrada de RF do receptor e em conjunto o sinal de eco, atrasado em um valor de μs e com uma certa intensidade de campo. O valor da intensidade do eco é alterado até que este provoque problemas na recepção da imagem decodificada. Para estabelecer esse limiar foi utilizado o critério *Quase Error Free* (QEF) determinado pelo método *Quality Measurement Procedure 2* (QMP2). Esse método consiste na avaliação subjetiva da imagem durante um intervalo de 60 segundos. Caso ocorra algum erro de decodificação na imagem durante esse intervalo, a recepção é considerada falha. Esse método é comumente utilizado na análise do

desempenho dos receptores de TV digital para o padrão DVB. Esse método empregado é detalhado no item 3.2.1.(NORDIG, 2008).

Então de acordo com esse resultado obtido, é possível decodificar o sinal digital sem erro, mesmo que o sinal de eco esteja fora do intervalo de guarda, porém para que isso aconteça a relação *Carrier to Error* (C/E) deverá ser maior ou igual aos valores de limiares encontrados e apresentados no gráfico 1.

Caso o problema na recepção seja causado pelo sinal de eco, os valores do intervalo de guarda da transmissão deverão ser ajustados para que esse problema seja corrigido.

3.1.2 Baixa intensidade do sinal

A baixa intensidade de sinal na recepção com antena *indoor* é decorrente das barreiras físicas que o sinal encontra no canal de propagação desde a antena transmissora até a antena receptora. O valor da atenuação pode variar dependendo do tipo de material empregado na construção dessa barreira física e da quantidade de barreiras que o sinal encontrar durante a propagação. Para este trabalho foi feita a medição do sinal, com a antena *indoor*, em ambiente interno e externo da residência. Isso para verificar o valor médio da atenuação causado pelas barreiras físicas encontradas pelo sinal. Essa atenuação vai depender do tipo de material utilizado na construção de paredes e pode variar de acordo com o país. Testes realizados com o sistema *Terrestrial Digital Audio Broadcasting* (T-DAB), que é um sistema de transmissão de rádio digital, convertido para transmissão de vídeo com a denominação de T-DMB-mostrou que a atenuação em ambiente *indoor* foi de 14 dB em testes realizados na Inglaterra, de 15 a 20 dB em testes realizados no Canadá e 10 dB em testes realizados na Alemanha (SCHIPHORST, 2008). Em testes com a transmissão de TV digital, o sistema DVB-H apresentou um valor em torno de 7 dB, levando em consideração a faixa de frequência (UHF) e o tipo de material utilizado na construção das paredes (ETSI,2004).

Para detectar a atenuação média sofrida pelo sinal em ambiente interno em relação ao sinal medido em ambiente externo no caso do SBTVD, foi feita em campo a medição da intensidade do sinal, utilizando a antena interna, nos dois ambientes com o mesmo método de medição. Esse procedimento possibilita o cálculo da atenuação provocada pelas barreiras físicas que separam o ambiente interno e externo. Com o valor dessa atenuação média é possível, a partir de um valor da intensidade de campo medido do lado externo da residência, avaliar se haverá ou não recepção dentro da residência com o uso de uma antena *indoor* sem a

necessidade de entrar na residência. Resumindo, deve-se verificar o mínimo nível de intensidade de sinal que garante a boa recepção do sinal digital, com uma antena *indoor*, em ambiente interno de uma residência.

3.1.3 Mínimo nível de sinal na recepção

Em todas as avaliações é necessário verificar o desempenho do receptor para garantir que o mesmo esteja de acordo com a norma estabelecida, e por isso, o mesmo teste de desempenho feito para a interferência por multipercurso foi feito para esse caso. Essa avaliação é chamada de teste de sensibilidade. Nesse teste é analisado o mínimo nível de sinal necessário na entrada de RF do receptor para que a imagem possa ser decodificada sem erros. Com isso, pode-se verificar se a intensidade de sinal no ambiente é o suficiente para que a imagem seja decodificada sem erros. A norma ABNT NBR 15604 especifica um valor recomendado de -77 dBm para os seguintes parâmetros de transmissão: modo 3, 64 QAM, IG = $1/8$, FEC = $3/4$ e 13 segmentos, portanto utiliza apenas uma camada para transmissão. Porém, os sinais transmitidos pelas emissoras apresentam em sua maioria uma configuração do tipo: modo 3, 64QAM, IG = $1/16$, FEC = $3/4$ e 12 segmentos no *layer* B. O teste considerou apenas o Layer B, que é a transmissão para a recepção fixa em alta definição e que também foi o objetivo de análise deste trabalho. O receptor apresentou, de acordo com esses últimos parâmetros de modulação, o seguinte desempenho apresentado no gráfico 2.

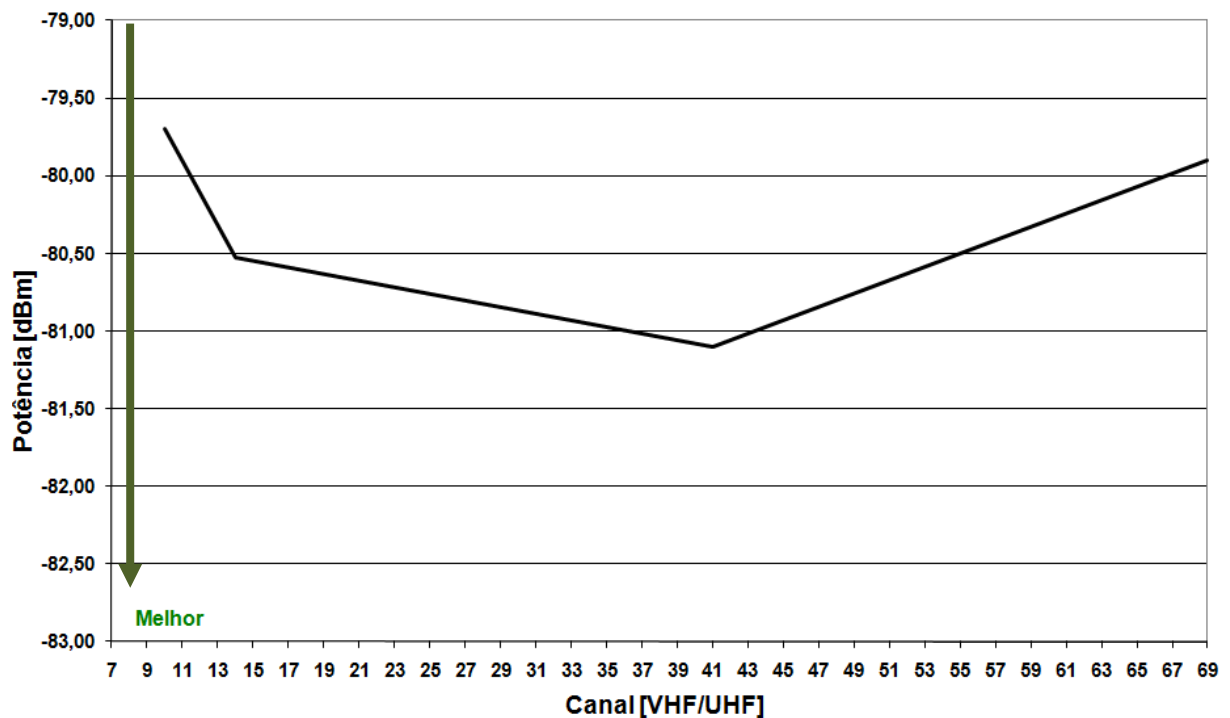


Gráfico 2: Resultado do teste de mínimo nível

A partir desse resultado é possível observar a variação da sensibilidade do receptor em diversas faixas de frequência. A metodologia utilizada para determinar o limiar de recepção foi o QMP2. Esse valor de mínimo nível encontrado é um valor que não pode ser considerado em campo. Isso porque o sinal sofre diversas interferências provocadas pelo canal de propagação fazendo com que o sinal esteja sempre com certa degradação. O sinal digital gerado dentro do laboratório é um sinal livre de interferências, com uma qualidade superior a encontrada em campo. Consequentemente, o receptor irá apresentar um desempenho melhor. Mesmo assim esse teste é importante para verificar se o receptor está de acordo com os valores estabelecidos pela norma ABNT NBR 15604.

Como o objetivo do trabalho é também encontrar soluções para o problema encontrado em campo, foi elaborada uma alternativa para aumentar o ganho do sinal recebido. Para isso, a proposta foi variar o tipo da antena *indoor* ou então receber o sinal com uma antena externa. Como a antena externa, na maioria das vezes, fica instalada na parte superior da residência e sem barreiras físicas para a recepção do sinal, o ganho é bem maior. A perda fica por conta do cabeamento utilizado para conectar a antena à entrada de RF do receptor. Porém, essa diferença de altura e de barreiras existentes no meio de propagação entre a antena transmissora e receptora representa um valor de 10 dB a mais no ganho do sinal para a recepção com a utilização da antena externa (ITU, 1995).

Para verificar o quanto esse fato é significativo na recepção foi feito o teste de campo utilizando a unidade móvel do laboratório de TV digital. Esse teste serve para verificar se a recepção com antena externa (log-periódica) pode ser uma solução em caso de não haver nível suficiente na recepção com antena interna para a decodificação da imagem no receptor. A ilustração 9 mostra a viatura utilizada nos testes de campo do laboratório de TV digital da Universidade Presbiteriana Mackenzie.



Ilustração 9: Unidade móvel utilizada nos testes de campo.

3.1.4 Ruído gaussiano

A identificação do valor *Carrier to Noise* (C/N) é um importante parâmetro para avaliar o desempenho de um sistema de recepção da TV digital, pois ele pode dizer se no local poderá haver a decodificação do sinal ou não. Para isso, foram feitos os testes de desempenho dos receptores em relação robustez ao ruído para identificar a relação C/N. O gráfico 3 apresenta o resultado dessa avaliação.

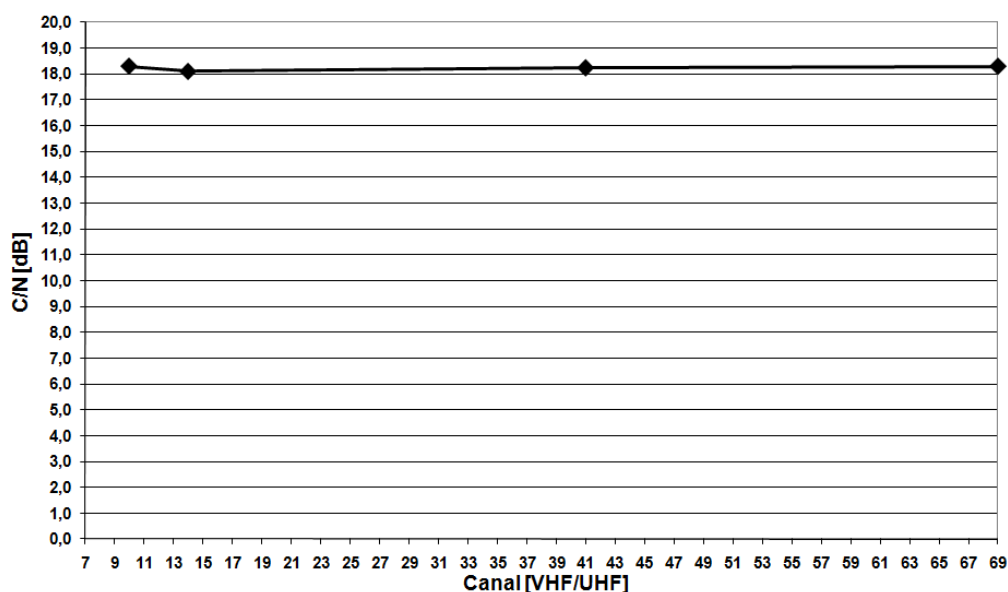


Gráfico 3: Resultado do teste de C/N

A relação C/N é estabelecida de acordo com os diversos níveis de potência do sinal digital. Nos testes, na entrada do sinal de RF do receptor, ao sinal digital é somado o ruído. Por meio de um atenuador, as intensidades de ambos são atenuadas até a condição de limiar de recepção. A metodologia utilizada foi o QMP2. Outros métodos de análise da degradação do sinal digital provocado por ruído são: a análise da constelação e a taxa de erro da modulação (MER). Nos pontos onde a presença do ruído é muito forte deverão ser testados outros parâmetros de correção que o sistema dispõe para que o problema seja solucionado.

3.2- PROCEDIMENTO PARA MEDIDAS DE CAMPO

Para a aquisição dos valores dos parâmetros do sinal transmitido foi utilizado um analisador de espectro que mede os níveis de interferências levados em consideração. Para isso, foi utilizado um analisador de espectro da marca *Anritsu*, modelo MS2721B. Esse analisador permite medir o nível de interferência e gravar a imagem mostrada na tela do

analisador de espectro. Com isso nenhuma informação é perdida no trabalho de análise dos resultados. Além disso, a captura das imagens torna o trabalho em campo mais ágil do que ficar registrando em um documento as informações obtidas.

A impedância de entrada de RF do analisador de espectro é de 50Ω , porém, é possível mudar a configuração do analisador para 75Ω , ficando igual à impedância do cabo e da antena utilizada. O analisador faz automaticamente a correção dos valores apresentados de acordo com a opção de impedância selecionada. É importante que o sistema esteja com a mesma impedância desde a antena até a entrada de RF do equipamento para evitar ondas refletidas. Além disso, é importante não utilizar um casador de impedância, pois a atenuação provocada por esses adaptadores é da ordem de 4 dB, como acontece no modelo da *Ruber&Suhner* modelo 6001.01.B.

Para capturar o sinal de RF foram selecionados três tipos de antenas. A escolha por três tipos de antenas diferentes foi determinada para verificar a melhor forma de captação do sinal digital. Além disso, é necessário fazer a análise com diversos tipos de antenas para que o sistema não seja considerado pouco eficaz tendo como referência apenas uma antena de baixa qualidade. Identificar e determinar o tipo de antena de recepção é também uma maneira de aumentar a eficiência da recepção do sinal digital em ambiente *indoor*. As antenas utilizadas no experimento são do tipo: log-periódica (a), monopolo (b) e dipolo (c) como mostradas na ilustração 10.

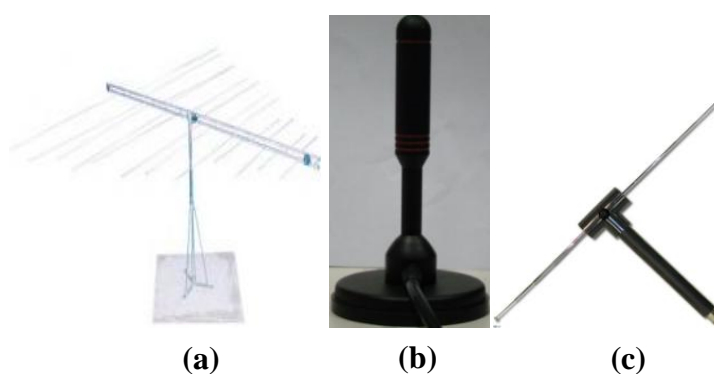


Ilustração 10: Os três tipos de antenas utilizadas em campo. (a) Log-periódica, (b) Monopolo e (c) Dipolo.

As antenas do tipo monopolo e log-periódica são comumente encontradas no mercado. A antena dipolo utilizada é uma antena profissional da marca *Anritsu*, modelo MP651A, e é possível ajustar o comprimento das suas hastes de acordo com a faixa de frequência do sinal.

Os valores obtidos utilizando a antena dipolo serviram de referência para a avaliação do método aplicado por ser uma antena de especificações conhecidas. Além disso, é provável que apresente melhores resultados em relação aos demais tipos de antenas. Em relação ao

apontamento das antenas a log-periódica é diretiva, portanto é necessário apontar a antena para a direção de maior intensidade de sinal. A antena monopolo é omnidirecional e não há necessidade de fazer o apontamento. Para a antena dipolo há dois lóbulos bem definidos o que torna desnecessário um apontamento mais preciso para a captação do sinal de maior intensidade.

O posicionamento da antena no ambiente *indoor* em avaliação é um fator importante para as medidas realizadas. De fato dependendo da posição em que a antena é instalada, dentro do ambiente, a intensidade do sinal digital é diferente. Em testes de recepção do sinal em ambiente *indoor*, a antena é comumente instalada no centro do ambiente a uma altura de 1,5 m em relação ao piso. Essa posição é definida no procedimento de teste para o padrão DVB-T, e como método comparativo é conveniente que os mesmos procedimentos sejam adotados para o sistema ISDB-T_B a fim de manter a mesma referência. Foi escolhida essa localização para a instalação da antena por causa de uma distância maior das paredes em relação à antena de captura e conseqüentemente uma menor variação na intensidade e degradação do sinal recebido (ETSI,2004). Há estudos que comprovam a variação da intensidade do sinal de acordo com a faixa de freqüência e a altura da torre de transmissão, portanto é importante que a posição para a captura de dados seja mantida (ITU,1995). A ilustração 11 mostra a montagem do sistema de captura em conjunto com o analisador de espectro e o receptor. É importante que durante as medições não aconteça a movimentação de pessoas no ambiente para não provocar perturbações na onda eletromagnética que está se propagando e interferir no sinal recebido (MARTÍNEZ, 2009).

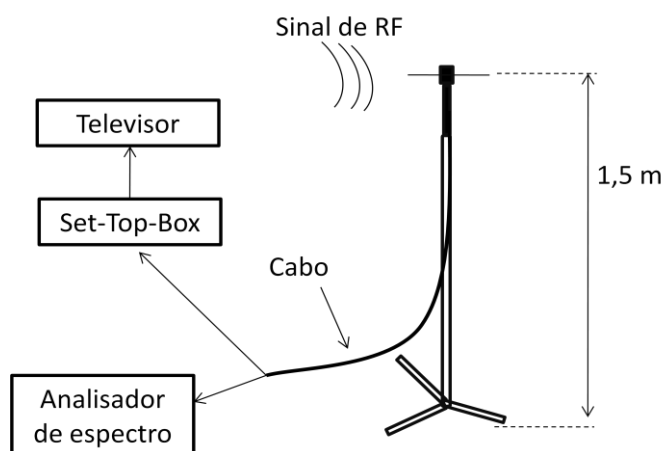


Ilustração 11: Montagem para a captura do sinal digital.

Após a instalação da estrutura de captura dos dados é preciso verificar os dados que serão coletados. Um dos dados que será coletado é a informação sobre o estado da recepção

de acordo com o canal transmitido. Para isso foi feita uma análise da imagem decodificada de cada canal digital transmitido utilizando o receptor. Com isso é possível associar as informações sobre a intensidade de campo, multipercuso e ruídos com a condição de recepção. Para dizer se o sinal foi decodificado corretamente ou não, foi utilizado um procedimento descrito no tópico 3.2.1 deste trabalho. É importante analisar a imagem decodificada, pois, para o usuário comum o que interessa é verificar se a imagem é decodificada ou não e este trabalho busca desenvolver um procedimento que sirva de apoio às emissoras para verificarem as adversidades na recepção *indoor*. Então se em um determinado ponto ocorreu o erro na imagem decodificada, os dados com as informações do sinal digital recebido foram avaliados para se identificar a causa do erro na recepção. Cada erro foi julgado de acordo com o tipo de interferência levado em consideração no desenvolvimento do procedimento.

A identificação do sinal de multipercuso foi feita com a medição do *delay profile*, que mostra o espectro da intensidade do sinal em diversos instantes de tempo. Esse perfil é traçado com a utilização do analisador de espectro. Na ilustração 12 é mostrada a imagem gerada pelo analisador *Anritsu* modelo MS2712B.

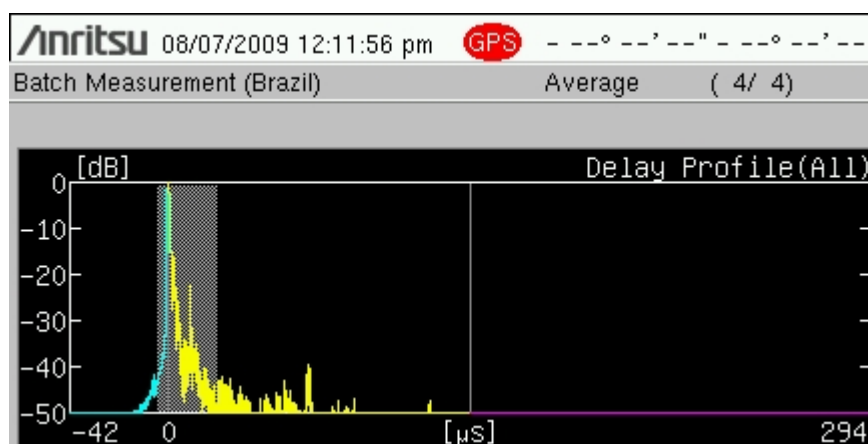


Ilustração 12: Imagem do *Delay Profile* para análise do multipercuso. (em inglês)

Na imagem gerada pelo analisador de espectro na opção de *delay profile* é possível verificar se há a presença do sinal de multipercuso (em μs) e o nível da intensidade do sinal de eco. Esses dados foram avaliados em conjunto com os valores obtidos nos testes de desempenho realizados com o receptor, apresentados no item 3.1.1 para verificar se foi o motivo do erro gerado na imagem decodificada. Por exemplo, na análise da ilustração 12 nota-se que o eco mais forte em relação ao sinal principal está 20 dB abaixo do sinal principal e dentro da faixa do intervalo de guarda. Dessa maneira, não é o responsável pelo problema

da demodulação do sinal conforme o levantamento mostrado no gráfico 2 do item 3.1.1 deste trabalho.

A intensidade de campo é coletada através do analisador de espectro. Há duas opções para a leitura da intensidade. Uma das opções é mostrar em conjunto com o espectro do sinal e o outro é mostrar a intensidade de forma mais detalhada de acordo com o segmento e em outras unidades de medida. Para ambos os casos é feita uma correção no valor apresentado de acordo com o tipo de antena utilizada (modelo) e o valor da impedância do mesmo. Para os testes foram coletadas as duas informações, porém os valores utilizados serão os valores adquiridos do método mais detalhado, pois este efetua uma média aritmética de 50 amostras de valores por medida. Os dois resultados podem apresentar valores diferentes por causa da diferença no instante de medição e o número de amostras coletadas. Na ilustração 13 é apresentada uma imagem da tela do instrumento que mostra o valor da intensidade do sinal.

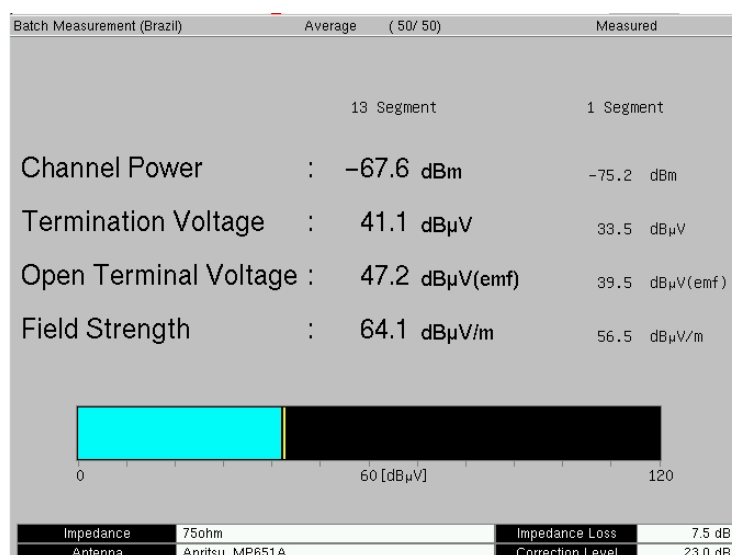


Ilustração 13: Intensidade de campo registrado pelo analisador de espectro. (em inglês)

Para a análise da interferência do ruído na recepção, foi analisada a constelação, o espectro do sinal dentro da banda e o *Modulation Error Ratio* (MER). A análise da relação C/N é possível pela leitura da intensidade de campo e do ruído na faixa de frequência ocupada pelo canal. Porém, não é possível realizar essa medida, devido à presença do sinal digital. Para isso precisar-se-ia desligar o transmissor e deixar a faixa de frequência somente com o ruído, porém essa alternativa é inviável. Então a solução encontrada foi analisar a degradação da constelação e anotar o valor do MER. É possível observar o valor de C/N através da imagem do espectro. Porém, é uma medida que não apresenta uma precisão muito boa. Na

ilustração 14 é mostrada a constelação e o valor do MER medido com o analisador de espectro.

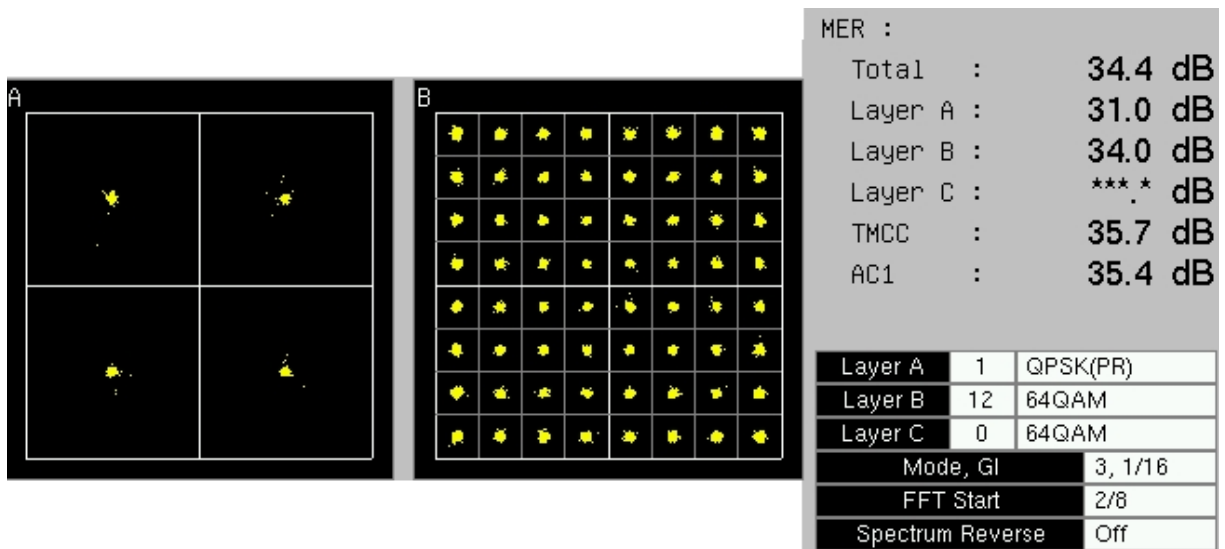


Ilustração 14: Constelação registrada pelo analisador de espectro. (em inglês)

O valor do MER é uma medida que tem por origem o fato que os pontos que definem os estados da modulação dentro de uma modulação de múltiplos estados (QPSK, 16QAM, 64QAM) em uma transmissão ideal (sem nenhum tipo de interferência) são pontos fixos e bem definidos. Em uma transmissão real o sinal digital sofre diversas interferências que provocam um desvio dos pontos da constelação em relação ao ideal provocando uma imagem da constelação com pontos borrados. Quanto maior for o valor do MER melhor é a qualidade do sinal. Com isso é possível analisar a qualidade da recepção do sinal em um ambiente *indoor*.

Na ilustração 15 é apresentada a imagem do espectro do sinal no domínio do tempo. Em vermelho está a marcação da leitura do valor de C/N, sem a precisão desejada.



Ilustração 15: Espectro do sinal no domínio do tempo.

Com isso, pode-se analisar se em ambiente *indoor* o ruído é maior ou não do que em ambiente externo e verificar se é um fator relevante que dificulta a recepção do sinal em ambiente *indoor*.

3.2.1 Método para definição do estado da recepção

Diferentemente da imagem analógica na qual é possível atribuir notas de acordo com a qualidade da imagem deteriorada pelo nível de interferência na imagem (ITU,2002), a imagem digital é caracterizada pela decodificação ou não do sinal. Ou seja, ou há imagem decodificada ou não existe. Porém, dentro de um intervalo de tempo a imagem pode conter uma quantidade de erros na decodificação e é necessário qualificar essa situação. É importante salientar que foi avaliada somente a recepção fixa em alta definição.

Para verificar se o sinal digital foi decodificado ou não, foi utilizado um receptor de TV digital em conjunto com o televisor da residência em teste, para diagnosticar o estado da recepção. O método empregado nessa situação, para dizer se houve ou não a decodificação da imagem com perfeição foi o mesmo critério QEF utilizado na avaliação do receptor. Porém, por estar em um ambiente privado foi necessário realizar os testes de maneira mais rápida, utilizando a metodologia *Quality Measurement Procedure 1* (QMP1) na qual o intervalo de tempo utilizado para a avaliação da imagem é de 15 segundos (NORDIG,2008).

Estes métodos consistem na observação de erros de decodificação (artefatos) na tela do televisor durante um determinado intervalo de tempo. Para esse critério existem dois tipos de métodos denominados: método 1 e método 2. A diferença entre os dois métodos é o intervalo de tempo da avaliação da imagem. No método 1, o tempo de avaliação é de 15 segundos e no método 2 o tempo de avaliação é de 60 segundos. Então, se aparecer qualquer erro na decodificação da imagem durante esses intervalos, a recepção é considerada falha. Esta avaliação subjetiva equivale a uma taxa de erro de aproximadamente 2×10^{-4} depois do decodificador Viterbi.

3.2.2 Cabos, conectores e adaptadores

Para os testes é de extrema importância utilizar cabos, conectores e adaptadores de alto desempenho para que o sistema de captura montado tenha a menor atenuação possível, e dessa maneira, garantir que o sinal que chega ao ambiente seja praticamente de mesma intensidade do sinal que chega ao analisador de espectro e receptor.

As antenas e a entrada de RF do receptor possuem 75Ω de impedância. Por esse motivo foi utilizado um cabo de RF de 75Ω também, evitando desse modo o uso de um casador de impedância. O *setup* para a análise foi testado com um equipamento denominado *network analyzer*, da marca *Agilent* e modelo E5062A. Esse equipamento calcula a atenuação dos cabos e conectores ao longo da faixa de frequência. O conjunto cabo e conector utilizado nos procedimentos para análise do sinal apresentou uma atenuação média de 0,4 dB sendo maior, na faixa de 0,7 dB para frequências acima de 1 GHz. Pela canalização brasileira, disponível na tabela 2 e 3 da norma ABNT NBR 15604, essa faixa de maior perda não é utilizada para os canais de televisão.

Para este trabalho a maioria dos canais testados pertence à banda de UHF baixo.

3.3 DESCRIÇÃO DETALHADA DO PROCEDIMENTO

Um procedimento de teste deve garantir a repetibilidade do teste com as mesmas condições e variáveis anteriormente utilizados e os valores devem se repetir. Dessa maneira, os valores obtidos podem ser comparados com os resultados de data de aquisição de dados diferente.

3.3.1 Definição dos pontos de coleta de dados

Os lugares para realizar os testes em ambiente *indoor*, diferentemente dos testes de campo realizados para análise da cobertura do sinal, possuem o acesso mais restrito, pois geralmente é um ambiente privado e o acesso deve ser autorizado pelo proprietário, o que nem sempre é possível. Portanto, a seleção dos pontos tem que ser efetuada por um processo menos ortodoxo, isto é, nem sempre é possível seguir os ritos normalmente exigidos pela estatística para coleta aleatória de dados. Para esse trabalho, os testes foram executados em pontos disponíveis e posteriormente caracterizados e divididos em grupos, seja por característica de região ou por características físicas do local.

Para a seleção da escolha dos pontos de teste existe um critério, adotado pelo laboratório de TV digital da Universidade Presbiteriana Mackenzie, de marcar diversos pontos de teste distribuídos dentro da área de cobertura da torre de transmissão. Essa distribuição é baseada em uma geometria que permite criar um conjunto de amostras aleatórias, no que diz respeito aos problemas de propagação do sinal, mas com grande

relevância no que diz respeito à distribuição entre bairros da cidade e a distância relativa da planta de transmissão das emissoras. O procedimento adotado pelo laboratório serve para avaliar a área de cobertura ou então testes com receptores em campo. Como o objetivo dos pontos escolhidos é o mesmo para os testes indoor, o mesmo procedimento pode ser adotado. Não existem documentos divulgados pelo laboratório referente ao critério adotado na escolha dos pontos, apenas documentos de referência usada internamente para a orientação. Portanto nesse trabalho será apresentada a maneira como esses pontos são selecionados de forma parcial, porém com informações suficientes para o planejamento dos pontos.

3.3.1.1 Geometria utilizada na distribuição dos pontos de medição

Para o planejamento dos pontos de medição, é feito um traçado com vinte e quatro radiais a partir da torre de transmissão até o contorno protegido da transmissão do sinal digital, separadas por um ângulo de 15° .

Após estabelecer o centro geométrico do desenho, é traçado a partir desse centro, dez círculos concêntricos com raios de 1 km, 2 km, 3 km, 5 km, 7 km, 10 km, 20 km, 30 km, 40 km e 57 km (esses raios vão depender do contorno protegido da emissora). Os pontos de medição são determinados pela interseção das radiais e os círculos concêntricos. Com isto foi obtido um conjunto de 240 pontos de medição, como pode ser visto na ilustração 16.

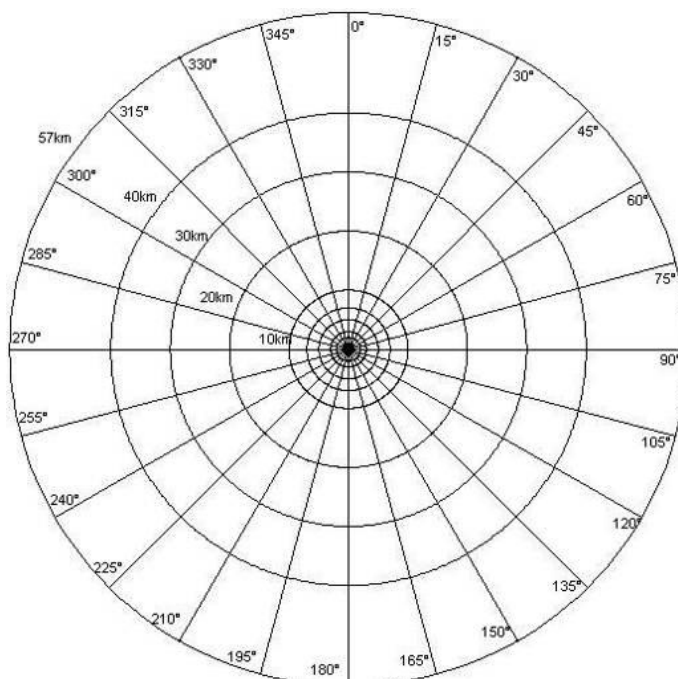


Ilustração 16: Distribuição de todos os pontos de teste.

Na região compreendida até o círculo de 10 km, foi determinado que o afastamento entre os pontos fosse de um ângulo de 30° a fim de aumentar o afastamento entre os pontos, uma vez que a pequenas distâncias os pontos ficam muito próximos, seu número seria muito elevado, e o resultado seria semelhante. Além de aumentar a distância dos pontos próximos à torre de transmissão, com o objetivo de obter uma distribuição mais uniforme por toda a área compreendida até 10 km de distância da torre de transmissão, foi determinado que os pontos de medição localizados sobre a circunferência com raio 1 km iniciariam sobre a radial de 0° e os demais se afastariam em ângulo múltiplo de 30° . Os pontos de medição localizados sobre a circunferência com raio de 2 km, iniciariam deslocado de 10° em relação a radial de 0° . Os pontos de medição localizados sobre a circunferência com raio de 3 km iniciariam deslocados de 20° em relação a radial de 0° . Os pontos de medição localizados sobre a circunferência com raio de 7 km iniciariam deslocados de 15° em relação a radial de 0° . O resultado desse deslocamento dos pontos é apresentado na ilustração 17.

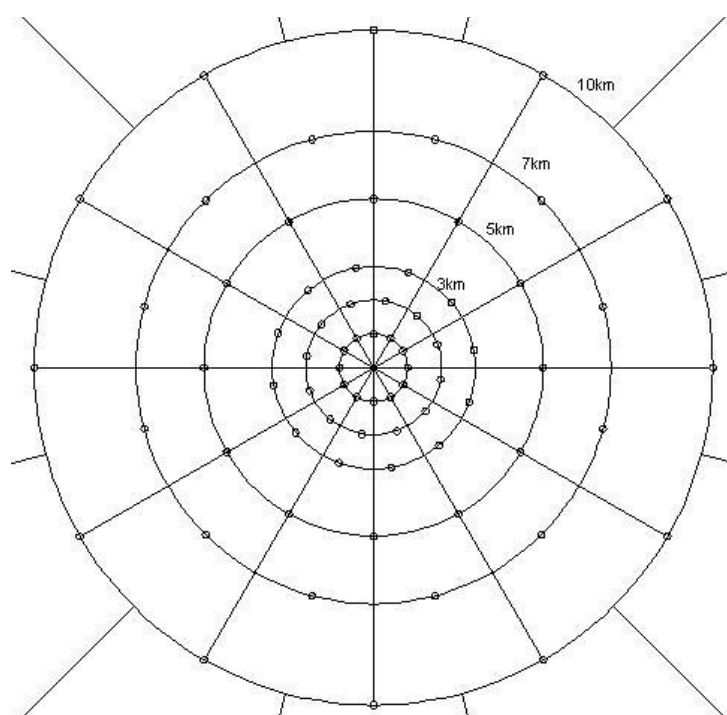


Ilustração 17: Distribuição dos pontos próximos a torre de transmissão.

3.3.2 Seleção dos canais analisados

Os sinais digitais utilizados para a aplicação do procedimento foram os sinais existentes em transmissão na cidade de São Paulo. Entre todas as emissoras existentes foram escolhidos os sinais de oito canais que apresentaram estabilidade no sinal transmitido e os

mesmos parâmetros de transmissão ao longo do ano. Portanto em cada ponto houve como referência oito medidas em frequências diferentes para a análise do procedimento.

3.3.3 Etapas do processo da captura de dados do local

Ao chegar em cada local selecionado para o teste foi registrado em uma planilha com o auxílio do *Global Positioning System* (GPS), dados das coordenadas e da altitude. Além disso, foram anotadas as condições do tempo, o horário, as características morfológicas do ambiente externo (vegetação, existência de edifícios, condições de tráfego de veículos, existência de indústrias), as características do ambiente *indoor* em análise e se do local de teste era possível observar a antena transmissora ou não. Com essas características é possível compreender o meio na de propagação da antena transmissora até a antena receptora.

Após o registro dessas informações foi preparado no centro de cada ambiente de teste o *setup*, mostrada na ilustração 11, para a captura do sinal digital.

A primeira antena utilizada para a captura dos dados foi o dipolo. Após o posicionamento da antena foi feita a medição com o analisador de espectro. A primeira informação obtida foi a leitura da intensidade do sinal em dBm. Em seguida, foi registrada a imagem do espectro do sinal no domínio da frequência mostrada na tela do instrumento, a informação do *delay profile* e a constelação. Logo após o registro dessas informações, a imagem decodificada pelo receptor é avaliada. Todo esse procedimento é feito para cada um dos oitos canais digitais transmitidos na cidade de São Paulo. Nesse processo de teste *indoor* além das medidas acima, foram feitas algumas medições com a antena instalada na posição usual escolhida pelo morador. Isso para verificar se a influência da posição da antena é significativa ou não para a recepção do sinal digital.

O mesmo procedimento feito na coleta dos dados em ambiente *indoor* foi repetido no lado externo da residência. O ponto escolhido sempre foi em um local aberto, sem teto ou paredes que limitassem o ambiente e de preferência ao lado do ambiente no qual foi feito o teste *indoor*. Essa escolha foi feita para que houvesse de preferência uma única parede que separa os dois pontos de testes e assim a partir dos valores de nível de sinal obtido estipular a atenuação média entre os dois ambientes. Nos testes em apartamentos, a medida foi feita no térreo, em geral nas dependências do condomínio como: garagem (sem cobertura), área de lazer, entre outros. A única diferença no procedimento empregado para a medição em ambiente externo foi a avaliação do sinal de vídeo decodificado, pela falta de estrutura necessária para essa análise em ambiente externo.

Após a coleta dessas informações foram feitos testes utilizando-se a unidade móvel. Em cima da unidade móvel há um mastro no qual há uma antena instalada no topo e dessa maneira pode ser erguida até uma altura de 10 metros em relação ao chão, o que caracteriza uma recepção externa (ITU, 1995).

Os mesmos procedimentos de captura de dados e análise da imagem decodificada foram feitas com o sinal capturado pela antena instalada na viatura. Através dessa medida é possível estabelecer a diferença de intensidade de sinal recebido pela antena *indoor* e antena externa além de verificar se em caso de não decodificação da imagem em ambiente *indoor* é possível melhorar a recepção do sinal com o uso de uma antena externa.

Em resumo, para se obter a área de cobertura do sinal digital em ambiente *indoor* é necessário considerar a recepção em dois aspectos: a utilização da antena interna e a antena externa. Para este trabalho, o foco foi verificar o comportamento da antena interna e dentro dessa proposta apresentar algumas soluções que melhorem a recepção em ambiente *indoor*. A antena externa se apresenta como uma das soluções em situações de dificuldade na recepção com a antena interna. Desse modo, nos pontos em que a antena interna for ineficaz na recepção do sinal digital verificar se, com a instalação de uma antena externa esse problema de cobertura do sinal seria resolvido.

Baseado em todas as informações nesse capítulo foi elaborado um guia que apresenta o passo a passo do procedimento que deve ser seguido no teste de campo. Esse guia serve de apoio ao engenheiro de campo para realizar a coleta dos dados em campo. O guia é apresentado no Anexo A desse trabalho.

4 TESTES DE CAMPO E OS DADOS COLETADOS

Os pontos para os testes de campo foram selecionados de acordo com a disponibilidade dos lugares. Por se realizar teste em ambiente *indoor* a dificuldade no planejamento para a escolha desses pontos é maior em relação aos testes em ambiente externo. Isso porque é necessário ter a autorização, para entrar e realizar testes, do responsável pela residência e solicitar o uso do equipamento de TV e do espaço para a coleta de dados. Apesar dessa falta de opção, os pontos apresentaram bastante diversidade em relação à distância da antena transmissora, direção e tipo de residência. Na ilustração 18, é apresentada a distribuição dos pontos de testes realizados na cidade de São Paulo.

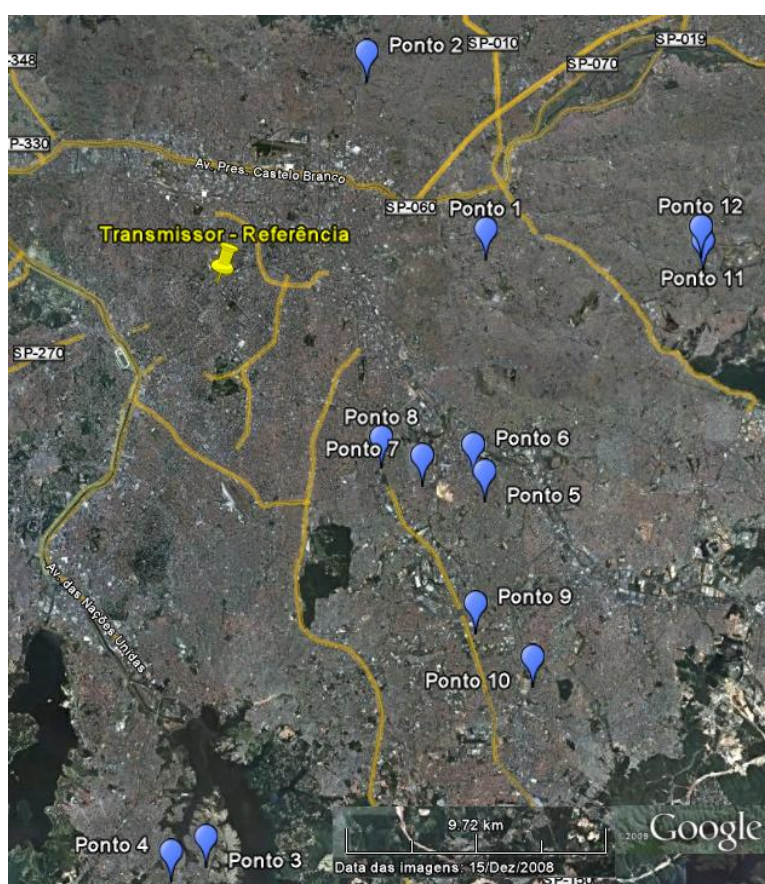


Ilustração 18: Distribuição dos pontos de teste de campo realizados.

O ponto de referência estabelecido na ilustração 18 fica na Av. Paulista, onde se encontra a maioria dos transmissores das emissoras de televisão na cidade de São Paulo.

A seguir, nas tabelas 4 e 5, são apresentados os dados classificados de acordo com o número da amostra (N.A.), a intensidade de campo coletado usando antena dipolo em ambiente *indoor* (P.I.) e externo (P.E.) e o tipo de residência (T) classificando se for casa térrea (C) ou apartamento (A).

Tabela 4- Dados coletados em campo I

N.A.	P.I. (dBm)	P.E. (dBm)	T	N.A.	P.I. (dBm)	P.E. (dBm)	T
1	-75,9	-74,2	C	20	-64	-60	C
2	-66,9	-68,3	C	21	-57,7	-48,3	C
3	-72,4	-78,2	C	22	-65,4	-55,7	C
4	-74,2	-73,2	C	23	-61,8	-56,9	C
5	-72,4	-72,5	C	24	-57,1	-61,1	C
6	-67,7	-71,3	C	25	-74,8	-60,6	C
7	-70,6	-75	C	26	-68,6	-59,1	C
8	-66,2	-74,3	C	27	-71,6	-58,5	C
9	-77,6	-80	C	28	-79,6	-68,8	C
10	-71,8	-76	C	29	-77,9	-65,8	C
11	-70,1	-76,4	C	30	-70	-60,3	C
12	-77	-77,9	C	31	-77,2	-67,8	C
13	-72,3	-72,9	C	32	-76,8	-60,5	C
14	-69	-69	C	33	-78,4	-76,1	C
15	-66	-72,6	C	34	-76,4	-77,9	C
16	-70,7	-68,3	C	35	-82,8	-78,5	C
17	-65,3	-60,6	C	36	-83,2	-79,2	C
18	-52,4	-45,6	C	37	-71,4	-78,1	C
19	-53	-44	C	38	-78,4	-77,2	C

Tabela 5- Dados coletados em campo II

N.A.	P.I. (dBm)	P.E. (dBm)	T	N.A.	P.I. (dBm)	P.E. (dBm)	T
39	-87,7	-77,2	C	64	-49	-42,9	A
40	-80,9	-82,4	C	65	-45,6	-63,3	A
41	-66,4	-77,7	C	66	-31,5	-53,3	A
42	-59,3	-62,7	A	67	-41	-60,3	A
43	-66,5	-55	A	68	-45	-64	A
44	-70,6	-62,4	A	69	-34,5	-59,3	A
45	-70,5	-64,3	A	70	-38,5	-57,4	A
46	-66,5	-65,9	A	71	-46,8	-56,8	A
47	-76,9	-64,8	A	72	-39,8	-52,6	A
48	-72,8	-74,1	A	73	-62,3	-64	C
49	-61,9	-69,4	A	74	-51,6	-50,2	C
50	-63	-56,4	C	75	-58,6	-57,7	C
51	-71,8	-49,9	C	76	-68,9	-66,9	C
52	-79	-54	C	77	-66,1	-63,2	C
53	-71,9	-64,4	C	78	-57,7	-59,2	C
54	-61,3	-59,2	C	79	-61,8	-61,1	C
55	-68,7	-52,6	C	80	-59,7	-60,3	C
56	-60,6	-65,2	C	81	-67,4	-58,2	A
57	-50,8	-58,2	C	82	-60,9	-55,1	A
58	-42,1	-49,9	A	83	-62,7	-56	A
59	-48,6	-45,3	A	84	-69,8	-65,1	A
60	-59,5	-42,4	A	85	-61,7	-53,3	A
61	-52	-49	A	86	-63,3	-67	A
62	-51,7	-39,5	A	87	-61,3	-65,6	A
63	-53,8	-39,4	A	88	-56,4	-63,3	A

Na tabela 6 é apresentado o *status* da recepção do sinal em ambiente *indoor* utilizando a antena do tipo dipolo.

Tabela 6- Status da recepção *indoor* por amostra

N.A	Status	N.A	Status	N.A	Status	N.A	Status
1	não	23	sim	46	sim	68	sim
2	sim	24	sim	47	sim	69	sim
3	sim	25	sim	48	não	70	sim
4	sim	26	não	49	não	71	sim
5	não	27	sim	50	sim	72	sim
6	sim	28	sim	51	sim	73	sim
7	não	29	não	52	sim	74	sim
8	sim	30	não	53	não	75	sim
9	não	31	sim	54	sim	76	sim
10	não	32	não	55	sim	77	sim
11	não	33	não	56	sim	78	sim
12	não	34	não	57	sim	79	sim
13	não	35	não	58	sim	80	sim
14	sim	36	não	59	sim	81	sim
15	sim	37	não	60	sim	82	sim
16	sim	38	sim	61	sim	83	sim
17	sim	39	não	62	sim	84	sim
18	sim	41	não	63	sim	85	sim
19	sim	42	não	64	sim	86	sim
20	sim	43	não	65	sim	87	sim
21	sim	44	sim	66	sim	88	sim
22	não	45	não	67	sim		

Na tabela 7 é apresentado o valor da intensidade de campo medido utilizando a antena instalada na unidade móvel emulando a recepção com uma antena externa.

Tabela 7- Nível do sinal medido com uma antena externa

N.A	Pot. (dBm)	N.A	Pot. (dBm)	N.A	Pot. (dBm)	N.A	Pot. (dBm)
1	-52,3	23	-59,9	46	-67,8	68	-68,5
2	-46,9	24	-50,4	47	-78,3	69	-58,2
3	-50,6	25	-51,4	48	-72	70	-59,9
4	-51,8	26	-50,2	49	-51,2	71	-63,7
5	-50	27	-53,4	50	-32,6	72	-60,4
6	-46,6	28	-65,6	51	-46	73	-44
7	-51	29	-63,7	52	-55,5	74	-33,5
8	-45,8	30	-60,4	53	-39,6	75	-46
9	-55,5	31	-68,5	54	-40,6	76	-50,4
10	-53,2	32	-59,7	55	-44,9	77	-47
11	-53,6	33	-58,4	56	-45,7	78	-45,7
12	-55	34	-63	57	-49,2	79	-48
13	-53,6	35	-65,4	58	-48,2	80	-50,8
14	-52,2	36	-70	59	-56,4	81	-55,2
15	-54,5	37	-61,1	60	-62,3	82	-51,5
16	-53	38	-63,6	61	-49	83	-47,1
17	-51,4	39	-72	62	-44,9	84	-55,9
18	-41	41	-70	63	-57,3	85	-49,5
19	-56,8	42	-66,1	64	-43	86	-47,5
20	-55,9	43	-57,3	65	-61,9	87	-47
21	-54,7	44	-67,1	66	-56,7	88	-43,2
22	-52,9	45	-75,1	67	-64,9		

Na tabela 8 é apresentada a comparação da intensidade de campo medida entre os três tipos de antenas. No caso da medição da intensidade de sinal com as antenas monopolo e log-periódica foram feitas com menor número de amostra em relação à antena dipolo. Isso porque em campo foi constatado que o registro de todos os canais dos três tipos de antenas levaria um tempo muito grande de teste. E o tempo em cada residência foi limitado para não causar grandes transtornos. Portanto, foram selecionados alguns canais de testes (sempre a mesma frequência) para realizar a comparação da intensidade de campo entre as três antenas. A avaliação da imagem decodificada foi feita com os três tipos de antenas para todos os canais.

Tabela 8- Nível do sinal medido comparando os três tipos de antenas

N.A	Antena Dipolo (dBm)	Antena Monopolo (dBm)	Antena Log-periódica (dBm)
1	-70,08	-70,6	-67,4
2	-74,7	-74	-77
3	-64,3	-73,8	-64,2
4	-67,2	-76,3	-74,3
5	-81,1	-92,1	-86,1
6	-67,2	-76,2	-81,6
7	-59,2	-71	-75,2
8	-52,6	-55,7	-54,7
9	-39	-44,8	-40
10	-63,5	-70,8	-69,5
11	-62,9	-64,6	-65,7
12	-62,5	-69,1	-61,6

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados apresentados foram extraídos dos testes realizados em ambiente *indoor* na cidade de São Paulo. Para a avaliação do procedimento desenvolvido, os resultados foram divididos em tópicos diferentes e dessa maneira classificar cada parâmetro de acordo com a sua influência na análise da recepção indoor.

5.1 RESULTADO GERAL

No total das residências avaliadas até o momento, em 73,86 % das residências a imagem digital decodificada pelo receptor foi de boa qualidade. Ou seja, a imagem não apresentou defeitos de decodificação. Esse resultado foi obtido com a utilização da antena dipolo. Com as antenas monopolo e log-periódica o resultado foi de 44,32 % sem erro na imagem decodificado para a antena monopolo e 61,36 % sem erro de decodificação na imagem para a antena log-periódica. Esses dados representam o valor obtido sem a classificação do tipo de residência: apartamento ou casa térrea. Durante os testes foi visto que há uma grande diferença na qualidade do sinal recebido entre esses dois tipos de residência.

A diferença de altura na recepção, resultando em menor quantidade de barreiras do sinal, faz com que a qualidade do sinal recebido seja melhor. A recepção do sinal com boa qualidade ficou em 90% para residências do tipo apartamento e 66,07 % para residências do tipo casa térrea, de acordo com os resultados obtidos com a utilização da antena dipolo.

5.2 ANÁLISE DA RECEPÇÃO DE ACORDO COM O TIPO DE ANTENA

O sinal digital recebido pelos três tipos de antenas teve o mesmo procedimento de captura de sinal. Apesar disso, cada antena apresentou um desempenho diferente na recepção. Essa diferença foi representada em diferença de porcentagem de sucesso na decodificação da imagem digital e do valor da intensidade de sinal.

A antena dipolo apresentou um valor médio de 6,22 dB superior ao valor obtido com a utilização da antena monopolo. Em relação à comparação entre as antenas dipolo e log-periódica foi obtida uma diferença de 4,91 dB, sendo maior a intensidade obtida com a antena do tipo log-periódica. No gráfico 4 é apresentado o nível de intensidade registrado de acordo com o tipo de antena em casas térreas.

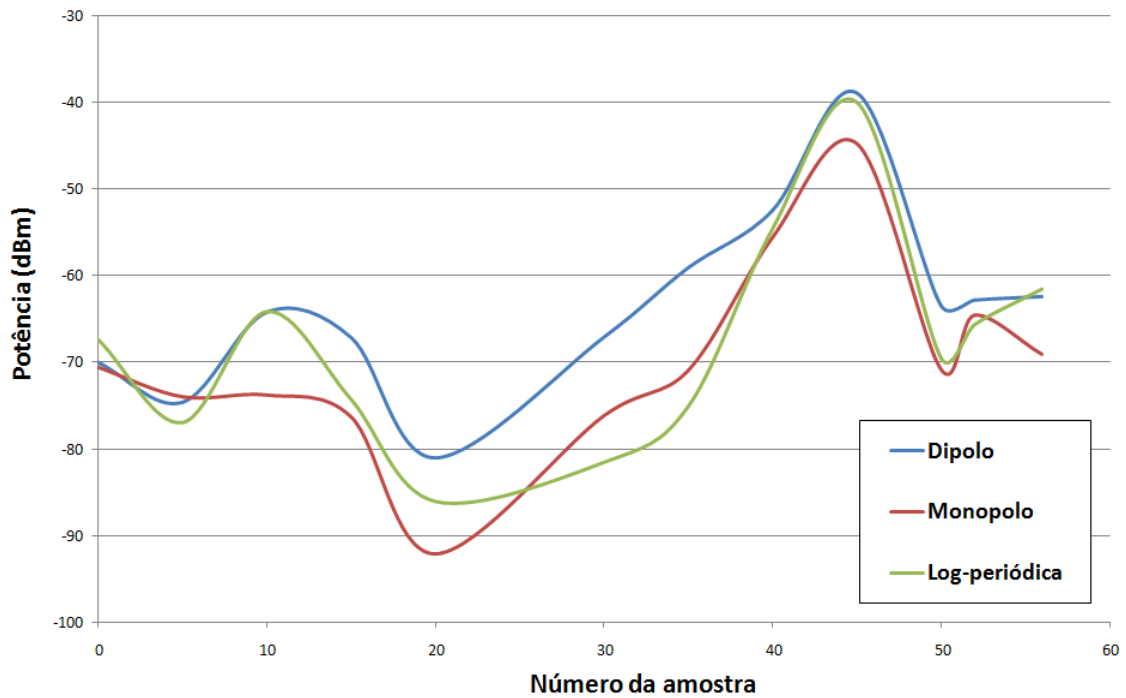


Gráfico 4 : Nível do sinal na recepção de acordo com o tipo de antena

5.3 ATENUAÇÃO MÉDIA DA BARREIRA FÍSICA

A atenuação média pela barreira física que separa o ambiente interno e externo em uma casa térrea foi de 4,41 dB utilizando a antena dipolo. Esse valor foi obtido na comparação da recepção do sinal com uma antena interna em ambiente *indoor* e externo. A diferença de nível entre os dois tipos de ambiente (externo e *indoor*) analisado em cada amostra é apresentada no gráfico 5. Esses valores pertencem à faixa do baixo UHF, do canal 17 até o canal 31 de acordo com a tabela 3 da norma ABNT NBR 15604 e foi obtido através da captura do sinal com a antena dipolo.

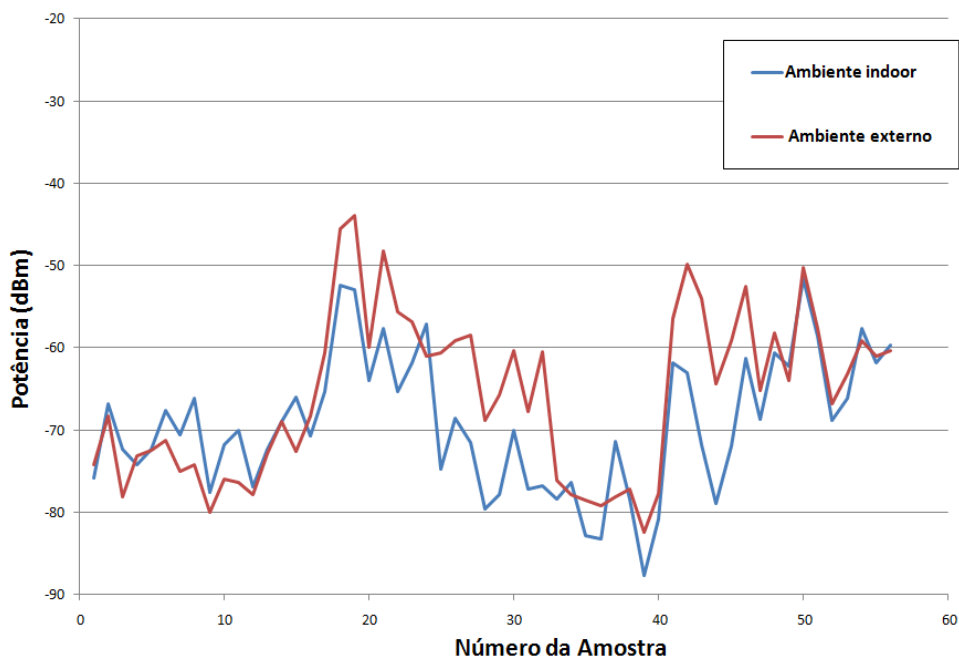


Gráfico 5 : Nível da intensidade do sinal em ambiente *indoor* e externo

A mesma comparação quando é feita em um ambiente interno localizado em apartamentos acima do terceiro andar, a tendência se inverte, e ao invés de sofrer uma atenuação média há um ganho na recepção do sinal em ambiente indoor em relação ao ambiente externo. Esse ganho é de aproximadamente 2,3 dB. Porém esse valor oscila bastante dependendo o andar em que a residência está localizada, podendo variar de 0,6 até 25,2 dB.

5.3 RESULTADO OBTIDO UTILIZANDO UMA ANTENA EXTERNA

Com a utilização da antena externa, em todos os pontos, o sinal digital foi decodificado sem erros. A diferença de nível de sinal capturado com uma antena interna (dipolo) em ambiente *indoor* em relação ao sinal medido com a antena externa foi de aproximadamente 16,28 dB, considerando a recepção em uma casa térrea. No gráfico 6, é apresentada a variação da intensidade em ambiente *indoor* comparada com a variação da intensidade com a captação do sinal utilizando a antena externa.

O valor de 10 dB citado pela ITU em relação à diferença da intensidade de sinal recebido a 10 m e de 1,5m de altura, foi menor do que 2 dB em relação ao valor obtido nos testes realizados em São Paulo. Pois, o valor do ganho médio utilizando uma antena externa em relação à antena interna foi de 16,28 dB. Considerando que a perda média pelas barreiras físicas foi de 4,41 dB, o valor final da diferença entre os níveis de recepção sem considerar a atenuação da parede foi de 11,87 dB.

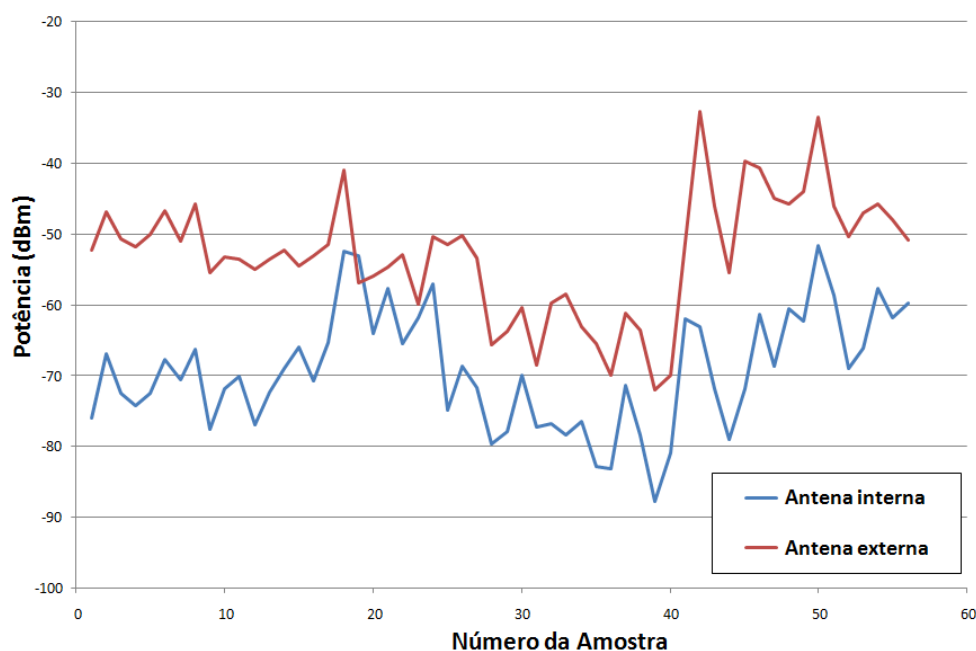


Gráfico 6 : Nível da intensidade do sinal utilizando a antena interna e externa

5.4 IDENTIFICAÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS

Os pontos onde a imagem do sinal digital não foram decodificadas corretamente, foram submetidos a uma análise mais detalhada para se detectar o motivo dessa falha. Para isso, os pontos de falha na recepção foram selecionados e os dados do MER, C/N, espectro do sinal, *delay profile* e intensidade do sinal foram submetidas à análise a fim de identificar a causa do problema na recepção.

Um dado importante foi de que a intensidade do ruído local em campo é bem maior que o ruído presente durante os testes realizados no laboratório. Assim, com um sinal de aproximadamente -74,2 dBm, a relação C/N já se aproxima de 18 dB, ou seja o limiar da recepção.

De acordo com a avaliação feita, em 65,22 % dos casos na qual o houve erro na decodificação da imagem foi por consequência da baixa intensidade de sinal, ou seja, o sinal não atingiu o mínimo nível necessário para que a imagem fosse decodificada corretamente. Em 26,09 % o problema na imagem decodificada foi causado pela presença de um forte ruído. Em 4,34 % foi por causa da presença de multipercurso fora do intervalo de guarda. E em 4,35% não foi possível diagnosticar o motivo do erro na decodificação da imagem apenas analisando os parâmetros utilizados. Essas informações são expressas na tabela 9.

Tabela 9- A influência das interferências na degradação da imagem

Principal causa do erro na imagem decodificada			
Baixo nível de sinal	Ruído	Multipercurso	Não determinado
65,22 %	26,09 %	4,34 %	4,35 %

Considerando a baixa intensidade do sinal como principal fator de dificuldade na recepção do sinal, foi visto que em pontos na qual o nível foi menor que -74,2 dBm o receptor não conseguiu decodificar uma imagem sem erros. Portanto para esse receptor esse valor de -74,2 dBm como o valor de mínimo nível encontrado em campo. Portanto em coletas na qual o nível apresentou um valor menor que -74,2 dBm foi considerado falta de nível suficiente e conseqüentemente classificado como fator de degradação do sinal.

Para determinar o ruído como o fator de degradação do sinal, foi levada em consideração os pontos na qual a intensidade do sinal foi superior a -74,2 dBm e não apresentou ecos fora do intervalo de guarda. Caso fosse registrado algum eco fora do intervalo de guarda verificou-se o valor estava dentro do tolerado, de acordo com os testes realizados na gaiola e apresentados no gráfico 1.

Na comparação entre os tipos de interferências e as características físicas do local de recepção foi visto que a baixa intensidade foi provocada pela presença de janela pequena no ambiente, prédios altos ao redor e pontos localizados em algum tipo de vale. Para uma presença forte de ruído ocorreu em vias de trânsito movimentado e presença de alguns equipamentos elétricos. A presença de multipercurso foi observada em ambientes de pequenas dimensões, além da presença de vários edifícios ao redor.

A seguir é apresentada a ilustração 19 que mostra os dados capturados em um dos pontos de teste onde não foi possível estabelecer a causa do erro na imagem decodificada.

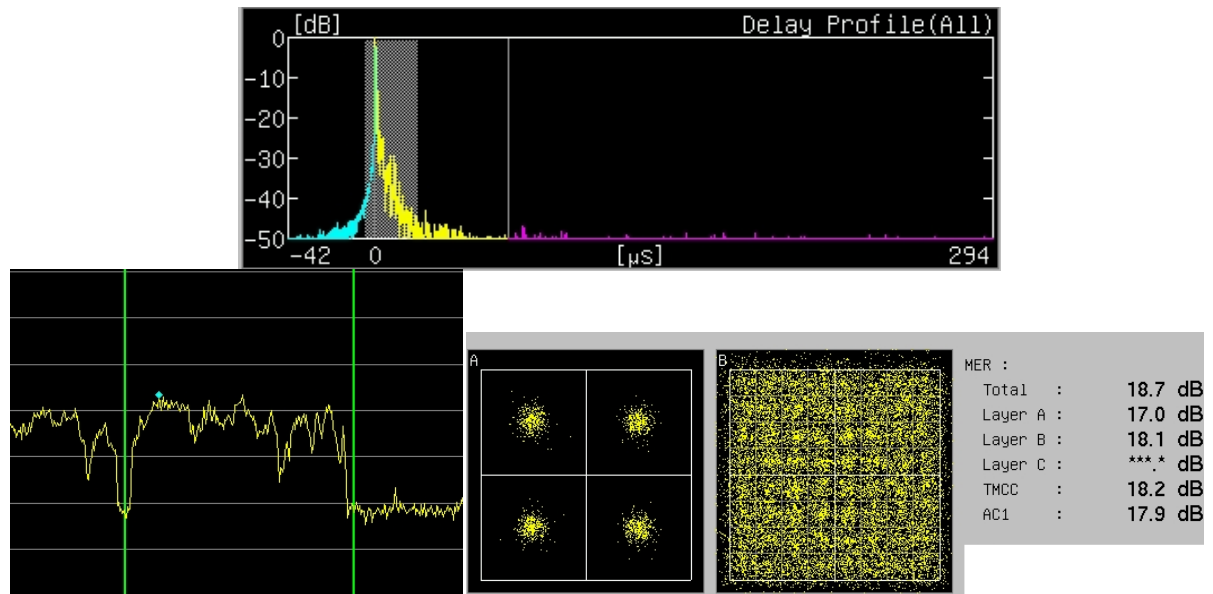


Ilustração 19: Sinal no qual não foi possível identificar a interferência predominante

Como pode ser observado na ilustração 19 o delay profile apresentou ecos dentro do intervalo de guarda, a imagem do espectro mostra uma relação C/N acima do limiar e o valor de MER apresentado na constelação apresentou um valor razoável para a recepção.

Na ilustração 20 é possível ver a degradação presente no sinal analisado. Nesse caso a intensidade do sinal registrado esteve muito abaixo do limiar de recepção.

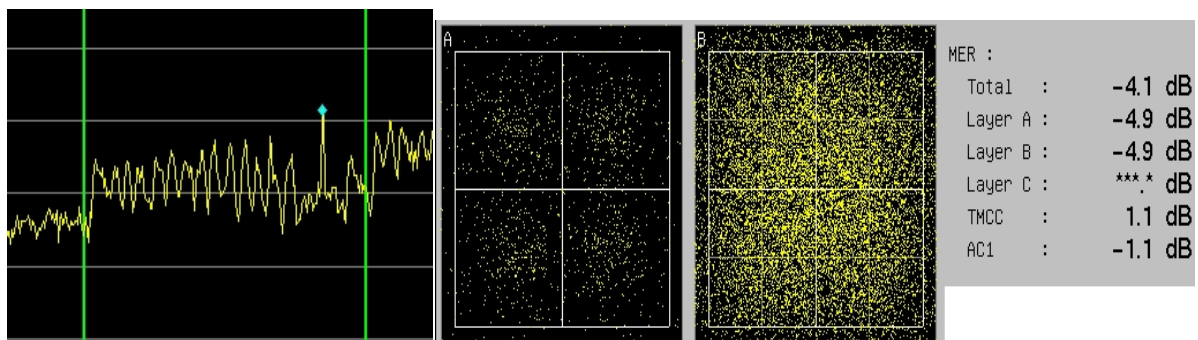


Ilustração 20: Sinal degradado na qual gerou erros na imagem decodificada

5.5 CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE FALHA NA RECEPÇÃO EM AMBIENTE *INDOOR*

Nesse capítulo foram selecionados alguns pontos na qual houve falha na decodificação da imagem digital. Essas falhas foram associadas à característica física do ambiente e do tipo de interferência determinante para o erro na decodificação da imagem. Para isso, foi feita a classificação dos fatores determinantes na degradação, de acordo com a principal causa do

erro na imagem decodificada, associados a todos os aspectos físicos que poderiam ser a causa relevante na geração dessa interferência.

5.5.1 Ambiente típico de pontos em que apresentaram baixo nível de sinal como fator determinante na falha da imagem decodificada

O baixo valor do nível de sinal foi o fator de maior influência na dificuldade da decodificação da imagem digital pelos receptores. Para a compreensão desse motivo é necessário considerar a localização da torre de transmissão de cada emissora em relação à localização do receptor e também os parâmetros de modulação. Os pontos em que o nível de sinal foi baixo apresentaram as seguintes características no ambiente: Casa térrea, distância do ponto de recepção até a antena transmissora maior do que 10 km, janela posicionada no sentido contrário da direção da antena transmissora.

A atenuação do nível do sinal em residências é maior do que a atenuação do sinal em apartamentos. Isso por conta da quantidade de barreira física ao longo da propagação do sinal. Esse efeito é maior em pontos distantes da antena transmissora.

Em alguns pontos o sinal digital em ambiente externo apresentou um nível de sinal com uma boa margem para a recepção (aproximadamente -56 dBm), porém em ambiente *indoor* para alguns canais o nível de sinal ficava abaixo do limiar de operação. Em todos os casos a janela que estava no ambiente e sendo o único acesso “livre” para o ambiente externo localizava em uma direção oposta à direção da antena transmissora. Ou seja, provavelmente o sinal recebido era um sinal refletido.

De modo geral, os ambientes com poucas janelas e residências localizadas entre várias outras construções, que formam uma “sombra” no local de teste apresentaram baixo nível de sinal. Isso mostra a importância da visibilidade entre a antena receptora e a antena transmissora.

5.5.2 Ambiente típico de pontos em que apresentaram a presença de ruído como fator determinante na falha da imagem decodificada

O segundo fator de maior influência na degradação da recepção foi a forte presença de ruído. Ou seja, são pontos nos quais o nível de sinal é suficiente, porém a decodificação da imagem digital apresenta falhas por causa do elevado nível de ruído.

Esses problemas foram constatados em residências próximas a ruas de intenso tráfego de veículos e comércios. Em termos gerais, áreas de grande concentração urbana. Em algumas medições externas o nível do ruído era maior, porém o ganho na recepção do sinal digital foi maior o que resultou em uma relação C/N superior, permitindo a decodificação da imagem sem erros.

5.5.3 Ambiente típico de pontos em que apresentaram a forte presença de multipercurso como fator determinante na falha da imagem decodificada

O terceiro fator de maior influência na geração de erro na imagem decodificada foi a presença do sinal de eco fora do intervalo de guarda. Em termos de localização, foi em um ponto específico onde o analisador de sinal registrou ecos de elevada intensidade e fora do intervalo de guarda. O teste foi feito em um apartamento localizado no primeiro andar, em um espaço de aproximadamente 30 m² e a presença de imóveis próximos a antena receptora. Da janela era possível observar apenas outros prédios localizados em frente ao prédio em que o teste foi realizado. A distância da torre de transmissão até o ponto de recepção é de 9 km.

A pesar da recomendação para que durante o registro das medidas não permitisse a circulação de pessoas, próximas a antena receptora, a casa possui crianças e em alguns momentos não foi possível controlar a circulação das mesmas. Talvez isso explique o fato do eco fora do intervalo de guarda aparecer na medida de um canal e não aparecer na medida do canal seguinte.

5.5.4 Ambiente típico de pontos em que não foi determinado o fator determinante na falha da imagem decodificada

Na análise das imagens capturadas, do analisador de sinal, para averiguar o problema na decodificação da imagem, não foi possível identificar qualquer parâmetro fora dos limites estabelecidos para o receptor. Por esse motivo, o fator de interferência foi classificado como não identificado. O ambiente foi caracterizado como em área urbana, residencial, casa térrea e sem obstáculos relevantes como identificados nas interferências anteriores.

6 CONCLUSÃO

Baseado nos resultados obtidos através dos procedimentos adotados é possível fazer as seguintes análises:

- A recepção em apartamentos apresenta uma qualidade melhor que a recepção em residências. A diferença de altura na recepção, resultando em menor quantidade de barreiras ao sinal, faz com que a qualidade do sinal recebido seja melhor. A recepção do sinal com boa qualidade ficou em 90% para residências do tipo apartamento e 66,07 % para residências do tipo casa térrea, de acordo com os resultados obtidos com a utilização da antena dipolo.

- A melhor antena interna para a recepção do sinal digital é do tipo dipolo, seguido pela antena log-periódica e por último a antena monopolo. Porém é importante ressaltar que a antena dipolo é de uso profissional, portanto a sua melhor eficiência já era esperada. Os dados evidenciam que a variação de um tipo para o outro é muito grande, em alguns casos o ganho chega ser maior do que 10 dB. Em alguns pontos a simples troca do tipo de antena possibilita a recepção de um sinal digital melhor que o receptor é capaz de decodificar a imagem. Outra informação importante é que a antena monopolo utilizada pode ter o seu ganho aumentado em 10 dB se caso for utilizado na posição horizontal, paralelo ao solo, e fixar a sua base magnética em uma superfície metálica. Esses dados foram obtidos após uma análise mais detalhada da antena e posteriormente aos testes já realizados.

- Com a utilização de uma antena externa em casa térrea o ganho médio é de 16,28 dB em relação à antena interna. Esse valor foi o valor de ganho registrado comparando a recepção com a antena externa e a antena *indoor*. Além disso, o sinal capturado utilizando a antena externa apresentou 100 % de imagens decodificadas sem erros na imagem.

- O valor de 4,41 dB da atenuação média das barreiras físicas para o sistema brasileiro foi diferente do valor médio obtido com o sistema DVB-T de 7 dB.

- O mínimo nível de sinal para que o receptor consiga decodificar a imagem sem erros foi de -74,2 dBm, o que representa uma diferença de 6,8 dB em relação ao mínimo nível atingido nos testes realizados no laboratório. Essa diferença pode ser explicada por causa da degradação causada pelo meio de propagação no sinal e o alto valor do ruído presente em campo.

- Considerando o valor de mínimo nível para a recepção do sinal em ambiente indoor, utilizando uma antena interna, seja de -74,2 dBm e a atenuação média de 4,41 dB das barreiras físicas, isso mostra que é necessário um sinal de intensidade mínima de -69,69 dBm

em ambiente externo para que seja possível decodificar a imagem sem erros em um ambiente indoor utilizando a antena interna.

- A maior causa da dificuldade da recepção do sinal digital foi provocada pela baixa intensidade do sinal. Porém, outras interferências como multipercurso e ruído contribuem para que o sinal seja degradado e esse limiar de recepção seja para valor de sinal maior em campo, comparado aos valores obtidos em testes com o receptor dentro do laboratório. A segunda maior causa de dificuldade na recepção foi a presença do ruído, resultando em uma baixa relação C/N e um valor de MER bem baixo. Apesar de constatar a grande presença de múltiplos ecos nos dados obtidos, esses ecos em sua maioria estiveram presentes dentro do intervalo de guarda o que resultou em uma baixa influência na degradação do sinal.

- Os parâmetros levados em consideração justificaram em 95,65 % dos casos em que o receptor gerou imagens com a presença de erros.

Portanto, a partir procedimento desenvolvido e aplicado em campo, foi possível justificar as causas dos problemas da recepção *indoor* e verificaram-se algumas mudanças que fazem melhorar a recepção do sinal digital. Nos pontos em que o sinal digital não é suficiente, a antena externa é uma solução. Para regiões com alta densidade demográfica que apresentam baixa intensidade de sinal em ambiente *indoor* a solução mais adequada, uma sugestão é a instalação de um *gap filler* ao invés de instalar várias antenas externa uma em cada residência.

Outra solução para melhorar a recepção em ambiente *indoor* seria a utilização de antenas tipo diversidade. Há testes realizados com receptores que utilizam antenas tipo diversidade a fim de combinar os sinais capturados por diversas antenas e assim obter um desempenho superior aos receptores convencionais (CORRE, 2005).

De acordo com a análise feita é possível sugerir uma correção no parâmetro de transmissão para melhorar ainda mais o desempenho. Nesse caso o intervalo de guarda poderia ser mantido em 1/16, pois se mostrou bem eficiente e mudaria o valor do FEC de 3/4 utilizado por todas as emisoras durante os testes realizados para um FEC de 2/3. Com isso já melhoraria a relação C/N e diminuiria o mínimo nível necessário para a recepção do sinal digital. Com isso aumentaria a capacidade de correção do receptor e conseqüentemente melhorar o índice de pontos sem erro de decodificação da imagem.

Mesmo com esses dados analisados, é necessário obter o maior número de pontos de testes para poder qualificar melhor o procedimento e novas medidas e análises continuam sendo feitas.

REFERÊNCIAS

ABERT/MACKENZIE/SET: Descrição Geral dos Testes de Campo, Fevereiro, 2000. Disponível em: < http://www.mackenzie.br/ee_atividades_hdtv_teste_campo.html>. Acesso em: 13 mar. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 15604 : Televisão Digital Terrestre – Receptores, Abril, 2008.

ASSOCIATION OF RADIO INDUSTRIES AND BUSINESSES, ARIB STD-B31 V1.5: Transmission System for Digital Terrestrial Television Broadcasting ARIB Standard, Jul, 2005.

CORRE, Y. et al., “Result of a measurement campaign of DVB-T signals with an indoor two antennas diversity receiver” European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research, Novembro, 2005.

DIGITAL BROADCASTING EXPERTS GROUP: ISDB-T system. Disponível em: <<http://www.dibeg.org>>. Acesso em 13 mar. 2010.

EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE, ETSI TR 101 190: Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects, V1.2.1, Nov. 2004.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, ITU-R BS.1203-1: Digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers using terrestrial transmitters in the UHF/VHF bands, 1994.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, ITU-R - BT.500-11: Methodology for the Subjective assessment of the Quality of Television Pictures, 2002.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, ITU-R P.370-7: VHF and UHF Propagation Curves for the Frequency Range from 30 MHz to 1000 MHz, 1995.

MARTÍNEZ, Alain et al., “Analysis of the DVB-T Signal Variation or indoor Portable Reception” IEEE Transactions on Broadcasting, vol. 55, n. 1, pp.11-19, Março, 2009.

NORDIG - Unified Test Specifications for SD and HD Level Integrated Receiver Decoders – version 2.0, July, 2008.

SCHIPHORST, Roel et al., “A T-DAB Field Trial Using a Low-Mast Infrastructure” IEEE Transactions on Broadcasting, vol. 54, n.3, pp. 356-370, Setembro, 2008.

YARKONI, N.; BLAUNSTEIN, N. “Prediction of Propagation Characteristics in Indoor Radio Communication Environments”, Progress in Electromagnetic Research, vol. PIER-59, pp.151-174, 2006.

ANEXO A

Guia com os procedimentos dos testes de campo para avaliação da recepção *indoor*.

Procedimentos do teste indoor

1) Ao chegar no ponto de teste anotar os dados gerais com as características do local (hora/coordenada do GPS/condição do tempo/movimentação da rua).

2) Realizar as medições em ambiente *Indoor*.

2.1) Verificar se o ambiente no qual o televisor está e é comumente utilizado para assistir.

2.2) Anotar (desenhar) as dimensões do ambiente e caracterizar alguns objetos presente no ambiente (ex: metro quadrado, sofá, janela).

2.3) Configurar o modelo da antena utilizada no analisador de espectro da Anritsu (modelo MP651A ou equivalente). Configurar a impedância do equipamento para 75 Ohms.

2.4) Posicionar a antena da Anritsu no centro do ambiente à 1,5m de distância do chão. Realizar a medida automática no analisador de espectro da Anritsu dos canais listados na tabela 10. Durante a medida realizada pelo analisador, não provocar perturbações perto da antena de recepção (movimentação de pessoas).

Tabela 10 – Lista dos canais analisados no teste de campo (exemplo).

Canal	Frequência
17	491 + 1/7
18	497 + 1/7
20	509 + 1/7
23	527 + 1/7
24	533 + 1/7
28	557 + 1/7
29	563 + 1/7
31	575 + 1/7

Nota: Todos os parâmetros deverão ser medidos com a gravação das imagens e o comprimento das hastes da antena da Anritsu deve ser calibrado de acordo com a faixa de frequência do canal em teste.

Na medida automática, configurar para obter as figuras do: espectro do sinal, nível do sinal, constelação, MER e o *delay profile*.

2.5) Com essa mesma configuração da posição da antena, fazer a análise da imagem decodificada pelo set-top-box para os mesmos canais relacionadas na tabela 10. Indicar na planilha de resultados quais canais apresentaram falhas na imagem decodificada de acordo com o critério determinado.

2.6) Repetir as medidas dos itens 2.4 e 2.5 com a antena Monopolo, Log-Periódica e da própria residência (se tiver).

3) Realizar as medições em ambiente Externo.

3.1) Anotar (desenhar) as dimensões do ambiente e caracterizar alguns objetos presente no ambiente (ex: estacionamento, entrada, etc).

Nota: Realizar as medidas próximo do ambiente na qual foi feito o teste em ambiente *indoor*. Fazer com que o meio que separa os dois ambientes seja de apenas uma parede.

3.2) Configurar o modelo da antena utilizada no analisador de espectro da Anritsu.

3.3) Posicionar a antena da Anritsu no centro do ambiente à 1,5m de distância do chão. Realizar a medida automática no analisador de espectro da Anritsu dos canais listados na tabela 10. Todos os parâmetros medidos deverão ser com a gravação das imagens.

3.4) Posicionar a antena monopolo na mesma posição da antena da Anritsu na medição anterior. Anotar o valor da potência em dBm e as figuras do analisador (potência, espectro, delay-profile e constelação).

3.5) Repetir o procedimento anterior (3.4) para a antena Log-Periódica.

4) Realizar as medições com a Viatura de testes.

4.1) Caracterizar o ambiente na qual o teste é feito.

4.2) Levantar o mastro com a antena externa e apontar para a direção de maior intensidade de sinal do canal de interesse.

4.3) Configurar os parâmetros do analisador de espectro. Inserir como modelo de antena a antena da Anritsu MP651A e a impedância é de 50Ω .

4.4) Conectar o cabo de RF da antena na entrada de RF do analisador de sinal.

4.3) Anotar o valor da potência em dBm e gravar as figuras do analisador (potência, espectro, delay-profile e constelação), para cada canal listado na tabela 10.

4.4) Conectar o cabo de RF da antena na entrada de RF do set-top-box e fazer a análise da condição de recepção dos canais listados na tabela 10. Anotar todos os resultados.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)