

MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA RECEPÇÃO DO SISTEMA ISDB-T_B EM AMBIENTE INDOOR

Fujio Yamada, Valderez de Almeida Donzelli, Rodrigo Eiji Motoyama

Abstract— *This work presents the results of the field tests carried out in the ISDB-T_B Digital TV signal reception using indoor antennas. Usually the reception with indoor antenna presents poorer performance compared with the outdoor antenna reception due the loss caused by obstruction of the walls, furniture and others obstacles in the signal way. The aim of this work was to compare the performance of the indoor antenna reception with the outdoor reception and evaluate the causes of the difference. The measurement was done in the Sao Paulo city where various typical exist and was able to get some relevant parameters for evaluation of the environment indoor reception. Those parameters present the reception conditions that are important in the signal coverage correction conditions by the broadcasters.*

Palavra Chave- ISDB-T_B, TV digital, teste indoor.

1. INTRODUÇÃO

A recepção de sinais de televisão com antena indoor é a mais preferida pelos telespectadores pela simplicidade na instalação e ser versátil na utilização. Porém é o dispositivo que apresenta nível de recepção mais pobre devido à atenuação do sinal provocado pela ausência de visibilidade entre as antenas de transmissão e recepção e principalmente pelas variáveis que formam as obstruções como paredes, móveis e pessoas circulando nas proximidades da antena. Em consequência a viabilidade da recepção do sinal digital com antena externa não é garantia de recepção do mesmo sinal com o uso de antena indoor na residência.

Este artigo é o resultado do trabalho de análise da avaliação da recepção indoor do Sistema Brasileiro de TV Digital. Para isso foram utilizadas algumas metodologias de testes aplicadas em sistemas de transmissão digital de outros padrões internacionais e guias elaborados por instituições que agregam conhecimento de diversos profissionais na área de telecomunicações. Com base nesses conhecimentos foi elaborada a metodologia para coleta de informações em campo de maneira correta e para que sejam úteis na avaliação do desempenho do sistema ISDB-T_B na recepção indoor.

- Com esta metodologia foram feitos testes de campo na cidade de São Paulo para observar na prática quais os parâmetros que devem ser levados em consideração para a análise da recepção indoor. A partir das informações coletadas foi possível classificar os tipos de interferências relevantes que

Esse trabalho teve o apoio do CAPES.

Fujio Yamada e Valderez de Almeida Donzelli são os pesquisadores do Laboratório de TV Digital da Escola de Engenharia Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil. E-mails: fujio.yamada@mackenzie.br, Valdonzelli@terra.com.br

© 2011 IGIP

dificultam a recepção do sinal digital em ambiente indoor. Além disso, serviu de referência para avaliar se a metodologia aplicada é válida para cumprir o objetivo acima.

- As principais interferências na recepção em ambiente indoor que dificultam a recepção são: níveis e quantidades de multipercurso, a baixa intensidade do sinal e a margem de sinal existente em cada local até atingir o limiar de bloqueio da imagem. A partir dos resultados obtidos na medição de campo foram feitas as avaliações dos parâmetros considerados e possibilitar a correção de cobertura de uma emissora, atribuindo soluções que possam melhorar a recepção e a transmissão.
- METODOLOGIA DE TESTE
- Para estabelecer os procedimentos de teste para avaliação da recepção do sinal digital em ambiente indoor foram consultadas algumas metodologias de testes utilizadas na avaliação de outros sistemas de transmissão de TV Digital em operação pioneiras como o DVB-T e o ATSC. Alguns artigos relacionados aos testes indoor publicados serviram de referência para a metodologia utilizada para o Sistema Brasileiro de TV Digital.
- Primeira fase do trabalho foi analisar quais são as principais interferências que tem maior influência na degradação do sinal digital em ambiente indoor. Baseada nas literaturas consultadas listou-se as interferências mais frequentes presentes de acordo as características de cada ambiente de recepção e a natureza de problemas causados pelos mesmos em outros sistemas.
- Uma vez pré-identificadas as interferências tratou-se de verificar os instrumentos necessários para as medições dessas interferências. Com esses parâmetros foi definida a metodologia de levantamento de dados em campo.
- Este trabalho foi feito somente para a avaliação da recepção fixa. Para verificar se o sinal digital foi decodificado ou não, foi utilizado um set-top-box acoplado ao televisor da residência onde o sinal está sendo analisado a fim de diagnosticar o status da recepção.
- Logo de inicio foi observado que as principais causas de falha na recepção indoor são a baixa intensidade de sinal e a existência de vários sinais de multipercurso geradas pela movimentação de pessoas

March 27 - 30, 2011, Santos, BRAZIL

XL IGIP International Symposium on Engineering Education

no ambiente de teste ou pela reflexão do sinal em objetos.

- Para análise quantitativa do sinal foi utilizado um analisador de espectro da marca Anritsu, modelo MS2721B com configuração para medir a intensidade de campo, o multipercurso, o MER e a relação sinal ruído C/N além de mostrar o estado da constelação.
- Os valores de sinal obtidos através do analisador de espectro são simultaneamente relacionados à condição de recepção da imagem avaliada com o uso do set-top-box. Dessa maneira, é possível associar se o sinal recebido permite o funcionamento ou não do receptor e em quais condições de recepção de acordo com os valores obtidos no analisador.

Uma metodologia de teste deve ser aquela que garante a repetibilidade, isto é, repetida a medida com as mesmas condições e variáveis e nas mesmas circunstâncias os valores obtidos devem se repetir. Portanto, uma vez definidos os parâmetros de interferência e os instrumentos utilizados, foi definido o procedimento a ser seguido no teste.

Para a captação do sinal digital em ambiente indoor foi estabelecida que a antena receptora deva ser posicionada no centro do ambiente a 1,5m de altura a partir do chão [2]. A definição da posição da antena é importante porque segundo o estudo apresentado por [3] mostra que há uma grande variação da intensidade de campo elétrico dentro de um ambiente fechado. Essa variação pode ser causada também devido a movimento das pessoas no ambiente [3].

Para atender a variabilidade de antenas que são utilizadas na prática, foram empregados nos testes três tipos de antenas: monopolo, dipolo e log-periódica. As antenas monopolo e log-periódica são antenas encontradas comumente no mercado. A antena dipolo marca Anritsu, modelo MP651A, é um dispositivo profissional utilizado nas medições e que possui as hastes reguláveis de acordo com a frequência do canal medido. Na ilustração 2.1 são mostrados os tipos de antenas utilizadas.

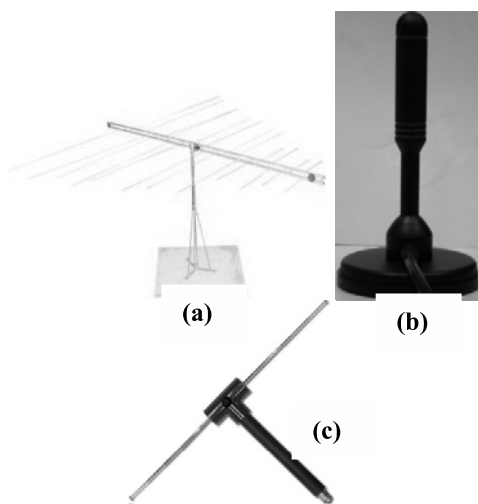


Ilustração 1.1. Os tipos de antenas utilizadas. (a) Log-periódica, (b) Monopolo e (c) Dipolo.

Log-periódica é uma antena diretiva, portanto é necessário apontar a antena para a direção de maior intensidade de sinal. Isso pode causar dificuldade quando se deseja mudar de canal a sintonizar. As outras duas antenas são omni-direcionais.

A coleta de dados é feita com o analisador de espectro para os três tipos de antena. O mesmo procedimento de medidas realizado no ambiente indoor é repetido no ambiente externo. Esse procedimento permite efetuar o cálculo da atenuação provocada pelas barreiras físicas que separam o ambiente interno e externo como paredes, divisórias e móveis. A partir dessa medida, foi calculado o valor médio da atenuação das obstruções e o valor mínimo da intensidade de sinal necessário do lado externo para se garantir a recepção interna. Esse valor é da ordem de 12 dB, levando em consideração a faixa de frequência e a o tipo de material utilizado na construção das paredes [2]. As variações da intensidade de campo na faixa de UHF de acordo com a altura e distância da torre de transmissão podem ser observadas em [1] e [6].

Para 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 esse trabalho o foco foi verificar o comportamento da antena interna e analisar soluções que melhorariam a recepção em ambiente indoor. Para isso foi utilizado a unidade móvel de testes do Laboratório de TV Digital da Universidade Presbiteriana Mackenzie para realizar as medições no local de teste emulando a recepção com antena externa (Log-Periódica), nem sempre existente nas residências. 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 solucionado. Na ilustração 2.2 é mostrada a viatura de testes.



Ilustração 2.2. Unidade móvel do Laboratório de TV Digital

Como se pretende uma avaliação nas condições reais de operação, o set-top-box utilizado para verificação qualitativa da imagem deve ser um aparelho disponível no mercado. Antes do aparelho ser utilizado em campo, o mesmo deve ser testado em laboratório para confirmar se as suas especificações atendem a norma ABNT NBR 15604 e consequentemente garantir que eventual problema na recepção foi causado pela interferência e não pela qualidade do receptor [5].

O critério utilizado nesta avaliação para verificar se há presença ou não do sinal digital foi o critério *Quase Error*

Free (QEF) especificado pela Nordig[5], método *Quality Measurement procedure 2* (QMP2) que consiste na avaliação subjetiva da imagem por um período de 60 segundos. Caso ocorra algum erro de decodificação na imagem durante esse período, a recepção é considerada falha [1].

Antes do início dos testes os parâmetros de transmissão de cada emissora são verificados.

2. PLANEJAMENTO DE TESTES

O teste em ambiente indoor é mais complexo do que os procedimentos aplicados para a avaliação da cobertura do sinal com antena externa. No caso do teste indoor é necessário obter permissão para adentrar em uma residência ou estabelecimento para realizar as medições. Dessa maneira a quantidade de pontos e os lugares para os testes são mais reduzidos e as distâncias em relação à torre de transmissão e os locais de cada ponto de medida devem ser criteriosamente planejados esses pontos foram separados em duas classes: apartamentos e casas térreas. A condição de recepção é diferente para as duas classificações e conseqüentemente os resultados são diferentes como pode ser observado no capítulo de resultados.

Todas as características do ambiente deverão ser anotadas para posteriormente se associar ao desempenho de recepção. Nessa anotação incluem-se também as coordenadas mostradas no GPS, hora, condições do clima e um indicativo sobre a visada do ponto de recepção em relação à antena da torre transmissora.

Durante as medições deve evitar a movimentação nas proximidades da antena a fim não gerar oscilações na intensidade do sinal e nem provocar interferências variáveis ao longo do tempo. Isso porque em testes realizados com o sistema DVB-T, observou-se que a movimentação de pessoas no entorno da antena provocou uma variação da ordem de -2,6dB até + 2,6dB no nível do sinal [2].

Na ilustração 3.1 é mostrado o setup de teste no interior da residência.

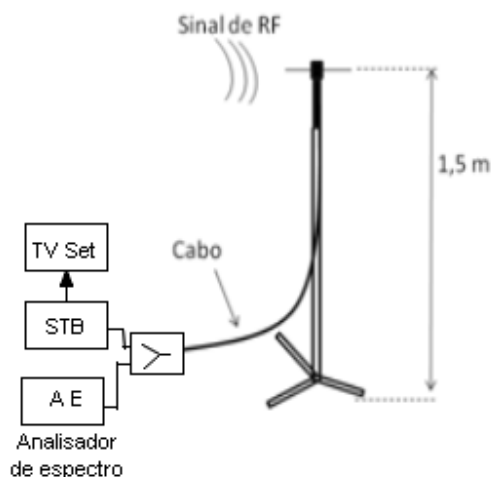


Ilustração 3.1. Montagem para medição do sinal digital.

3. RESULTADOS

O quadro 4.1 apresenta como exemplos a amostragem de alguns pontos de teste. Entre as características estão a distância da torre transmissora até o ponto de recepção do sinal, se do ponto de teste há visada para a antena da torre transmissora e se o teste foi feito em apartamento (número do andar) ou casa térrea.

Ponto	Distância (Km)	Visada	Tipo
1	9,78	Sim	Apart. 24º
5	11,39	Sim	Casa
7	12,15	Não	Apart. 1º
11	12,98	Não	Apart. 1º
13	13,8	Não	Apart. 11º
15	14,2	Não	Casa
21	15,13	Não	Apart. 1º
27	18,31	Sim	Apart. 8º
33	20,03	Não	Apart. 3º
38	20,17	Não	Casa
11	21,24	Sim	Apart. 8º
12	22,95	Não	Casa
13	23,38	Não	Casa

Quadro 4.1. Características dos locais de testes.

O quadro 4.2 apresenta o exemplo de resultado da recepção do sinal digital de alguns pontos de teste e o correspondente tipo de antena empregada.

Ponto	Sintoniza o sinal digital?			
	Monopolo	Dipolo	Log-Periódica	Viatura
1	Sim	Sim	Sim	Sim
5	Sim	Sim	Sim	Sim
5	Não	Sim	Sim	Sim
11	Não	Sim	Não	Sim
13	Sim	Sim	Sim	Sim
156	Não	Sim	Não	Sim
21	Não	Não	Não	Sim
27	Sim	Sim	Sim	Sim
33	Sim	Sim	Sim	Sim
38	Sim	Sim	Sim	Sim
41	Sim	Sim	Sim	Sim
45	Não	Sim	Sim	Sim
48	Não	Sim	Não	Sim

Quadro 4.2. Condição de recepção do sinal digital em cada ponto.

O quadro 4.2 indica que 53,85% dos pontos recebem sinal adequado com a antena monopolo, 92,31% dos pontos com a antena Dipolo e 69,23% dos pontos com a antena Log-Periódica, todos com a mesma característica de recepção. A emulação da recepção com antena externa utilizando a unidade móvel mostrou que foi possível sintonizar o sinal digital em todos os pontos.

Para identificar a influência da intensidade de sinal em cada ponto de recepção, os exemplos do quadro 4.3 mostram os valores da potência em dBm, de acordo com cada tipo de antena usada no ambiente indoor. Para a medida de potência com o analisador de espectro foi utilizado a configuração RBW = 30kHz, VBW = 300kHz e foram selecionadas de modo aleatório 13 amostras entre os pontos medidos.

Ponto	Potência (dBm) em ambiente indoor		
	Monopolo	Dipolo	Log-Periódica
1	-44,1	-33,7	-34,1
5	-72,0	-61,3	-72,5
7	<u>-73,8</u>	-65,4	-64,8
11	<u>-76,2</u>	-66,5	<u>-80,6</u>
13	-67,8	-56,7	-59,8
15	<u>-76,3</u>	-67,2	<u>-74,3</u>
21	<u>-92,1</u>	<u>-78,9</u>	<u>-86,1</u>
27	-55,7	-51,7	-54,7
33	-69,1	-63,3	-62,6
38	-55,7	-51,7	-54,7
41	-44,8	-38,5	-40,0
44	<u>-70,7</u>	-67,7	-67,4
49	<u>-74,0</u>	<u>-69,0</u>	<u>-80,9</u>

Quadro 4.3. A potência do sinal em dBm dos pontos amostrados.

No Quadro 4.3 estão em destaque (em itálico) os valores da intensidade do sinal na qual o sinal digital não funcionou. Observa-se que em nenhum ponto com o sinal menor que -73,8dBm o sinal digital funcionou. Uma exceção que cabe análise é o ponto de número 49 para a antena monopolo e foi verificado que o problema desse local foi a baixa relação C/N, ou seja, baixa intensidade do sinal associada a forte presença de ruído. De acordo com os testes realizados com o receptor, dentro do laboratório apresentou um mínimo nível de -78,7dBm, sem a presença de qualquer outra interferência. Considerando o valor de mínimo nível para o receptor conseguir decodificar e comparando com os valores da intensidade do sinal das medições, em que receptor digital não funcionou, em 45,45% dos casos aconteceu porque o valor mínimo de intensidade não foi alcançado.

Nos outros pontos, o problema da recepção foi causado pela presença de multipercursos fora do intervalo de guarda ou por causa da forte interferência do ruído. Pela avaliação em 18,18% das medições em que o sinal digital não funcionou o apresentou o sinal de multipercursos fora do intervalo de guarda e outros 27,27% dos casos tiveram o valor de C/N abaixo do mínimo para que o receptor funcione. Em um ponto, que representa os 1,92% restante, não foi possível identificar qual a interferência influenciou mais na degradação do sinal.

A ilustração 4.1 apresenta algumas imagens do analisador de espectro de espectro que indicam a presença de ruído e multipercursos.

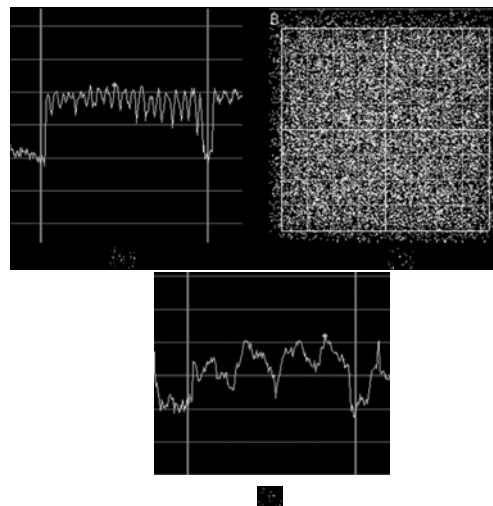


Ilustração 4.1. Imagens do analisador de Espectro (a) Espectro do sinal, (b) Constelação e (c) Espectro do Sinal.

O quadro 4.4 apresenta a diferença de potência em dB entre o sinal medido em ambiente indoor comparado com a mesma medição realizada em ambiente externo (nível do sinal do lado externo x nível do sinal em ambiente indoor). Dentro deste quadro também é mostrado o valor comparativo com os valores obtidos utilizando a unidade móvel. Neste caso a diferença foi feita em relação ao maior nível de sinal obtido com uma das três antenas. Portanto a diferença de potência com o sinal negativo significa que o sinal digital indoor sofreu uma atenuação em relação ao sinal obtido do lado externo do ambiente.

Ponto	Diferença de Potência (dB)				
	Monopolo	Dipolo	Log-Periódica	Externa	Tipo
1	+12,4	+20,6	+23,8	+30,9	Apart. 24º
5	+8,6	+8,7	+9,4	-20,7	Casa
7	-4,2	-9,7	-0,8	-11,9	Apart. 1º
11	-5,6	-1,7	-7,0	+1,3	Apart. 1º
13	+3,0	+6,8	+9,7	+9,1	Apart. 11º
15	-12,4	-6,9	-10,4	-6,8	Casa
21	-12,1	-1,7	-5,8	-15,3	Apart. 1º
27	-1,3	-8,0	-3,8	-6,8	Apart. 8º
33	-0,6	+3,7	-0,1	-15,1	Apart. 3º
38	+11,9	+7,5	+10,0	-6,0	Casa
41	+15,9	+18,9	+21,7	+21,4	Apart. 8º
44	+6,0	+3,6	+3,6	-20,8	Casa
59	-0,2	+3,8	-2,5	-16,8	Casa

Ilustração 4.2. Diferença de nível entre a recepção em ambiente interno e externo.

No quadro 4.2, as lacunas com o sombreado representam os pontos na qual não foi possível decodificar o sinal digital no receptor. Observa-se que nos pontos, no qual o sinal digital não funcionou, apresentam uma atenuação na intensidade de sinal no ambiente indoor em relação ao ambiente externo. Em outros pontos onde teve a atenuação o sinal continuou sendo

suficiente para garantir a recepção. A única exceção ficou novamente para o ponto 44, no qual mesmo com um sinal de nível maior na recepção indoor, não foi suficiente para gerar uma relação C/N na qual o receptor funcione.

Dependendo do andar em que se encontra a residência em um apartamento, a recepção pode melhorar ou não em um ambiente externo. As variáveis dependem muito do que existe no meio do percurso entre a antena transmissora e a antena receptora. No caso do ponto 27, apesar de ser em um andar relativamente alto, existe vários prédios altos na frente da janela da residência. A medição externa nesse ponto foi feita no estacionamento do condomínio onde a quantidade de apartamentos em volta é menor.

Para determinar o mínimo nível de sinal em ambiente externo necessário para que a recepção indoor seja garantida foi utilizada a maior atenuação obtida com cada tipo de antena e somado ao valor de mínimo nível de recepção em ambiente indoor. No caso da antena monopolo, a maior atenuação foi de 12,4 dB, sendo o mínimo nível de -70,7dBm de acordo com os resultados, é necessário que o sinal chegue ao ambiente externo com uma intensidade mínima de -58,3dBm. Seguindo o mesmo raciocínio para os outros tipos de antenas, o mínimo nível para a antena dipolo fica -61dbm e para a antena do tipo log-periódica fica -60,3dBm.

4. CONCLUSÃO

Baseado nos resultados obtidos é possível fazer uma predição da área de cobertura do sinal digital em ambiente indoor com relativa eficiência. Nos pontos onde o sinal digital não é recebido, o uso da antena externa soluciona esse problema. Para regiões com alta densidade demográfica e que apresentam baixa intensidade de sinal em ambiente indoor a solução mais adequada é a instalação de um Gap Filer ao invés de instalar várias antenas externa.

Pela metodologia aplicada neste trabalho é possível fazer as seguintes análises:

- A melhor antena para recepção do sinal digital é do tipo dipolo, em seguida a antena log-periódica e por último a antena monopolo. Porém é importante ressaltar que a dipolo é de uso profissional, portanto a sua melhor eficiência já era esperada e seu uso não é o mais adequado para ambiente doméstico..

- A maioria dos pontos com dificuldade da recepção do sinal digital foi provocado pela intensidade do sinal abaixo do mínimo necessário para decodificação. Porém, outras causas como interferências de multipercurso e ruído contribuem para que esse limiar de recepção seja menor em campo, comparado aos testes realizados no laboratório.

- A recepção em apartamentos (andares acima de 3) a intensidade do sinal na recepção indoor é maior que as medições realizadas com antena externa.

- A recepção em casas térreas melhora com a utilização de uma antena externa. Esse ganho pode chegar até a 20,8 dB.

- Considerando os apartamentos localizados no 1º andar de um edifício como sendo da mesma altura de uma casa e inserindo na mesma categoria, pode-se dizer que em 41,67% dos casos houve ganho na intensidade do sinal recebido em ambiente indoor em relação ao ambiente externo. No caso dos

sinais recebidos em apartamentos 66,67% dos casos houve um ganho na intensidade do sinal recebido em ambiente indoor. Para essas contas foram consideradas todas as medições independente do tipo de antena utilizada.

- Considerando apenas as atenuações entre o ambiente interno e externo, a atenuação média é de 5dB.

A escolha da antena interna adequada é importante para o sucesso ou não da recepção. 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.

Mesmo com esses dados analisados, é necessário analisar maior número de pontos de testes para obter resultados estatisticamente confiáveis e seguros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo suporte e apoio a este trabalho

REFERÊNCIAS

- [1] Digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers using terrestrial transmitters in the UHF/VHF bands – International Telecommunication Union (ITU) BS.1203-1, 1994.
- [2] Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects European Telecommunications Standards Institute. (ETSI), TR 101 190, V1.2.1, Nov. 2004.
- [3] hghghghghghghghghg
- [4] Televisão Digital Terrestre – Receptores, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Norma Brasileira ABNT NBR 15604, Abril, 2008.
- [5] Unified Test Specifications for SD and HD Level Integrated Receiver Decoders – version 2.0, NorDig, July, 2008.
- [6] VHF and UHF Propagation Curves for the Frequency Range from 30 MHz to 1000 MHz. Recommendation - International Telecommunication Union (ITU) - P.370-7, 1995.