



# Medições dos Efeitos do Fenômeno da Difração em Transmissões de TV Digital em Regiões Tropicais

M. F. Bortotti, C. P. Colvero e V. R. D. Carneiro

INMETRO, Duque de Caxias, Brasil, [mfbortotti@inmetro.gov.br](mailto:mfbortotti@inmetro.gov.br)

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma contribuição de procedimentos de medição de difração de sinais de TV Digital para regiões tropicais através de uma metodologia aplicada e uma campanha de medições para validação do mesmo, realizada na cidade do Rio de Janeiro. Esta metodologia é pioneira neste tipo de medição e visa oferecer um incremento dos dados obtidos em pontos de recepção de sinais de TV Digital, apresentando melhores condições de modelagem para ambientes não controlados, resultantes de efeitos de difração em diferentes condições de recepção.

**Palavras chave:** TV Digital, difração, propagação, atenuação, perfil de potência.

## 1. INTRODUÇÃO

Alguns fenômenos de propagação de ondas pela atmosfera sempre despertaram grande interesse de especialistas e da comunidade acadêmica em geral, e recentemente uma nova tecnologia de comunicação de massa implementada no Brasil fez ressurgir os problemas associados a modelagem de propagação quando as ondas eletromagnéticas estão sujeitas a efeitos de difração. De acordo com a missão de inclusão digital associada à implementação do Sistema Brasileiro de TV Digital e sua característica de transmissão *broadcasting* terrestre, é de fundamental importância o estudo dos efeitos de difração em regiões urbanas e montanhosas para previsão de áreas de cobertura e qualidade de sinal, sendo assim, a modelagem dos efeitos de difração se configura com uma importante ferramenta de planejamento de novos sistemas de TV Digital [1-3].

Difração de ondas é um fenômeno físico que ocorre com ondas eletromagnéticas nas mais diferentes frequências quando estas atravessam um orifício ou contornam um obstáculo cuja dimensão é da mesma ordem de grandeza de seu comprimento de onda, causando um desvio da trajetória desta onda [4]. Os efeitos da difração são amplamente conhecidos e estudados para ambientes controlados, porém para o desenvolvimento de modelos de simulação mais coerentes com as condições de propagação reais da atmosfera, uma série de procedimentos devem ser

observados, a fim de reproduzir de forma mais abrangente todas as possíveis condições de recepção destas ondas.

Para os telespectadores, a digitalização dos sinais de TV no Brasil propiciará mais uma oportunidade de inclusão digital de massa através de aplicações domésticas e comerciais que em muito extrapolam os usos atuais em entretenimento e informação da TV analógica utilizada atualmente. Adicionalmente, esta digitalização dos sinais também abre possibilidades sem precedentes de transmissão de imagens e áudio digitais com qualidade superior intrínseca (remoção de fantasmas, maior resolução de imagem e maior alcance de transmissão), permitindo o melhor aproveitamento do canal em relação aos utilizados nos atuais sistemas de televisão [1].

Nesse trabalho apresentamos uma contribuição através dos procedimentos necessários para a medição dos efeitos de difração dos sinais de TV Digital e os resultados de nossa campanha de medições preliminar para validação dos mesmos. Os resultados obtidos neste trabalho, em cooperação com a ANATEL e outras instituições de ensino e pesquisa, servirão de apoio e banco de dados para a elaboração de uma contribuição brasileira de estudo dos efeitos de difração de ondas na faixa de frequências de TV Digital, para posterior envio à União Internacional de Telecomunicações, SG3 – WP 3J [5-6].

## 2. MOTIVAÇÃO DO ESTUDO

Um dos mais importantes requisitos para um sistema de TV é proporcionar uma intensidade de sinal adequada nas áreas de cobertura. Portanto é muito importante ser possível prever o tamanho da área a ser coberta com qualidade de sinal aceitável para a implementação do serviço em uma determinada região, independente de relevo e edificações. Sobre esse contexto, é imprescindível um entendimento da influência dos fatores de urbanização e relevo para garantir uma propagação satisfatória do sinal na área de cobertura desejada. Em sistemas de transmissão e recepção de TV Digital, problemas na propagação do sinal podem gerar a ausência completa de imagem no receptor, desde que este alcance o receptor com potência inferior ao limiar de discriminação do mesmo.

A propagação ocorre por diferentes mecanismos e efeitos variando de acordo com as faixas de frequências utilizadas e a área e ambiente de cobertura considerado,

sendo de interesse desse trabalho aqueles de relevância nas faixas de UHF e VHF, que são as bandas de frequência utilizadas para a radiodifusão da TV Digital no Brasil.

Uma das tarefas mais complicadas em campanhas de medição destes sinais é separar no pós-processamento dos dados os efeitos de atenuação, reflexão e difração, e por este motivo a análise e simulação dos efeitos de difração dos sinais baseados nos mapas do relevo dos terrenos não representa na maioria das vezes uma boa aproximação da situação real de operação do sistema.

Além da aplicação de simulações e modelos encontrados na literatura, a realização de medições de campo para a coleta de dados sobre a propagação sob efeitos de difração é de grande importância para a criação de métodos e ferramentas computacionais. A maior parte dos modelos de previsão existentes na literatura técnica é baseada em experimentos realizados em regiões de clima temperado (Europa, por exemplo). Esses modelos apresentam desempenho pouco satisfatório quando aplicados em regiões de clima tropical e equatorial como o Brasil [7-9].

A partir dessas diretrizes foram estudados os locais mais adequados para as medições de efeitos de difração nos limites da cidade do Rio de Janeiro e verificada a infraestrutura necessária para viabilizar as atividades desejadas para a campanha de medições. Foram definidos os parâmetros a serem medidos e o processamento de registro dos dados. Dessa forma, foram escolhidos 312 locais de medição na cidade do Rio de Janeiro, em terra e mar, com os tipos de obstáculos variando entre edificações, morros e árvores.

### 3. DESENVOLVIMENTO DAS MEDIÇÕES

De acordo com a recomendação da UIT-R, as faixas destinadas à transmissão terrestre do sinal de TV Digital são as mesmas utilizadas para radiodifusão de TV analógica, ou seja, as faixas de VHF e UHF. A previsão da perda de propagação em áreas urbanas na faixa de VHF e UHF tem crescente importância por suas amplas aplicações em novos sistemas de telecomunicações. Dessa forma, o estudo do ambiente é fundamental para a previsão de cobertura em sistemas de comunicações móveis e radiodifusão.

O efeito da difração é a capacidade das ondas eletromagnéticas contornarem obstáculos ou atravessarem orifícios, quando esses obstruem a visada entre o transmissor e o receptor. Esse fenômeno é resultado da característica das ondas eletromagnéticas de propagar como se cada ponto da frente de onda gerasse uma nova onda. Assim, ao se deparar com um obstáculo ou orifício, as fontes pontuais da frente de onda acima do obstáculo ou interna ao orifício continuam irradiando, fazendo com que a região de sombra posterior ao obstáculo ou orifício também contenha parte da energia irradiada.

Em casos de planejamentos de novos sistemas de transmissão terrestre como sistemas de TV Digital, a previsão de cobertura estará diretamente ligada a descrições detalhadas do ambiente que originem modelos que levem em consideração os efeitos de difração em acidentes geográficos e edificações.

As medições foram realizadas no período de 25 a 27 de novembro de 2008, por pesquisadores da Divisão de Metrologia em Telecomunicações do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), Departamento de Controle do Espaço Aéreo (Aeronáutica), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e Petrobras.

Na transmissão foi utilizado o sinal no padrão ISDB na frequência central de 563,143 MHz (UHF) gerado pela TV Globo do Rio de Janeiro. Na recepção foram utilizadas duas unidades móveis equipadas como laboratórios, utilizando antenas UHF Yagi com dipolo dobrado e 14 dBi de ganho, analisadores de espectro, equipamentos GPS e máquinas fotográficas com zoom óptico. Como unidades laboratoriais móveis, foram utilizados dois veículos modelo Sprinter adaptados em terra e uma lancha adaptada para as medições no mar. As configurações das estações de transmissão e recepção utilizadas encontram-se ilustradas na Fig. 1.

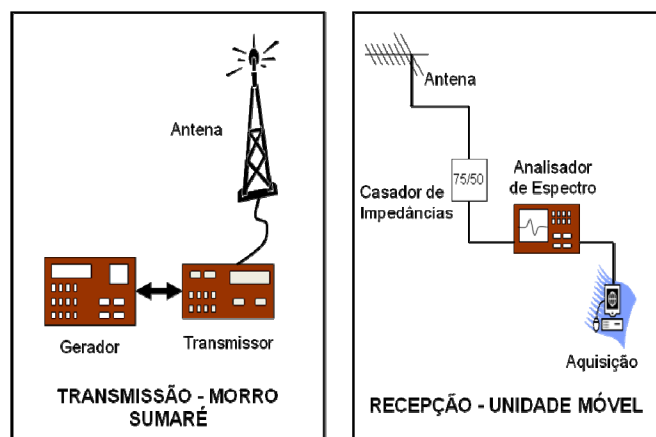


Fig. 1. Estações de transmissão, recepção e aquisição

Para a realização do experimento, foi montado um ambiente de medições no interior das unidades móveis que abrigava mastro, antena, analisadores de espectro, laptops, ferramentas, cones e antena de GPS. As medições foram realizadas em terra seguindo um roteiro pré-estabelecido e posteriormente no mar, circulando dentro da Baía de Guanabara e na orla da Zona Sul, conforme podemos observar nas Fig. 2 e Fig. 3.



Fig. 2. Campanha de medições dos sinais de TV Digital em terra.



Fig. 3. Campanha de medições dos sinais de TV Digital no mar, na foto a praia de Copacabana e o Corcovado ao fundo.

Foram mapeados pontos de energia propagada após efeito de difração e pontos de total ausência de sinal de TV Digital. O procedimento adotado nas medições nos permitiu obter perfis de propagação do sinal de TV Digital sob efeitos de difração e será repetido na continuidade da campanha de medições para a obtenção de um perfil completo de cobertura nas condições citadas. A quantidade de pontos de medição de sinal de TV Digital na cidade do Rio de Janeiro ainda é insuficiente para um completo mapeamento das áreas de cobertura da cidade a partir de uma transmissão no morro do Sumaré. Com intuito de alcançarmos o mapeamento citado a equipe pretende se reorganizar no segundo semestre de 2009 para concluir uma nova etapa de medições.

#### 4. RESULTADOS ESPERADOS

De acordo com os procedimentos de medição nos locais pré-determinados, foram realizadas diversas coletas de dados seguindo a proposta de trabalho descrita abaixo.

Para cada ponto de medição, as unidades móveis eram posicionadas e as direções de referência encontradas através de inspeção visual ou com auxílio de equipamentos de localização, como bússolas e GPS. A seguir a antena receptora era posicionada no mastro e orientada no sentido da antena transmissora de TV Digital da Rede Globo do Rio de Janeiro, localizada no alto do Morro do Sumaré, que com 800 m de altitude em relação ao nível do mar, possui visada em grande parte da cidade e é o principal ponto de localização das antenas de transmissão das emissoras de radio e TV da cidade.

Em seguida, eram obtidos os valores relativos ao piso de ruído, utilizado para estabelecer a relação sinal-ruído do sistema, os níveis de sinal de recepção de TV Digital em dBμV, as coordenadas geográficas através do GPS e como diferencial uma foto digital com uma câmera com zoom da perspectiva de vista entre as antenas receptora e transmissora. Dessa forma, a aquisição de dados se estendeu ao longo de 312 pontos de medição na cidade do Rio de Janeiro, em terra e mar, com os tipos de obstáculos variando entre edificações, morros e vegetações. Um exemplo de medida de sinal de TV Digital é demonstrado na Fig. 4.

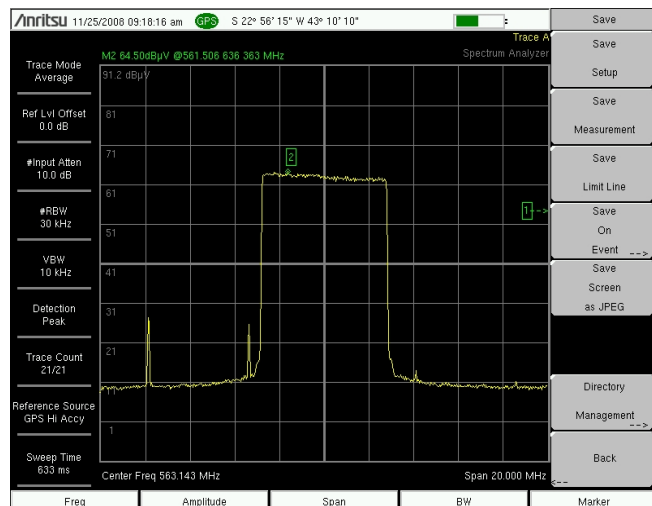


Fig. 4. Exemplo de medida de sinal de TV Digital no receptor, com frequência central em 563,143 MHz.

De posse dos dados das medições, a equipe irá traçar o perfil do sinal de recepção ao longo do relevo através de mapas fornecidos com resolução de 90 m e irá comparar os mesmos com as imagens obtidas da visada da antena receptora, também ao longo deste relevo, constando pontos de medição de energia propagada após sofrer efeitos de difração. Será também realizado um estudo de teorias clássicas e conceituação sobre difração, onde contemplará o background do sistema, a definição clássica de difração de ondas, a teoria de difração em obstáculos, o conhecido princípio de Huygens, as zonas e elipsóides de Fresnel e os cálculos dos efeitos de difração por gume de faca [10-12].

Nesta campanha de medições foram mapeados pontos de recepção de sinal de TV Digital sob influência dos efeitos de difração dificilmente definidos no pós-processamento baseado em mapas de relevo digital, mas através da técnica proposta de se obter uma fotografia digital dos obstáculos no ponto de vista da antena, pode-se observar com clareza a influencia dos obstáculos, e desta forma separar as reflexões da difração do sinal. O procedimento adotado nas medições que nos permitiu obter perfis de propagação do sinal de TV Digital sob efeitos de difração será repetido na continuidade da campanha de medições para a obtenção de um perfil completo de cobertura nas condições citadas.

Para facilitar o entendimento das medições no pós-processamento, foram registrados em tabelas digitais todos os valores medidos, suas características, coordenadas, observações e demais informações relevantes ao processo, bem como acessos diretos através da mesma para cada foto da perspectiva de visada da antena, tornando simples e preciso o acesso a cada informação.

Na Fig. 5 podemos observar um exemplo da tabela utilizada, sendo que a mesma possuía diversos campos automáticos com menus de escolha rápida, para agilizar o preenchimento e evitar erros de digitação. Os principais campos da tabela que deveriam ser fornecidos para cada ponto de medição eram: O registro do ponto de medição, com data e hora, a frequência central do sinal recebido, o tipo de modulação utilizada, a latitude e longitude, com graus, minutos e segundos, um link automático com a respectiva foto da perspectiva de visão da antena receptora em relação ao transmissor, o tipo de mecanismo de

propagação, como espaço livre, obstruído, etc, o nível do piso de ruído, o nível do sinal recebido, o tipo de ambiente de medição e o responsável pela medição, além de um campo de observações para qualquer efeito ou possível interferência externa nos resultados.

Fig. 5. Exemplo de tabela utilizada para controle e registro das medidas do sinal de TV Digital na recepção.

Embora esta análise ainda seja preliminar, os bons resultados obtidos na tentativa de modelar os efeitos de difração dos sinais de TV Digital tem demonstrado ser uma boa ferramenta complementar aos dados obtidos de mapas do terreno, devido aos mesmos possuírem uma resolução pobre de 90 m e não contemplarem muitos dos morros e novas edificações da cidade.

## 5. CONCLUSÃO

A campanha de medições de propagação de sinais de TV Digital na frequência de 563,143 MHz realizada na cidade do Rio de Janeiro com o objetivo de analisar os efeitos do fenômeno da difração em transmissões terrestres em regiões tropicais apresentou resultados preliminares satisfatórios que justificam a continuidade do trabalho para a apresentação dos resultados posteriores à UIT-R.

Estes trabalhos foram embasados em estudos das Recomendações da União Internacional de Telecomunicações através da ITU-R P.452-13 - Prediction procedure for the evaluation of microwave interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.7 GHz, ITU-R P.1812 - A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF e ITU-R P.526-10 - Propagation by diffraction, e assim está sendo realizada uma criteriosa avaliação da Questão ITU-R 202-3/3 - Methods for predicting propagation over the surface of the Earth.

Os dados coletados ainda não apresentam um perfil completo de efeitos de difração na cidade do Rio de Janeiro, mas alguns pontos do dito fenômeno foram observados e justificam a reorganização da equipe para continuidade da campanha de medições.

Após o término desta segunda etapa de medições proposta, será avaliada a elaboração de uma contribuição de procedimentos de medição de sinais VHF e UHF para a UIT, sendo anteriormente submetida à ANATEL, que é o

órgão regulador das telecomunicações nacionais, para posteriormente providenciar o envio à União Internacional de Telecomunicações, SG3 – WP 3J como uma proposta de contribuição do Governo Brasileiro.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq/Prometro e FINEP pelo apoio financeiro aos colaboradores e projeto.

## REFERÊNCIAS

- [1] C. P. Colvero, R. S. L. Souza, L. A. R. da Silva Mello, A. P. Soledade, “Sistema de TV Digital: Medições de Sinais em UHF na Região Metropolitana de São Paulo”, Seminário Internacional de Metrologia Elétrica, Brasil, setembro de 2007.
- [2] J. N. de Carvalho, “Propagação em áreas urbanas na faixa de UHF Aplicação ao planejamento de sistemas de TV digital”, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil, agosto de 2003.
- [3] J. F. B. Cavalcanti, “Medidas de Rádio Propagação em UHF em Ambientes Suburbanos para TV Digital: Estudo de Cobertura para Recepção Fixa”, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil, setembro de 2005.
- [4] <http://www.mundoeducacao.com.br/fisica/o-fenomeno-difracao.htm>, segundo parágrafo.
- [5] Recommendation P.1546-3 ITU-R, “Method For Point-to-Area Predictions For Terrestrial Services In The Frequency Range 30 MHz to 3 000 MHz”, Genebra, 2005.
- [6] Recommendation ITU-R BT.1368-6 - “Planning criteria for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands”, Genebra, 2006.
- [7] Gerald W. Collins, “Fundamentals of Digital Television Transmission”, Wiley-IEEE Press, hardcover, pp. 122-144, November, 2000.
- [8] Deygout, J.; “Multiple knife-edge diffraction of microwave”. IEEE Trans., Antenna and Propagation, vol. AP-14, pp 480-489, Julho, 1966.
- [9] Okumura, Y.; Ohmori, E.; Kaetano, T.; Fukuda, K., “Field Strength and its Variability in the VHF and UHF Land Mobile Radio Services”. Review of the Electronic Communications, Labs 16, N9-10, pp. 825-873, 1968.
- [10] Hatem Mokhtari, “A Comprehensive Double Knife-Edge Diffraction Computation Method Based on the Complete Fresnel Theory and a Recursive Series Expansion Method”, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 48, No. 2, pp. 589, March, 1999.
- [11] K. Po and J. Takada, “Protection Criteria for ISDB-T system from IEEE 802.22 System,” IEICE Society, September 2006.
- [12] Wachi, H.; Orito, S.; Tanaka, T.; Wada, K.; Ooura, T.; Ichikawa, S.; Takezaki, T.; Mitobe S; Koshino, M.; Ebata, Y., “High attenuation SAW IF filter for digital terrestrial TV”, IEEE Symposium on Communications, Volume 1, Issue, pp: 811 – 816, 5-8 Oct. 2003.