

TRANSMISSÃO ONE-SEG NO WHITE SPACE DE TV DIGITAL - interferência de canal adjacente na tv digital

Lucca Altarejo Carvilhe (IT) e Cristiano Akamine (Orientador)

Apoio: PIBIT CNPq/Funttel

Resumo

Com o avanço da tecnologia, o uso eficiente do espectro de radiodifusão UHF e VHF é essencial, visto que o número de canais de TV digital está sendo reduzido para a ampliação da 4ª geração de banda larga móvel (4G). No futuro não há garantia que as próximas gerações de banda larga móvel ou qualquer outro tipo de tecnologia possa fragmentar cada vez mais o espectro de radiodifusão UHF e VHF. Este projeto aborda uma forma de aproveitar espaços inutilizados entre dois canais de televisão nas faixas de frequências UHF (*Ultra High Frequency*) e VHF (*Very High Frequency*), denominados *White Space*. Com o uso do dongle RTL 2832U, para sintonia dos canais, e do SDR (*Software Defined Radio*) que possibilita, sem que seja necessário modificar o *hardware*, a manipulação deste sinal. Foram realizados testes em laboratório na gaiola de Faraday, para analisar o limiar de interferência entre o sinal *Full-Seg* e o *One-Seg*. Este projeto permitirá o uso de 6 canais *One-Seg* na faixa do VHF alto e 34 canais no UHF, um aproveitamento expressivo do espectro de radiodifusão UHF e VHF, sendo possível utiliza-los para inúmeras aplicações rentáveis sendo uma delas a *Digital Signage*.

Palavras-chave: ISDB-T, TV Digital, White Space.

Abstract

With the improvement of technology, efficient use of the UHF and VHF broadcast spectrum is essential, as the number of digital TV channels is being reduced to the expansion of the fourth generation mobile broadband (4G). In the future there is no guarantee that the next generation of mobile broadband or any other type of technology can fragmenting increasingly UHF and VHF broadcast spectrum. This project addresses a way to take advantage of unused space between two television channels in the UHF (Ultra High Frequency) and VHF (Very High Frequency) frequency bands, called White Space. Using the dongle RTL 2832U, to tune the channel, and SDR (Software Defined Radio) that makes possible the handling of this signal without having to modify the hardware. Laboratory tests were performed in the Faraday cage, to analyze the threshold of interference between the Full-Seg and One-Seg signal. The project will allow use 6 One-Seg channels in the high VHF band and 34 channels in UHF, a significant advantage UHF and VHF broadcast spectrum, and making it possible to use them for many profitable applications like a Digital Signage.

Keywords: ISDB-T, Digital TV, White Space.

Introdução

O projeto tem como intuito analisar as bandas de guarda (*White Space*) das faixas UHF e VHF alto, utilizando o SDR modelo RTL 2832U. Realizando a reprogramação do SDR é possível realizar a sintonizar dos canais no *White Space*, já que receptores *One-Seg* (*tablets*, celulares modernos, entre outros dispositivos) apenas conseguem sintonizar o segmento central dos canais de TV. Ou seja, o objetivo é transmitir um canal *One-Seg* entre dois canais de TV digital.

Há possibilidade de realizar inúmeras aplicações a esse projeto através da *Digital Signage*, aplicações essas podem ser: marketing de produtos, transmissão informativos, preços, de um estabelecimento, supermercado, loja, entre outras possibilidades. Basta o cliente possuir um dispositivo móvel que contenha uma televisão digital integrada (*One-Seg*), o que atualmente a maioria dos celulares atuais possui, acessa-la em um canal pré-definido que as propagandas, informativos, preços, estarão sendo transmitidas. Ou seja, transmissão de novos conteúdos em ambientes fechados com restrição de potência. Esta restrição ocorre devido ao fato de que dependendo a potência utilizada para esta transmissão podem ocorrer interferências nas bandas vizinhas, portanto em locais fechados esta frequência se torna isolada das outras, funcionando apenas dentro do estabelecimento.

Referencial Teórico

Atualmente o uso de celulares, smartphones, *tablets* entre outros, está cada vez mais presente na vida das pessoas, o que gera uma troca de informações instantânea, ou seja, as pessoas recebem e enviam informações a cada instante e isso já está na rotina de alguns. Recentemente, uma das funções mais utilizadas é a televisão digital portátil em celulares. Sejam em ônibus, metrô, carros, filas, ou até mesmo em suas casas quando ocorre a falta de energia elétrica. Isso só é possível devido o sistema chamado *One-Seg*. A difusão do *One-Seg* deverá eliminar a oferta do serviço similar por parte das operadoras (streaming de TV ao vivo) e isso terá aspectos positivos para ambos os atores. Pelo lado das emissoras, a óbvia vantagem será a portabilidade, e a possibilidade de serem assistidas, a qualquer momento e em qualquer lugar, por um potencial de 100 milhões de pessoas. Pelo lado dos telespectadores, um aumento considerável na qualidade da imagem (NAZARENO, Cláudio; 2007).

Em 1998, surgiram as primeiras transmissões de TV digital terrestre (propagação pelo ar). Os Estados Unidos adotaram o sistema *Advanced Television Systems Committee* (ATSC) e os europeus, o sistema *Digital Video Broadcasting-Terrestrial* (DVB-T). No Japão, foi criado

o sistema *Integrated System Digital Broadcasting-Terrestrial* (ISDB-T), que somente entrou em operação comercial a partir de 2003 (E. DANTAS, Carlos, et al; 2004).

Em 2006, o Brasil adotou o ISDB-T_B (*Integrated Services Digital Broadcasting Terrestre Version B*). O sistema de transmissão ISDB-T_B baseia-se no sistema japonês ISDB-T. Dentre suas características destaca-se a divisão da banda de um canal de TV de 6 MHz em 14 segmentos de 428.572 kHz. Destes segmentos, 13 são utilizados para a transmissão de dados e 1 é utilizado como banda de guarda. A imagem 1 mostra os segmentos de RF (Rádio Frequência) e sua respectiva numeração.

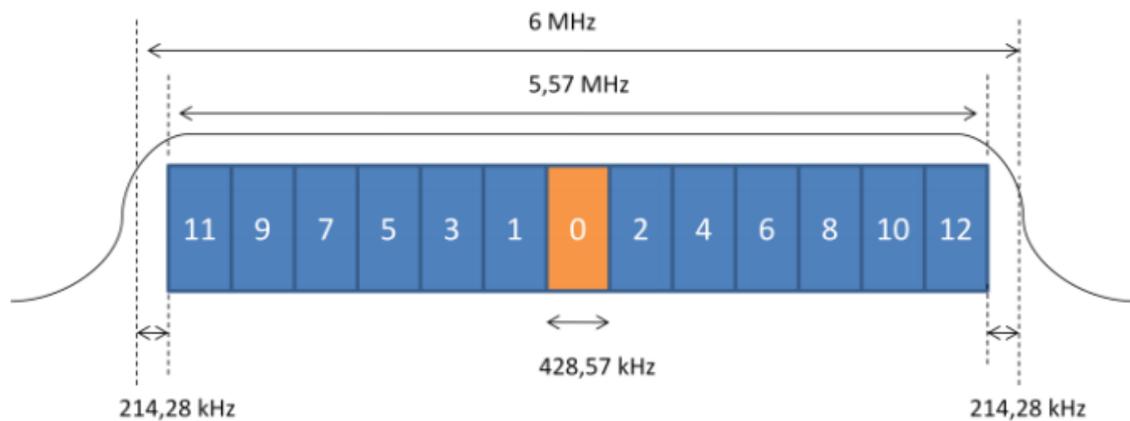


Imagem 1 – Divisão da banda de 6 MHz em 13 segmentos de 428.572 kHz.

Fonte: (ISHINI, Alexandre Kioshi; AKAMINE, Cristiano; 2008/2009).

Cada segmento comporta transmissões de até 400 kbps e o central, de melhor recepção, é utilizado para o serviço de radiodifusão para aparelhos celulares. Esse serviço é chamado de *One-Seg* (NAZARENO, Cláudio; 2007).

Entretanto, entre os canais de TV digital, existe uma banda de guarda (*White Space*) de 428,572 kHz, intervalos de tempo vazio de informação útil adicionado antes da transmissão de cada símbolo (E. DANTAS, Carlos, et al; 2004).

Uma das formas para selecionar estes segmentos anteriormente ditos, é utilizando o SDR (*Software Defined Radio*). O SDR tem como função principal a realização da digitalização do sinal captado na antena, sendo todo processamento restante realizado através de software. Com a facilidade de ajustes e modificações no rádio pela simples troca de software, tornando-se possível implementar rádios multibanda, multimodo, com um alto grau de customização, conduzindo a uma independência do usuário para configurar o rádio com uma segurança de informação própria e com formas de onda que sejam mais convenientes. A maior parte do processamento de sinais do SDR é realizada por um processador de propósito geral, o que permite ao SDR receber e transmitir diferentes protocolos de rádio. O SDR é capaz de operar em diferentes bandas, modulações, formatos de onda e em uma ampla gama

de frequências, através de conversões A/D-D/A, amplificadores de baixo ruído e filtros *anti-aliasing*, codificações da fonte e do canal, modulações, sincronismos, equalizações, entre outros processos (LIMA, André Gustavo Monteiro; [200-?]).

No Brasil, o VHF (*Very High Frequency*) alto e o UHF (*Ultra High Frequency*), utilizam as frequências de 216 MHz (canais 7 ao 13) e 470 MHz a 806 MHz (canais 14 ao 69) (ABNT NBR 15601; 2007), para a TV digital. A faixa de 700 MHz (canais 52 ao 69) será desativada a partir de 2016 (OLIVEIRA, Guilherme; 2014). Ela foi leiloada pela Anatel, que arrecadou R\$ 5,07 bilhões. As operadoras de telecomunicação irão usar esta faixa para a ampliação da tecnologia de quarta geração de banda larga móvel (4G), assim diminuindo ainda mais a quantidade de canais disponíveis para a TV digital (AMATO, Fábio; 2014).

Metodologia

- Procedimento de testes de interferência:

O principal objetivo deste teste é verificar como se comporta o sistema ISDB-T_B *Full-Seg* quando interferido por um sinal *One-Seg* adjacente, superior ou inferior, e vice-versa.

O teste é realizado dentro de uma gaiola de Faraday a partir do uso de dois transmissores, um *Full-Seg* (Rohde&Schwarz – SFU) e outro *One-Seg* (Eiden – OFDM Modulator; modelo:3501C-024), ligados a atenuadores de sinal (Rohde&Schwarz – RF Step Attenuator) para controlar a potência. O atenuador ligado ao transmissor *One-Seg* foi conectado a um filtro (Telonic; modelo: TTF600) para filtrar a portadora contínua. Assim ambos sinais são ligados ao combinador (Mini Circuits; modelo: ZSC-2-4+), direcionados ao analisador de espectro (Rohde&Schwarz – SFV) e ao dongle RTL-2832U ou a TV STB (Set-Top Box) para análise de interferência entre sinais *Full-Seg* e *One-Seg*, como mostra o Imagem 2.

Esta interferência pode ser medida pela avaliação do parâmetro denominado “Relação de Proteção”, que é a relação em dB, entre a potência do sinal desejado (D) e a potência do sinal interferente não desejado (U), pela equação 1: $(D - U)dB = D(dBm) - U(dBm)$ (1) (E. DANTAS, Carlos, et al; 2004).

Diagrama de blocos do teste:

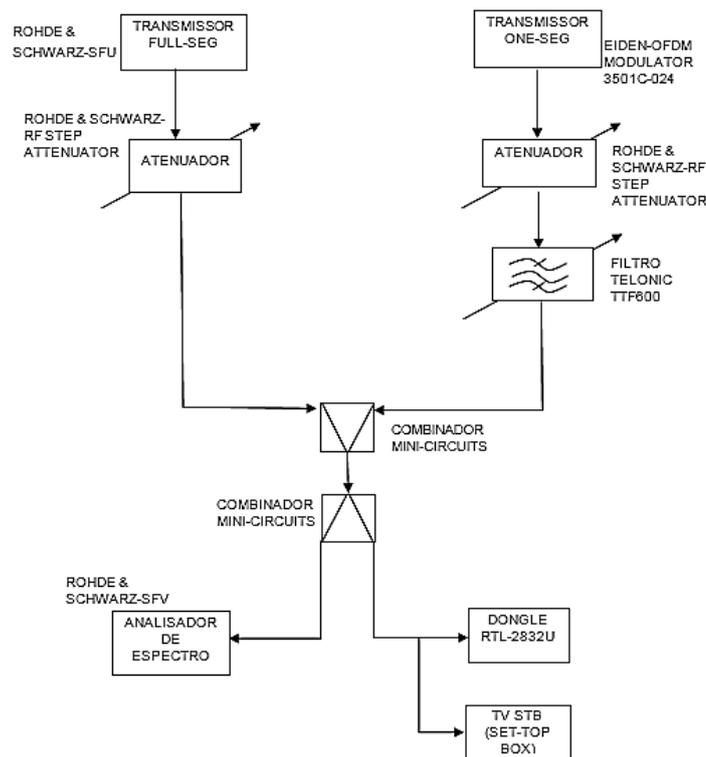


Imagem 2 – Diagrama de blocos do teste de interferência.

Modulação utilizada para o sinal *Full-Seg*: 13 seg, 64-QAM, FEC: 3/4, I=0, IG=1/16.

Modulação utilizada para o sinal *One-Seg*: 1 seg, QPSK, FEC: 1/2, I=2, IG=1/16.

-Etapas do teste:

-Faixa UHF

I) Interferência do canal de TV digital *Full-Seg* no sinal *One-Seg* adjacente superior:

- 1) Ajustar a frequência central do transmissor *Full-Seg* para 587,142857 MHz (Canal 33).
- 2) Mediar a potência média do Canal 33 com largura de banda de 5,57142 MHz e ajustar a potência do canal para 0 dBm na entrada do atenuador.
- 3) Ajustar a frequência central do transmissor *One-Seg* para 590,142857 MHz (Banda de guarda entre os canais 33 e 34).
- 4) Medir a potência média do Canal 34 *One-Seg* com largura de banda de 428,571428 KHz e ajustar a potência do canal para 0 dBm na saída do filtro.
- 5) Ajustar a frequência de corte do Filtro do *One-Seg* para eliminar a CP (Portadora contínua) localizada no extremo do lado direito da banda. Após o ajuste do filtro, fixar a potência do *One-Seg* usando o atenuador para medir -70 dBm na entrada do dongle.

6) Atenuar 140 dB o sinal do *Full-Seg* no atenuador e observar a imagem do sinal *One-Seg* por 1 minuto.

7) Diminuir a atenuação do sinal *Full-Seg* até surgir interferência no vídeo do sinal *One-Seg*. Avaliar a imagem por 1 minuto e repetir o procedimento até atingir o limite de visibilidade (TOV), valor considerado após o observador detectar algum tipo de distorção na imagem do aparelho de TV.

8) Anotar o valor encontrado na tabela.

II) Interferência do canal de TV digital *Full-Seg* no sinal *One-Seg* adjacente inferior:

1) Ajustar a frequência central do transmissor *Full-Seg* para 593,142857 MHz (Canal 34).

2) Mediar a potência média do Canal 33 com largura de banda de 5,57142 MHz e ajustar a potência do canal para 0 dBm na entrada do atenuador.

3) Ajustar a frequência central do transmissor *One-Seg* para 590,142857 MHz (Banda de guarda entre os canais 33 e 34).

4) Medir a potência média do Canal 32 *One-Seg* com largura de banda de 428,571428 KHz e ajustar a potência do canal para 0 dBm na saída do filtro.

5) Ajustar a frequência de corte do Filtro do *One-Seg* para eliminar a CP. Após o ajuste do filtro, fixar a potência do *One-Seg* usando o atenuador para medir -70 dBm na entrada do dongle.

6) Atenuar 140 dB o sinal do *Full-Seg* no atenuador e observar a imagem do sinal *One-Seg* por 1 minuto.

7) Diminuir a atenuação do sinal *Full-Seg* até surgir interferência no vídeo do sinal *One-Seg*. Avaliar a imagem por 1 minuto e repetir o procedimento até atingir o limite de visibilidade (TOV).

8) Anotar o valor encontrado na tabela.

III) Interferência do sinal *One-Seg* no canal de TV digital adjacente superior:

1) Ajustar a frequência central do transmissor *Full-Seg* para 593,142857 MHz (Canal 34).

2) Mediar a potência média do Canal 33 com largura de banda de 5,57142 MHz e ajustar a potência do canal para 0 dBm na entrada do atenuador.

3) Ajustar a frequência central do transmissor *One-Seg* para 590,142857 MHz (Banda de guarda entre os canais 33 e 34).

- 4) Medir a potência média do Canal 32 *One-Seg* com largura de banda de 428,571428 KHz e ajustar a potência do canal para 0 dBm na saída do filtro.
- 5) Ajustar a frequência de corte do Filtro do *One-Seg* para eliminar a CP. Após o ajuste do filtro, fixar a potência do *One-Seg* usando o atenuador para medir -70 dBm na entrada do dongle.
- 6) Atenuar 140 dB o sinal do *One-Seg* no atenuador e observar a imagem do sinal *Full-Seg* por 1 minuto.
- 7) Diminuir a atenuação do sinal *One-Seg* até surgir interferência no vídeo do sinal *Full-Seg*. Avaliar a imagem por 1 minuto e repetir o procedimento até atingir o limite de visibilidade (TOV).
- 8) Anotar o valor encontrado na tabela.

IV) Interferência do sinal *One-Seg* no canal de TV digital adjacente inferior:

- 1) Ajustar a frequência central do transmissor *Full-Seg* para 587,142857 MHz (Canal 33).
- 2) Medir a potência média do Canal 32 com largura de banda de 5,57142 MHz e ajustar a potência do canal para 0 dBm na entrada do atenuador.
- 3) Ajustar a frequência central do transmissor *One-Seg* para 590,142857 MHz (Banda de guarda entre os canais 33 e 34).
- 4) Medir a potência média do Canal 32 *One-Seg* com largura de banda de 428,571428 KHz e ajustar a potência do canal para 0 dBm na saída do filtro.
- 5) Ajustar a frequência de corte do Filtro do *One-Seg* para eliminar a CP. Após o ajuste do filtro, fixar a potência do *One-Seg* usando o atenuador para medir -70 dBm na entrada do dongle.
- 6) Atenuar 140 dB o sinal do *One-Seg* no atenuador e observar a imagem do sinal *Full-Seg* por 1 minuto.
- 7) Diminuir a atenuação do sinal *One-Seg* até surgir interferência no vídeo do sinal *Full-Seg*. Avaliar a imagem por 1 minuto e repetir o procedimento até atingir o limite de visibilidade (TOV).
- 8) Anotar o valor encontrado na tabela. Copiar telas do espectro em cada etapa para registro.

- Faixa VHF

Para a faixa de frequência VHF utilizamos os mesmos procedimentos de testes alterando as frequências:

587,142857 MHz (Canal 33) → 183,142857 MHz (Canal 8)

593,142857 MHz (Canal 34) → 189,142857 MHz (Canal 9)

590,142857 MHz (Intervalo entre os canais 33 e 34) → 186,142857 MHz (Intervalo entre os canais 8 e 9)

Resultados e Discussão

Devido a incompatibilidade do dongle utilizado com o sistema operacional Linux Ubuntu, não foi possível a utilização do software GnuRadio para sintonia dos canais. Foi utilizado então o software BlazeHDTV 6.0, disponibilizado pelo fabricante, no sistema operacional Windows 7, para sintonizar os sinais *Full-Seg* e *One-Seg*.

Com a realização dos testes descritos, os resultados obtidos foram:

- Faixa UHF:

I) Potência do sinal desejado (D): -70 dBm

Potência do sinal não desejado (U): -45,8 dBm



Date: 26.APR.2016 17:10:35

Imagem 3 - Interferência do canal de TV digital *Full-Seg* no sinal *One-Seg* adjacente superior.

- II) Potência do sinal desejado (D): -70 dBm
 Potência do sinal não desejado (U): -48,8 dBm

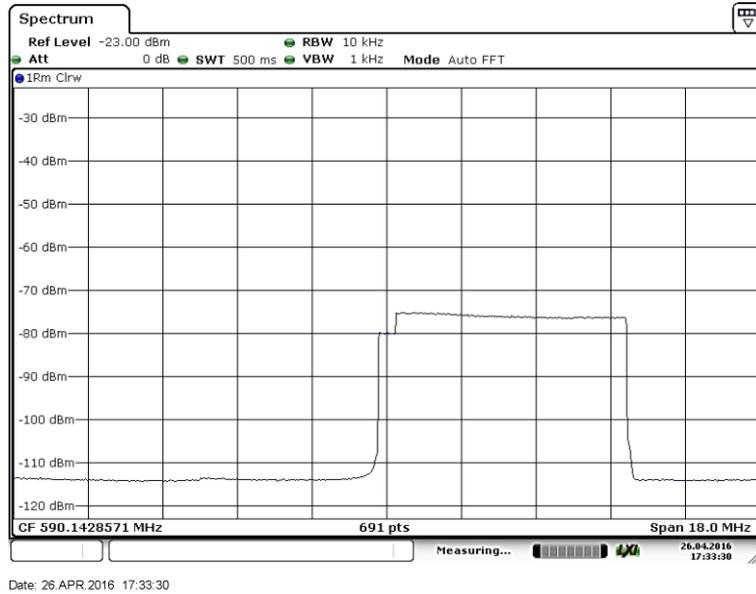


Imagem 4 - Interferência do canal de TV digital *Full-Seg* no sinal *One-Seg* adjacente inferior.

- III) Potência do sinal desejado (D): -70 dBm
 Potência do sinal não desejado (U): -44,6 dBm

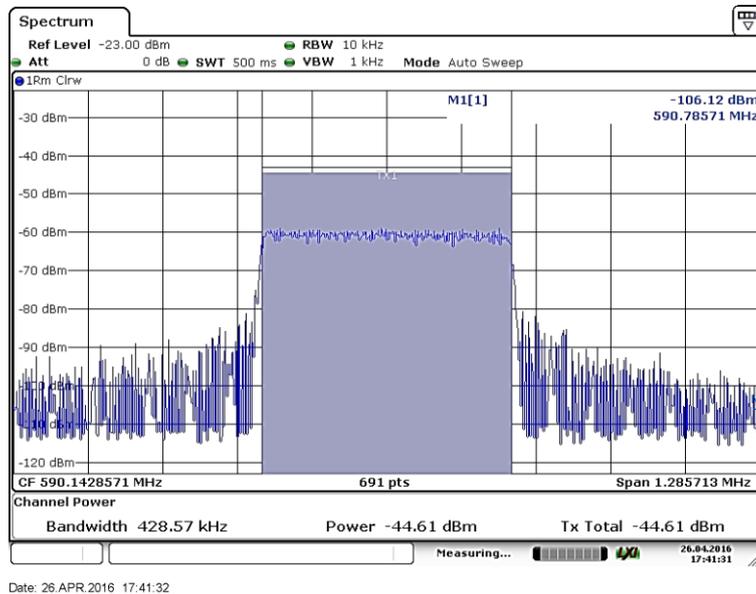


Imagem 5 - Interferência do sinal *One-Seg* no canal de TV digital adjacente superior.

- IV) Potência do sinal desejado (D): -70 dBm
 Potência do sinal não desejado (U): -43,8 dBm

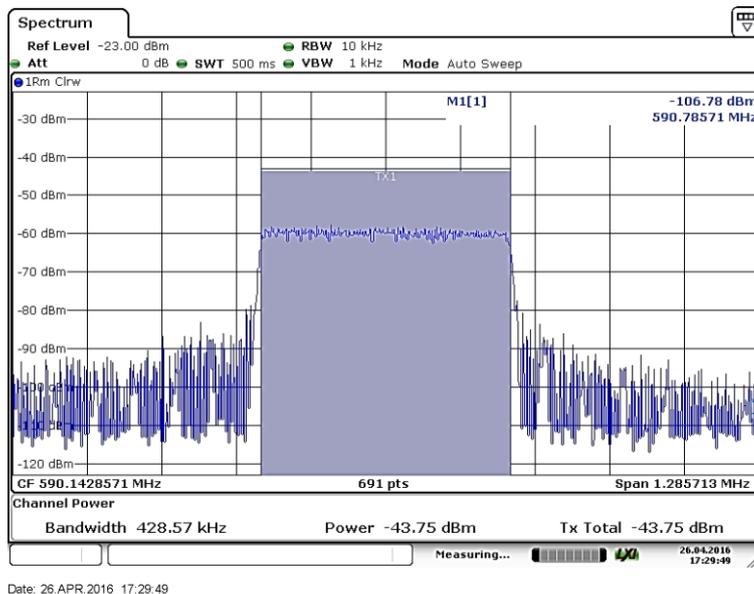


Imagem 6 - Interferência do sinal *One-Seg* no canal de TV digital adjacente inferior.

- Faixa VHF

- I) Potência do sinal desejado (D): -70 dBm
 Potência do sinal não desejado (U): -46,6 dBm

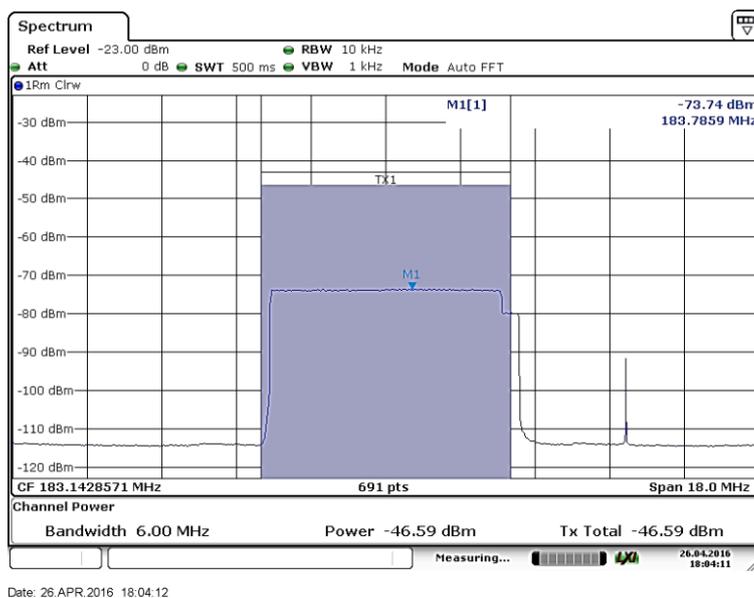


Imagem 7 - Interferência do canal de TV digital *Full-Seg* no sinal *One-Seg* adjacente superior.

- II) Potência do sinal desejado (D): -70 dBm
 Potência do sinal não desejado (U): -47,2 dBm

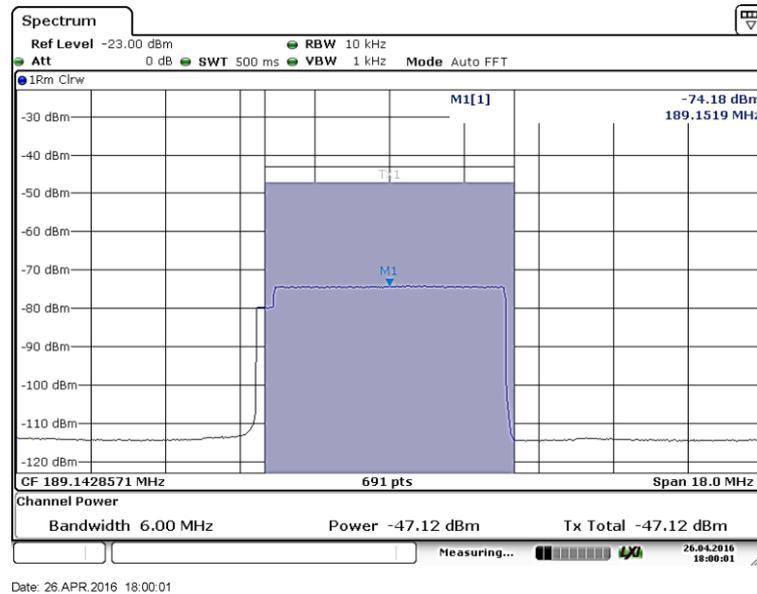


Imagem 8 - Interferência do canal de TV digital *Full-Seg* no sinal *One-Seg* adjacente inferior.

- III) Potência do sinal desejado (D): -70 dBm
 Potência do sinal não desejado (U): -50,4 dBm

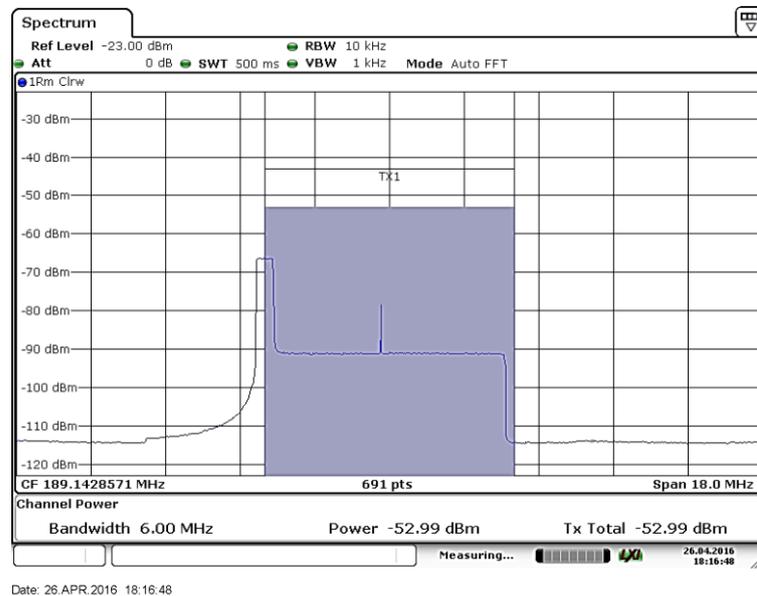
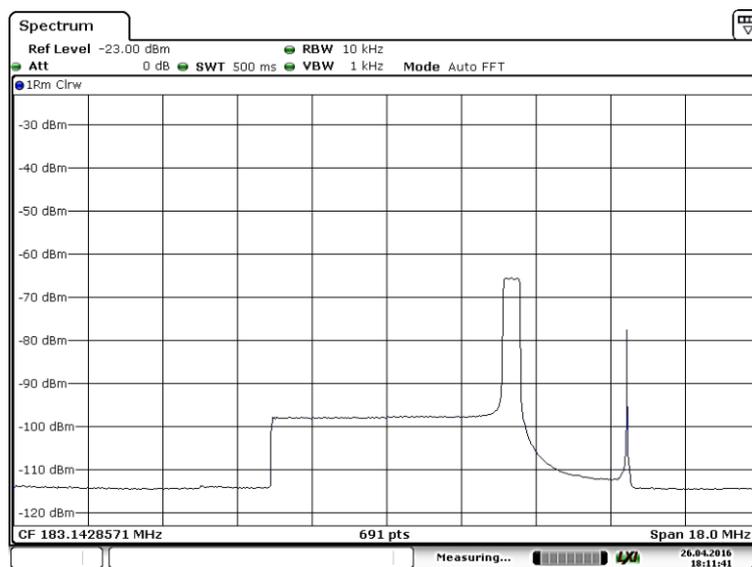


Imagem 9 - Interferência do sinal *One-Seg* no canal de TV digital adjacente superior.

- IV) Potência do sinal desejado (D): -70 dBm
 Potência do sinal não desejado (U): -49,6 dBm



Date: 26 APR.2016 18:11:41

Imagem 10 - Interferência do sinal *One-Seg* no canal de TV digital adjacente inferior.

Considerações Finais

Utilizando a Equação 1 e levando em consideração a atenuação de -6,1 dBm causada pelo casador de impedâncias utilizado, as relações de proteção foram:

-UHF

Canal Interferente	Relação de Proteção (D/U) dB
<i>Full-Seg</i>	-
Adjacente Superior	-24,2
Adjacente Inferior	-21,2
<i>One-Seg</i>	-
Adjacente Superior	-25,4
Adjacente Inferior	-26,6

-VHF

Canal Interferente	Relação de Proteção (D/U) dB
<i>Full-Seg</i>	-
Adjacente Superior	-23,4
Adjacente Inferior	-22,8
<i>One-Seg</i>	-
Adjacente Superior	-19,6
Adjacente Inferior	-20,4

O resultado da relação de proteção da faixa VHF foi prejudicado uma vez que não foi possível ajustar o filtro corretamente devido suas limitações. Entretanto os resultados indicam que é possível operar com potência restrita em ambientes fechados sendo a potência do sinal *One-Seg* 26,6 dB abaixo da potência do *Full-Seg*, assim não gerando interferências.

Agradecimento

Agradeço o apoio de todos que contribuíram nesse projeto, principalmente o Mestre Engenheiro Yuri Pontes Maciel.

Referências

AMATO, Fábio; Arrecadação menor no leilão do 4G era prevista, diz ministro. **G1**, Brasília, 30 setembro 2014, Economia. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2014/09/arrecadacao-menor-no-leilao-do-4g-era-prevista-diz-ministro.html>>. Acesso em: 08 dezembro 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15601**: Televisão digital terrestre — Sistema de transmissão. Rio de Janeiro, 2007. p.53.

E. DANTAS, Carlos, et al. Parte I - Sistemas de Tv Digital. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v.05, n.05, p.13-96, 2004.

E. DANTAS, Carlos, et al. Parte II – Procedimento de Medidas. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v.05, n.05, p.124-130, 2004.

ISHINI, Alexandre Kioshi; AKAMINE, Cristiano. Técnicas de Estimação de Canal para o Sistema ISDB-T_B. **Revista de Radiodifusão**, São Paulo, v.08, n.03, p. 151-157. 2008/2009.

LIMA, André Gustavo Monteiro. **Rádio definido por software: O próximo salto no mundo das telecomunicações e computação.** Relatório de pesquisa – Faculdade de Engenharia de Telecomunicações, Universidade de Brasília, Distrito Federal, [200-?].

NAZARENO, Cláudio. **Desmistificando a convergência: o caso da radiodifusão no celular.** Brasília – Distrito Federal. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Julho, 2007. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/1087>>. Acesso em: 6 dezembro 2014.

OLIVEIRA, Guilherme. **Uso da faixa de 700 MHz pela internet 4G desperta preocupações técnicas.** Reprodução autorizada mediante citação da Agência Senado. Disponível em: <<http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2014/08/26/uso-da-faixa-de-700-mhz-pela-internet-4g-desperta-preocupacoes-tecnicas>>. Acesso em: 07 dezembro 2014.

Contato: lucca_carvilhe@hotmail.com e cristiano.akamine@mackenzie.br