

ANÁLISE DA PROPAGAÇÃO DE SINAIS DE TV DIGITAL NA CIDADE DE UBERLÂNDIA - MG

Tiago Nunes Santos, Gilberto Arantes Carrijo
Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia-MG.
tiagonunes27@gmail.com, gilberto@ufu.br

Resumo – Este artigo descreve o resultado final da análise comparativa da propagação de sinais de TV Digital realizada em Uberlândia-MG, entre os meses de abril a junho de 2015. Por meio dos dados coletados de duas emissoras de abrangência regional e local, com características técnicas diferentes uma da outra, as análises comparativas foram realizadas considerando o modelo adotado para a confecção dos projetos técnicos do Sistema Brasileiro de Televisão Digital – SBTVD o ITU-R P.1546.

Palavras-chave: Propagação, Qualidade, Sinal Digital, Televisão Digital.

ANALYSIS OF THE SPREAD OF DIGITAL TV SIGNALS IN THE CITY OF UBERLÂNDIA-MG

Abstract - This article describes the end result of comparative analysis of the spread of Digital TV signals, held in Uberlândia, Minas Gerais, between the months of April to June 2015.

Using data collected from two spanning regional and local stations, with different technical characteristics, the comparative analyses were performed considering the model adopted for the preparation of technical projects of Sistema Brasileiro de Televisão Digital-SBTVD ITU-R p. 1546.

Keywords - Propagation, Quality, Digital signal, Digital television.

NOMENCLATURA

ITU – International Telecommunication Union
ERP – Effectively Radiated Power

I. INTRODUÇÃO

Em 3 de abril de 1950, iniciou-se o processo de transmissão, no Brasil, do meio de comunicação que hoje está presente em 97% dos lares brasileiros: a TV [1]. Após o lançamento da TV preto e branco, a televisão começou a passar por modificações. Em 19 de fevereiro de 1972, ocorreu uma dessas modificações, no sistema de transmissão e

geração. O telespectador começou a assistir à programação em cores e com melhor resolução. Em virtude disso, os aparelhos começaram a se aprimorar. No final dos anos 80, modelos com som estéreo surgiram no mercado. Depois dessas melhorias, no final dos anos 90, as modificações se tornaram mais evidentes, sendo criados televisores de telas com maior resolução, surgindo os aparelhos televisores de tela plana, plasma e LCD.

No dia 2 de dezembro de 2007, na cidade de São Paulo, foi iniciada a transmissão do sinal de TV digital no Brasil. Essa tecnologia veio substituir a analógica, com grandes diferenciais e desafios a serem cumpridos. Um desses diferenciais que temos em relação à TV analógica é a melhoria da qualidade da imagem e do som e a interatividade com o telespectador.

Os desafios enfrentados pelas emissoras de televisão na implantação do sistema digital no Brasil são: manter a qualidade do sinal digital, ter uma maior cobertura da cidade, uma recepção móvel de alta qualidade e, o mais complexo de todos, a recepção do sinal em ambientes fechados onde não se tem antena externa.

Nesse contexto, as emissoras passarão por transformações mais evidentes, buscando manter a melhor qualidade do sinal, o que representará um impacto financeiro muito grande. Ao conceber o projeto técnico, o engenheiro projetista irá buscar a melhor solução para suprir esses desafios, dentre elas um transmissor com maior potência, antena com maior ganho, os melhores cabos e conectores do mercado. Na procura por melhores soluções, as emissoras precisarão de um alto investimento a ser aplicado no sistema de transmissão.

Para eliminar um pouco desses custos, é necessário que o engenheiro projetista tenha em mãos softwares de simulações e conhecimento amplo de vários métodos de propagação, capazes de plotar manchas do sinal. Será preciso ainda analisar qual o melhor método de propagação a ser adotado para chegar a um modelo mais real/preciso. E assim o engenheiro terá a capacidade de definir qual é a melhor solução do sistema de transmissão, com baixo custo e maior qualidade para a emissora.

Ao ser aprovado o projeto técnico no Ministério das Comunicações e se implantar o sistema digital, é necessário realizar medições da intensidade do sinal digital em vários pontos da cidade e fazer uma análise do projeto técnico com o valor medido em campo para poder verificar regiões de



XIII CEEL - ISSN 2178-8308
12 a 16 de Outubro de 2015
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

sombra e buscar soluções para cada setor, como, por exemplo, instalar um *gap filler* nessas regiões de sombra. Com a modificação de tecnologia do analógico para o digital e o desligamento do sinal analógico previsto para 2018, será necessário um estudo da qualidade do sinal da TV digital de Uberlândia, em especial da potência recebida pelo receptor e do campo elétrico.

II. OBJETIVOS

O projeto proposto teve como objetivos coletar dados sobre a propagação do sinal da televisão digital terrestre em Uberlândia-MG de acordo com as normas propostas na Resolução nº 67, de 12 de novembro de 1988, e realizar comparações dos valores medidos com os valores teóricos, com o modelo ITU-R P.1546 utilizado para a análise de propagação em regiões urbanas nas faixas de frequência de 30 a 3.000 MHz e para distâncias entre 1 km e 1.000 km.

III. ITU-R P.1546

O modelo apresentado na recomendação da União Internacional de Telecomunicações (ITU – International Telecommunications Union) é adotado pelo Ministério das Comunicações e pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) para a confecção dos projetos técnicos de radiodifusão no Brasil. Ele se baseia em curvas de intensidade de campo que foram obtidas por intermédio de medidas realizadas em ambientes terrestres e marítimos nos EUA e na Europa.

Essas curvas permitem determinar a variação da intensidade de campo que apresentam valores nominais para percentual de tempo de 1%, 10% e 50%; frequências de 100 MHz, 600 MHz e 1.000 MHz; variabilidade local de 50%; alturas de antenas transmissoras de 10, 20, 37.5, 75, 150, 300, 600 e 1.200 metros; altura de antena receptora com 10 metros para percursos marítimos e altura efetiva baseada no terreno para percursos terrestres.

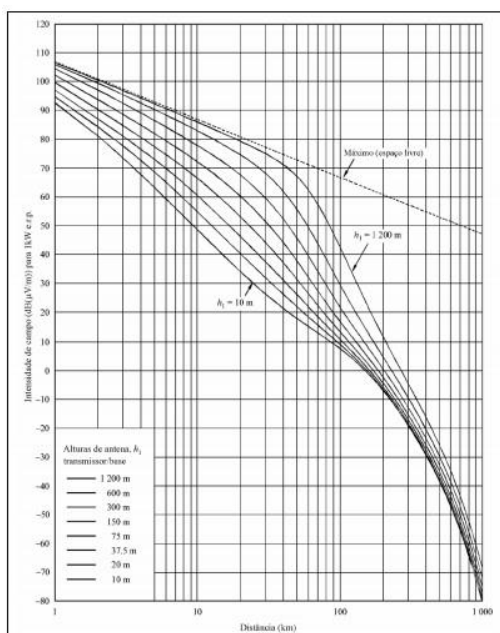


Figura 1 Curva de intensidade de campo

Para os valores que não são representados nessas curvas é preciso realizar uma interpolação. Para encontrar o valor máximo de campo é necessário realizar os 20 procedimentos descritos na recomendação. Um exemplo de curvas de intensidade de campo para valores nominais de distância e frequência e porcentagem de tempo excedidos é mostrado na Figura 1.

A ITU-R P.1546 determina o desvio padrão para radiodifusão digital em frequências de 100, 600 e 2.000 MHz, um desvio aceitável de 5.5 dB.

IV. DESENVOLVIMENTO

Para a verificação das medidas, foi preciso definir em quais emissoras seriam realizadas as medições de campo. Com a definição das emissoras, o próximo passo foi solicitar os dados do sistema irradiante das emissoras de TV de Uberlândia. Neste trabalho optamos pelas duas emissoras principais da cidade, chamadas de emissora A e emissora B.

As características técnicas fornecidas pelas emissoras foram as seguintes:

Emissora A

Coordenadas da estação: 18° 53' 06" S 48° 15' 42" W
 Altitude: 937 m
 Altura do centro de fase do sistema irradiante (Hcf): 64 m
 Potência de transmissão: 2,5 KW
 Canal: 30
 Faixa de frequência: 566 – 572 MHz
 Frequência de operação: 569,142857 MHz

Linha de transmissão:
 Diâmetro: 1 5/8
 Comprimento: 71 m
 Perda de inserção: 1,27

Eficiência da linha: 70,46%

Antena: Ideal
 Modelo: ISDE83022UT
 Ganho máximo: 11,20 dB
 Tilt elétrico: 4°
 Polarização: circular (horizontal e circular)

Cálculo da Erp:
 $ERP(KW) = PotT \times (KW) \times G \text{ antena} \times \text{eficiência da linha}$
 $ERP(KW) = 2,50 \times 13,18 \times 0,7046$
 $ERP(KW) = 23,21657 \text{ KW}$

Os diagramas de Azimute e a elevação da antena Ideal Antenas modelo ISDE83022UT encontram-se nas figuras 2, 3 e 4.

Diagrama de Azimute
220° - Pol. Horizontal

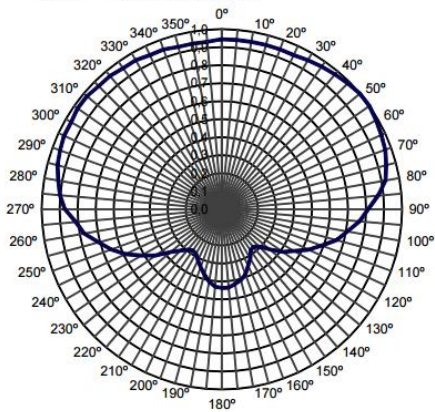


Figura 2 - Diagrama de azimute horizontal emissora A

Diagrama de Azimute
220° - Pol. Vertical

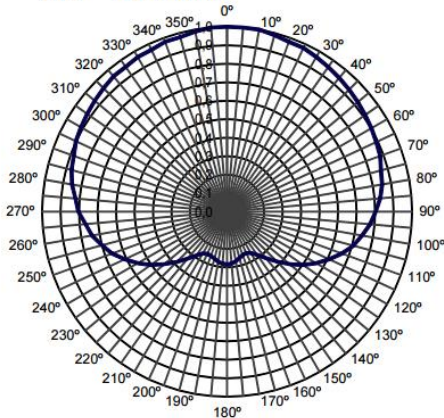


Figura 3 - Diagrama de azimute vertical emissora B

8 Fendas

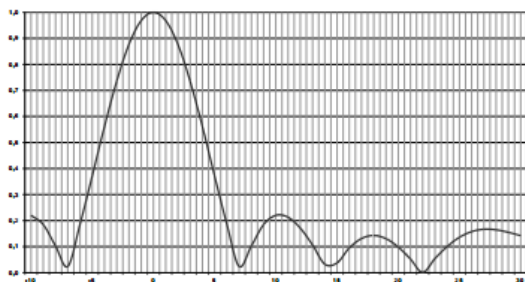


Figura 4 - Diagrama de elevação emissora A

Emissora B

Coordenadas da estação: 18° 53' 06" S 48° 15' 30" W
Altitude: 938 m
Altura do centro de fase do sistema irradiante (Hcf): 76,2 m
Potência de transmissão: 1,1 KW
Canal: 28
Faixa de frequência: 554 – 560 MHz

Frequência de operação: 557,142857 MHz

Linha de transmissão: KMP

Diâmetro: 1 5/8"

Comprimento: 85 m

Perda de inserção: 1,7 dB/100 m

Eficiência da linha: 63,9%

Antena: Ideal

Modelo: ISD082822TT

Ganho máximo: 11,55 dBd

Tilt elétrico: 4,7°

Polarização: horizontal

Cálculo da Erp:

$ERP(KW) = PotTx (KW) \times G \text{ antena} \times \text{eficiência da linha}$

$ERP(KW) = 1,1 \times 11,55 \times 0,639$

$ERP(KW) = 10,044 \text{ KW}$

Os diagramas de Azimute e elevação da antena Ideal Antenas modelo ISD082822TT encontram-se nas figuras 5 e 6.

Diagrama de Azimute
220°

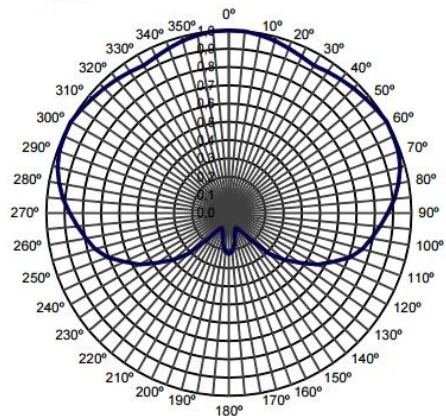


Figura 5 - Diagrama de azimute horizontal emissora B

8 Fendas

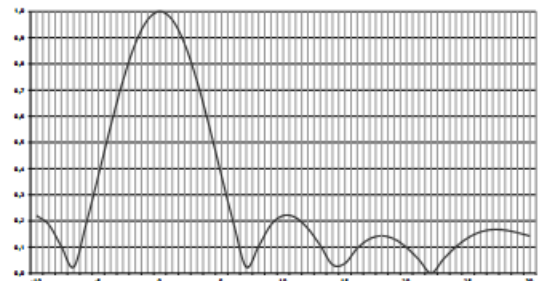


Figura 6 - Diagrama de elevação emissora B

Com as emissoras definidas, o próximo passo foi determinar um ponto fixo como referência para a definição dos pontos em que seriam realizadas as coletas do nível de potência e do campo elétrico magnético do sinal digital. A

partir do ponto fixado, foram traçadas radiais a cada 15 graus, e realizadas as medidas a 3km. A Figura 7 mostra o mapa do perímetro urbano da cidade de Uberlândia com os pontos pré-definidos.

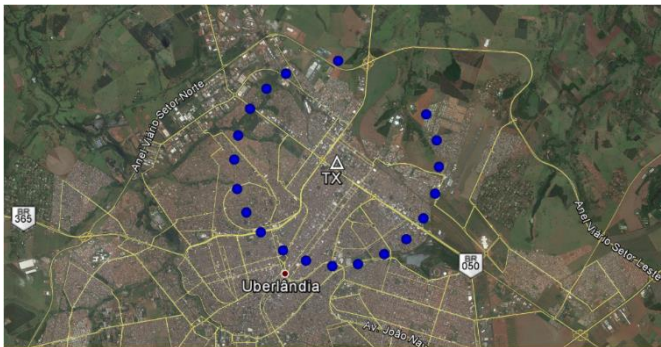


Figura 7 - Pontos medidos

Para cada ponto foi registrado o nível do sinal em dBµV/m e dbm. Esses dados foram coletados por um analisador espectral ANRITSU, modelo MT8212E, acoplado a uma antena dipolo modelo MP651A e a um aparelho de GPS para determinar a localização exata, conforme mostrado na Figura 8.

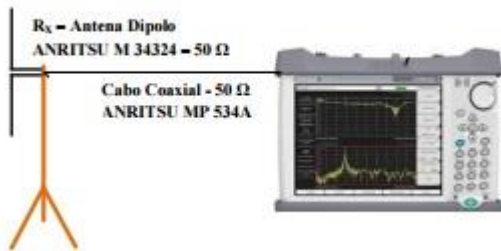


Figura 8 - Equipamentos utilizados

Com a definição dos pontos, as medições ocorreram nos meses de abril, maio e junho de 2015, no período da manhã e da tarde, com tempo bom e temperatura de aproximadamente 25°C. Em cada ponto foi realizada a coleta do valor de intensidade de sinal de televisão digital e a potência do sinal. Para a coleta dos dados de recepção do sinal digital, a antena receptora (Rx) estava posicionada a 1,5 m do chão.

Os dados foram anotados em planilhas e armazenados em um banco de dados de imagens do print da tela do analisador de espectro para as duas emissoras, A e B, com suas diferentes características técnicas, conforme as figuras 9 e 10, abaixo.

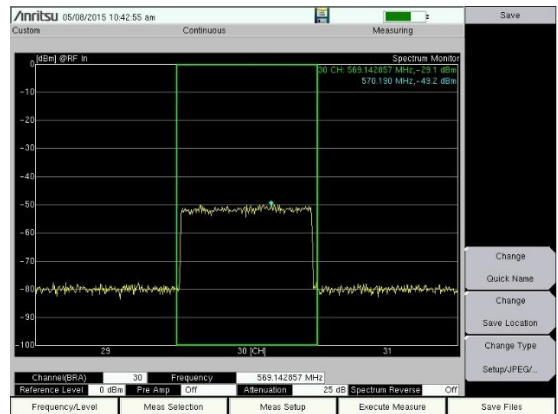


Figura 9 - Espectro do sinal no ponto 4

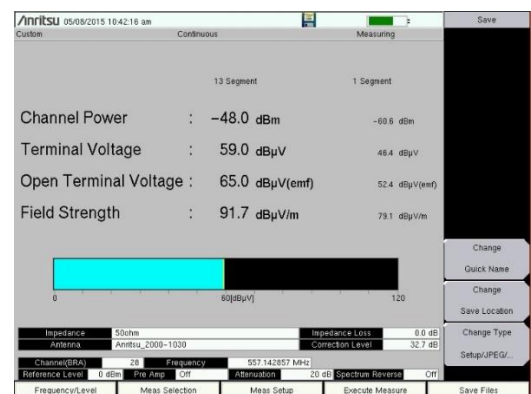


Figura 10 - Tela do analisador de espectro

Com o banco de dados concluído, o próximo passo foi compilar os dados. Ao final da compilação dos dados de todos os pontos, foi construída uma tabela com a localização, coordenadas, distância do transmissor (Tx) e valor medido de cada emissora. A Figura 11 nos mostra os dados da emissora A, e a Figura 12, da emissora B.

Endereço	Coordenadas Medidas						Campo (dBµV/m) Globo - Canal 30	Campo (dBm) Globo - Canal 30
	Latitude			Longitude				
	Grau	Min	Seg	Grau	Min	Seg		
Alameda Ecológica, 3345 - Alto Umuarama	18	52	6	48	13	59	86,3	-53,8
R. Antônio Matos, 90 - Aclimação	18	52	43	48	14	4	111,5	-29,1
Av. Dr. Vicente Salles Guimarães - Custódio Pereira	18	53	1	48	13	49	92,5	-42,6
R. JUS-03, 231	18	53	22	48	13	56	93,2	-46,5
R. Palaçônia, 192 - Custódio Pereira	18	54	4	48	14	12	81,4	-55,5
Av. Asa 830 - Tibery	18	54	18	48	14	33	79,6	-59,9
R. Pedro José Castro, 82 - Tibery	18	54	43	48	14	44	87,7	-52,8
Av. Anselmo Alves dos Santos, 2325 - Santa Monica	18	54	51	48	15	12	91,3	-49
Av. Governador Rondon Pacheco, 4679 - Cazaca	18	54	41	48	15	49	91,7	-49,9
Av. Casário Avim, 1524 - Nossa Sra. Aparecida	18	54	44	48	16	10	86,8	-53,5
R. Eng. Diniz, 114 - Martins	18	54	26	48	16	32	89,5	-47,6
Av. Casário Crosara, 1460 - Pres. Roosevelt	18	54	10	48	16	58	84,9	-52
R. Domingos Alvares, 147 - Pres. Roosevelt	18	53	55	48	17	17	88,8	-49,4
R. Treviso, 120 - Pres. Roosevelt	18	53	31	48	17	20	92,2	-46,7
R. Primeiro de Maio, 45 - Pres. Roosevelt	18	53	6	48	17	24	97,9	-42,5
Pista de Skate Jardim América	18	53	18	48	17	2	100,5	-37
Av. Antônio Thomaz Ferreira Rezende, 6689 - Marta Helena	18	52	22	48	17	4	96,6	-43
R. Central, 104 - Nossa Sra. das Graças	18	51	57	48	17	7	108,3	-35,5
Av. Ailton Borges da Silva, 920 - Minas Gerais	18	51	15	48	16	24	89,8	-51,4
Anel Viário St. Norte, 1354 - Talaman				48				
Anel Viário St. Norte, 514 - Distrito Industrial	18	51	34	48	15	22	84,4	-54,9

Figura 11 - Dados compilados emissora A

Endereço	Coordenadas Medidas						Campo Record - Canal 28 (dBµV/m)	Campo Record - Canal 28 (dBm)
	Latitude			Longitude				
	Grau	Min	Seg	Grau	Min	Seg		
Alameda Ecológica, 3345 - Ido Umuarama	18	52	6	48	13	59	85,8	-54,7
R. Antônio Matos, 89 - Acimiação	18	52	43	49	14	4	91,7	-44
Av. Dr. Vicente Salles Guimarães - Custódio Pereira	18	53	1	48	13	49	94,8	-45,5
R. JU3-03, 231	18	53	22	48	13	56	97,3	-41,5
R. Patagônia, 182 - Custódio Pereira	18	54	4	48	14	12	81,6	-55,9
Av. Asia, 630 - Tibery	18	54	18	48	14	33	79,1	-56,9
R. Pedro José Castro, 82 - Tibery	18	54	43	48	14	44	92,7	-48,6
Av. Anselmo Alves dos Santos, 2325 - Santa Monica	18	54	51	48	15	12	98,5	-50,8
Av. Governador Rondon Pacheco, 4679 - Cazeca	18	54	41	48	15	49	91,9	-47,4
Av. Casarão Avim, 1524 - Nossa Sra. Aparecida	18	54	44	48	15	10	81,7	-55
R. Eng. Cim, 114 - Martins	18	54	26	48	15	32	83,7	-54
Av. Casarão Orosara, 1460 - Pres. Roosevelt	18	54	10	48	16	56	91,3	-47
R. Domingos Álvares, 147 - Pres. Roosevelt	18	53	55	48	17	17	81,2	-55,2
R. Trevisó, 120 - Pres. Roosevelt	18	53	31	48	17	20	88,8	-51,9
R. Primeiro de Maio, 45 - Pres. Roosevelt	18	53	6	48	17	24	95,2	-44,2
Pista de State Jardim América								
Av. Cleonir Vieira Gonçalves - Jardim América II	18	53	18	48	17	2	95,6	-43,8
Av. Antônio Thomaz Feneira Rezende, 8689 - Marta Helena	18	52	22	48	17	4	92,3	-47,9
R. Central, 104 - Nossa Sra. das Graças	18	51	57	48	17	7	94,3	-47,3
Av. Airton Borges da Silva, 920 - Minas Gerais	18	51	15	48	16	24	81,4	-56,1
Anel Viário St. Norte, 1354 - Talamán								
Anel Viário St. Norte, 514 - Distrito Industrial	18	51	34	48	15	22	79,6	-56,9

Figura 12 - Dados compilados emissora B

V. RESULTADOS

Os valores medidos e teóricos foram comparados nas figuras de 13 a 18 para o modelo de propagação ITU-R P.1456.

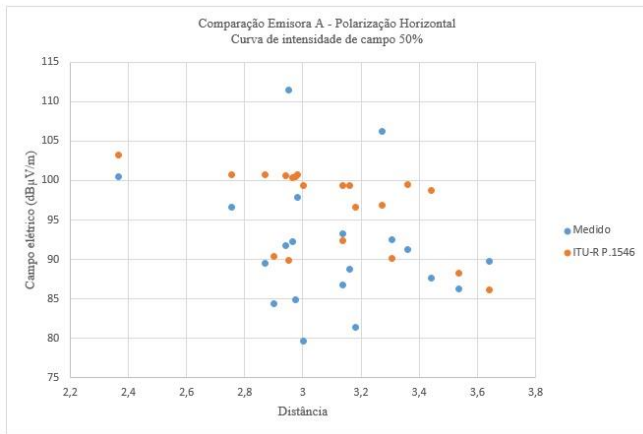


Figura 13 - Comparação emissora A polarização horizontal 50% tempo

Polarização Horizontal 50%	
Erro médio [dB]	5.05
Erro médio absoluto [dB]	8.84
Erro RMS	10.67
Desvio padrão do erro	5.97

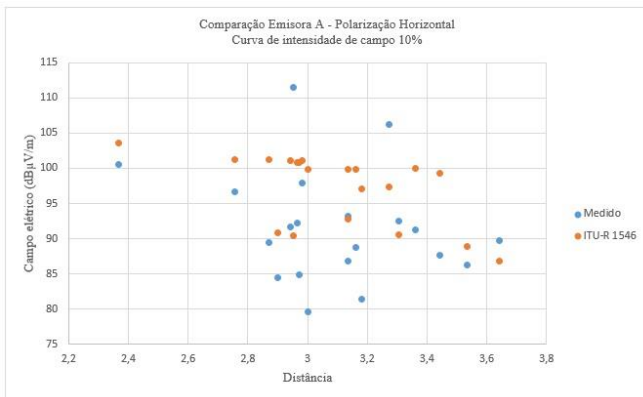


Figura 14 - Comparação emissora A polarização horizontal 10% tempo

Polarização Horizontal 10%	
Erro médio [dB]	5.53
Erro médio absoluto [dB]	9.06
Erro RMS	10.90
Desvio padrão do erro	6.05

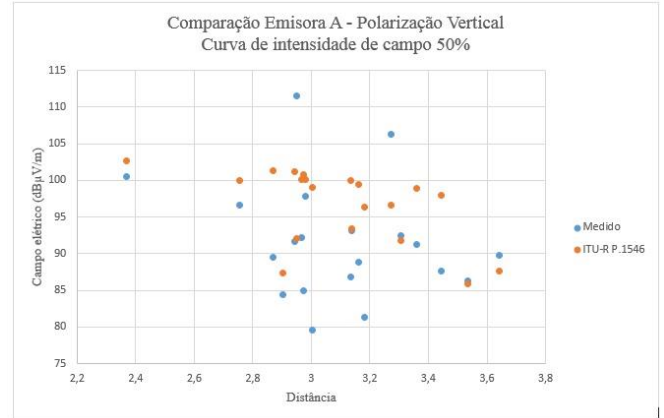


Figura 15 - Comparação emissora A polarização vertical 50% tempo

Polarização Vertical 50%	
Erro médio [dB]	5.01
Erro médio (módulo) [dB]	8.23
Erro RMS	10.36
Desvio padrão do erro	6.28

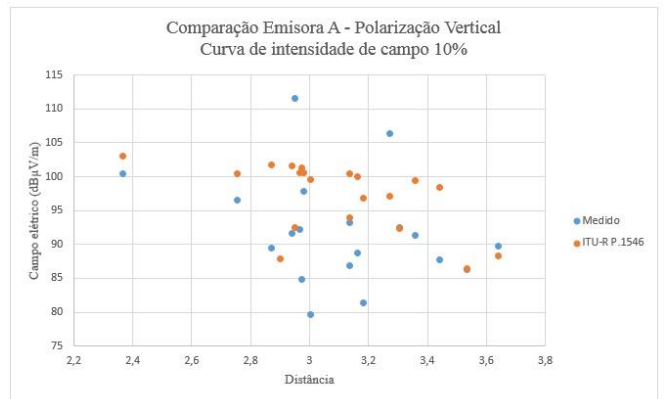


Figura 16 - Comparação emissora A polarização vertical 10% tempo

Polarização Vertical 10%	
Erro médio [dB]	5.48
Erro médio (módulo) [dB]	8.47
Erro RMS	10.59
Desvio padrão do erro	6.36

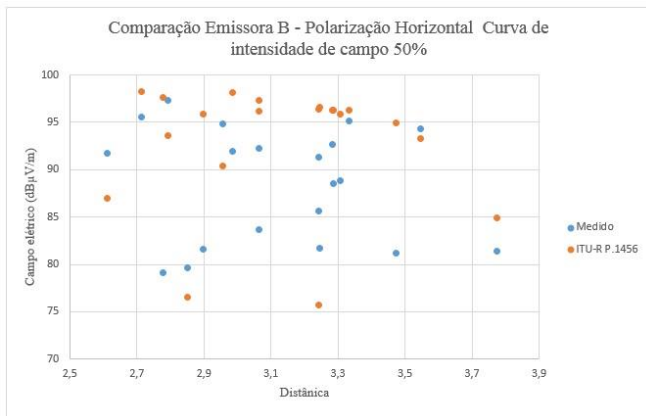


Figura 17 - Comparação emissora B polarização horizontal 50% tempo

Polarização Horizontal 50%	
Erro médio [dB]	4.45
Erro médio absoluto [dB]	7.12
Erro RMS	8.82
Desvio padrão do erro	5.19

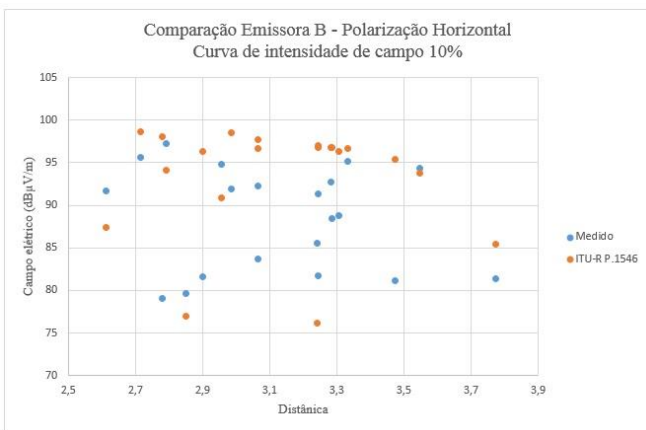


Figura 18 - Comparação emissora B polarização horizontal 10% tempo

Polarização Horizontal 10%	
Erro médio [dB]	4.92
Erro médio absoluto [dB]	7.32
Erro RMS	9.07
Desvio padrão do erro	5.35

VI. CONCLUSÕES

Após o desenvolvimento deste trabalho, pôde-se observar que os valores das emissoras medidos em campo estão próximos dos valores da previsão teórica. Pudemos ainda verificar que os valores medidos da emissora A apresentam desvio padrão superior ao especificado pela ITU-R P.1546, e que a emissora B apresenta valores de desvio padrão de acordo com a recomendação.

No caso da emissora A, como a antena transmissora é circular, ela transmite o sinal digital nas direções horizontal e vertical. Na análise da polarização horizontal em 50% do

tempo, pudemos observar que o desvio padrão foi superior a 0.47 dB. Já no caso da polarização horizontal em 10% do tempo, o desvio foi de 0.55 dB. Na polarização vertical, o desvio padrão apresentado foi maior do que na horizontal. Em 50% do tempo foi de 0.78 dB, e em 10% do tempo, de 0.86 dB.

Já no caso da emissora B, com a polarização horizontal em 50% do tempo, o desvio padrão foi inferior ao recomendado, de 0.39 dB, e em 10% do tempo tivemos um desvio padrão de 0.15 dB, abaixo do limite máximo da recomendação.

Portanto, podemos concluir que os valores medidos do campo elétrico para emissoras da TV Digital Terrestre na cidade de Uberlândia-MG a uma distância de 3 km do transmissor possuem erro muito pequeno, e que a emissora B apresentou o melhor desvio padrão, levando-se em consideração os valores indicados nas recomendações do ITU-R. Pelo fato de a emissora A ter apresentado um desvio padrão superior ao determinado pela ITU-R P.1546, a seguinte comparação entre as emissoras pode ser feita: nota-se que a ERP e a potência do transmissor da emissora A são duas vezes maiores que as da emissora B, e para traçar os fatores que influenciam nessa diferença será necessário realizar medidas do sinal da TV Digital a 6, 9, 12, 15 e 18 km do transmissor. No entanto, sabe-se que a emissora A possui *gap fillers* localizados na área urbana de Uberlândia-MG.

VII. REFERÊNCIAS

- [1] Recommendation ITU-R P.1546-5. Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz, International Telecommunication Union, Genebra, Suíça, 2003
- [2] Site oficial Tv digital Brasileira. Tv Digital. Disponível em: <<http://www.dtv.org.br>>. Acesso em: 15/04/2015.
- [3] Alencar, Marcelo Sampaio de. Televisão Digital. 1ª Ed. São Paulo: Érica, 2007. 351 p.
- [4] Reis, Maurício Caruzo. TV Digital – Padrão Brasil SBTVD. 1ª Ed. Caraguatatuba - sp: Letron, 2009. 216 p.
- [5] Cavalcanti, J. F. B. Medidas de rádio propagação em UHF em ambientes suburbanos para TV Digital: Estudo de cobertura para recepção fixa, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, setembro de 2005
- [6] Site oficial do Ministério das Comunicações. Disponível em: www.mc.gov.br; acessado em: 18/05/2015
- [7] Site oficial da Anatel. Disponível em www.anatel.gov.br acessado em: 15/05/2015