



ESTUDO DE CASO: PLANEJAMENTO DE COBERTURA DE UM SISTEMA DE RADIODIFUSÃO DE TELEVISÃO DIGITAL TERRESTRE NA CIDADE DE JOÃO PESSOA

Arthur Aprígio de Melo – arthurmelo92@gmail.com

Felipe Pereira Rodrigues – ffelipepr@gmail.com

Késia Cristiane dos Santos – kesia.farias@ifpb.edu.br

Erik Farias Silva – erik@ifpb.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB

Campus João Pessoa, Av. 1º de Maio – nº 720, Jaguaribe

58.015-430 – João Pessoa – Paraíba

Resumo: *O planejamento de cobertura de radiodifusão de televisão digital terrestre e de sistemas de comunicações sem fio são temas essenciais que devem ser estudados por alunos de engenharia elétrica que buscam uma especialização na área de Telecomunicações, desde a sua graduação. Desta forma, este trabalho propõe uma abordagem didática para ensinar o assunto no curso de graduação utilizando um software profissional (WinProp®) como ferramenta principal. Para a obtenção dos resultados de intensidade de campo e potência são utilizados o modelo MPD e a recomendação ITU-R P.1546. A área de cobertura da emissora é avaliada utilizando a probabilidade de interrupção do sinal, obtida pela Função Densidade Cumulativa (CDF).*

Palavras-chave: *Televisão digital terrestre, multipercurso, probabilidade de interrupção.*

1. INTRODUÇÃO

A decisão do governo brasileiro de estabelecer, em 2006, um sistema padrão de televisão digital, chamado *International System for Digital Television* (ISDTV), tem estimulado a pesquisa e o desenvolvimento de aplicativos e equipamentos destinados ao processamento, transmissão e recepção de sinais de vídeo e áudio (ROMANI, SILVA, *et al.*, 2011), (SILVA e POHL, 2011), (BEDICKS JR., YAMADA, *et al.*, 2006).

Segundo pesquisas, 96,8% das residências brasileiras têm ao menos um aparelho televisor em cores (IBGE, 2009), e nos últimos três anos 69% dos consumidores brasileiros trocaram o aparelho de televisão de suas casas (BORIN, 2013). No momento da troca, os consumidores optaram por televisores com novas tecnologias, tais como imagens em 3D e as chamadas *Smart TV*. Um estudo global realizado pela Motorola Mobility revela que 34% dos brasileiros assistem TV móvel, por meio de dispositivos como *smartphones*, computadores e *laptops* (DTV, 2013).

O prazo final para a migração do sistema analógico de televisão para o sistema digital está previsto para 2016, entretanto, a ANATEL estuda a possibilidade de antecipar a extinção da transmissão de TV analógica para 2014 (FÓRUM SBTVD,



2012). Uma das possíveis causas para antecipação da transição total da TV analógica para a TV digital pode ser a destinação da frequência de 700 MHz para telefonia celular (FÓRUM SBTVD, 2012). Tais fatos ressaltam a necessidade de um planejamento eficaz, de modo a assegurar que a área de cobertura da TV digital seja igual à área de cobertura da TV analógica.

Uma importante característica do sistema de televisão digital é a potência mínima de recepção digital. É notada uma perda considerável da qualidade do sinal ao comparar-se a recepção digital e analógica (ARTHUR *et al.*, 2007). Para obter-se uma cobertura eficaz para transmissão digital é necessário analisar os cenários topográficos tais como: acidentes geográficos, vegetação e construção, uma vez que, estes são responsáveis pelas áreas de sombras eletromagnéticas e desvanecimento do sinal, causados pelos multipercursos (SANTOS *et al.*, 2008).

O planejamento de sistemas de comunicações sem fio, tanto da telefonia celular quanto da radiodifusão de TV digital deve ser bastante criterioso, uma vez que se não forem observadas certas características o sistema pode não funcionar corretamente.

Quando um novo sistema vai ser instalado, por exemplo, um sistema de telefonia celular de quarta geração, como estamos vivenciando agora com a implantação do sistema LTE em algumas capitais do Brasil, a operadora deve realizar um planejamento criterioso de quantas antenas transmissoras são necessárias para atender determinada área de cobertura, deve dimensionar a potência do transmissor e o tipo de antena (omnidirecional ou setorizada) que deverá ser utilizada, estes fatores serão determinantes para a qualidade do sistema, que neste caso será medido pela taxa de transmissão (taxa de *upload e download*) e pela probabilidade de bloqueio do usuário na rede.

Diante do que foi exposto, o projetista de planejamento de sistemas de telefonia celular ou de radiodifusão deve dominar tais conhecimentos. Para tanto, é necessário que os alunos tenham contato direto com ferramentas que possibilitem colocar em prática tais conhecimentos.

Para o ensino do planejamento de sistemas sem fio pode-se utilizar algumas ferramentas de predição de propagação que vão estimar o alcance daquela antena transmissora, ou seja, vão estimar a área de cobertura daquela torre de transmissão. Algumas destas ferramentas levam em consideração apenas as alturas, os ganhos das antenas de transmissão e recepção, a potência de transmissão, além da distância entre as antenas. Outras ferramentas levam em consideração além destas características citadas anteriormente, a topografia da região analisada, ou seja, as características de relevo da região que influenciam a propagação do sinal entre o transmissor e o receptor.

Portanto, este trabalho apresenta uma ferramenta que é bastante útil no ensino do planejamento de sistemas de telefonia celular, radiodifusão de TV e sistemas sem fio. Durante a etapa de planejamento é levada em consideração todas as características físicas necessárias, tais como, a potência de transmissão, a altura e ganho das antenas transmissoras, o tipo de antena utilizada, e o mais importante o cenário que deve ser implantado o sistema. Para isto, deve-se possuir a base de dados topográfica da região, se houver o mapa de elevação digital da cidade com as edificações já incluídas este também deve ser utilizado, pois a predição de propagação será bem aproximada das condições reais do sistema.

Neste sentido, este trabalho apresenta um planejamento de cobertura de uma emissora de TV Digital local com base na análise da propagação do sinal de TV digital da cidade de João Pessoa, de acordo com os níveis de sinal definidos pela ABNT. Na Seção 2 são apresentados os modelos de predição de propagação utilizados no estudo, a

análise estatística do critério de cobertura é apresentada na Seção 3. A análise dos resultados é mostrada na Seção 4. Na Seção 5 são apresentadas as considerações finais.

2. ANÁLISE DA PROPAGAÇÃO DO SINAL

Para a análise da propagação são utilizados dois métodos: o Modelo de Percurso Dominante (MPD) e a recomendação ITU-R P.1546-4 para planejamento de sistemas de radiodifusão.

O Modelo de Percurso Dominante (MPD) não considera todos os detalhes da base de dados, focaliza apenas os percursos dominantes, não calcula os caminhos com pequenas contribuições de energia e requer menos tempo para o pré-processamento da base de dados (WOLFLE & LANDSTORFER, 1998). O algoritmo do modelo de percurso dominante pode ser subdividido em duas partes: determinação dos percursos dominantes e predição das perdas ao longo dos percursos (WAHL & WOLFLE, 2006). O modelo de percurso dominante pode ser aplicado a cenários urbanos e *indoor*, bem como à áreas rurais. Quando aplicado a cenários urbanos esse modelo é conhecido como UDP (*UrbanDominant Path Model*) (WAHL *et al.*, 2005). A Figura 1 apresenta uma comparação entre o modelo que calcula apenas o percurso direto entre transmissor e receptor, o modelo de Traçado de Raios que calcula muitos percursos entre o transmissor e o receptor e o modelo de percursos dominantes que calcula somente os percursos relevantes entre o transmissor e o receptor.

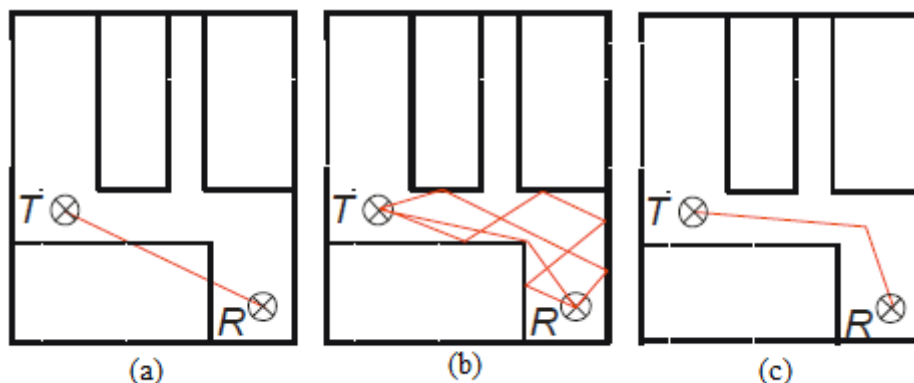


Figura 1 - Comparação de modelos de propagação: (a) modelo empírico, (b) traçado de raios e (c) MPD (WAHL, 2011).

Para a predição de intensidade de campo recebida utiliza-se a Equação (1) (WAHL, 2011)

$$E_{rec} = C + G_T - L_{dist}(d) - \sum_{i=1}^{i=N} L_{dif}(\phi_i) + G_w(d) \quad (1)$$

em que C é um valor de potência do transmissor, G_T é o ganho da antena transmissora, L_{dist} é um fator dependente da distância e da situação com ou sem linha de visada entre as antenas transmissora e receptora, L_{dif} são as perdas por difração e G_w são os ganhos devido ao efeito do guiamento da onda. Existe uma distância de referência para o cálculo da L_{dist}

$$d_r = \frac{4\pi h_t h_r}{\lambda} \quad (2)$$

em que h_r é a altura da antena receptora, h_t é a altura da antena transmissora e λ é o comprimento de onda.

A dependência com a distância é dada por

$$L_{dist}(d) = \begin{cases} 10 p_1 \log_{10}(d) & \text{se } d \leq d_r \\ 10 p_1 \log_{10}(d/d_r) + 10 p_2 \log_{10}(d) & \text{se } d > d_r \end{cases} \quad (3)$$

em que os parâmetros p_1 e p_2 são os expoentes de perda de percurso antes e após a distância de referência.

A recomendação ITU-R P.1546-4 é um método de previsão ponto-área para serviços terrestres na faixa de frequências de 30 MHz a 3000 MHz, abrangendo distâncias entre 1 km e 1000 km. A recomendação ITU-R P.1546-4 tem como característica a utilização de curvas de propagação, obtidas de medidas realizadas em regiões temperadas da América do Norte e da Europa (ITU, 2009). Vários estudos de análise de propagação de TV Digital utilizam a recomendação ITU-R P.1546-4 para análise de radiodifusão (MARTINS, 2012) e (POHL, 2009).

3. PROBABILIDADE DE INTERRUPÇÃO DO SINAL

Os parâmetros técnicos para TV digital, como intensidade de campo, Relação Sinal Ruído (SNR) e potência de recepção são definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pela ANATEL (ABNT, 2008; ANATEL, 2005). A Equação (4) apresenta a função densidade de probabilidade de Rayleigh, que pode ser utilizada para caracterizar os canais afetados por multipercurso.

$$p_X(x) = \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

A função da distribuição cumulativa (CDF) é definida como a probabilidade de que uma variável aleatória assumirá um valor aceitável para intensidade de campo. A CDF é a integral da PDF e pode ser expressa pela Equação (5):

$$P_{X(x)} = \int_{-\infty}^x p_X(x) dx \quad (5)$$

Outro fator estatístico decisivo no planejamento de sistemas *wireless* é a probabilidade de falha de um sinal. Pode-se definir como a probabilidade de que certo nível de intensidade de campo não seja atingido, ou seja, a definição da CDF. A percentagem da probabilidade de falha é dada pela Equação (6):

$$P_{\text{bloqueio}} = P_X(x_{\min}) \quad (6)$$

3.1. Descrição do cenário

Neste trabalho, considerou-se a área de cobertura de João Pessoa com dimensões de 16,523 km X 17,620 km, considerou-se a altura da antena transmissora de 108 m, com potência de transmissão de 2,5 kW, operando no canal 19. Os critérios de cobertura são baseados nos valores de intensidade de campo definidos pela ABNT (2008).

Para a obtenção da intensidade de campo e da potência do sinal na área analisada utilizou-se a recomendação ITU P.1546-4 e o modelo MPD. Para realizar as simulações foi utilizado o *software* WinProp[®]. A base de dados topográfica da área analisada pode ser visualizada na Figura 2.

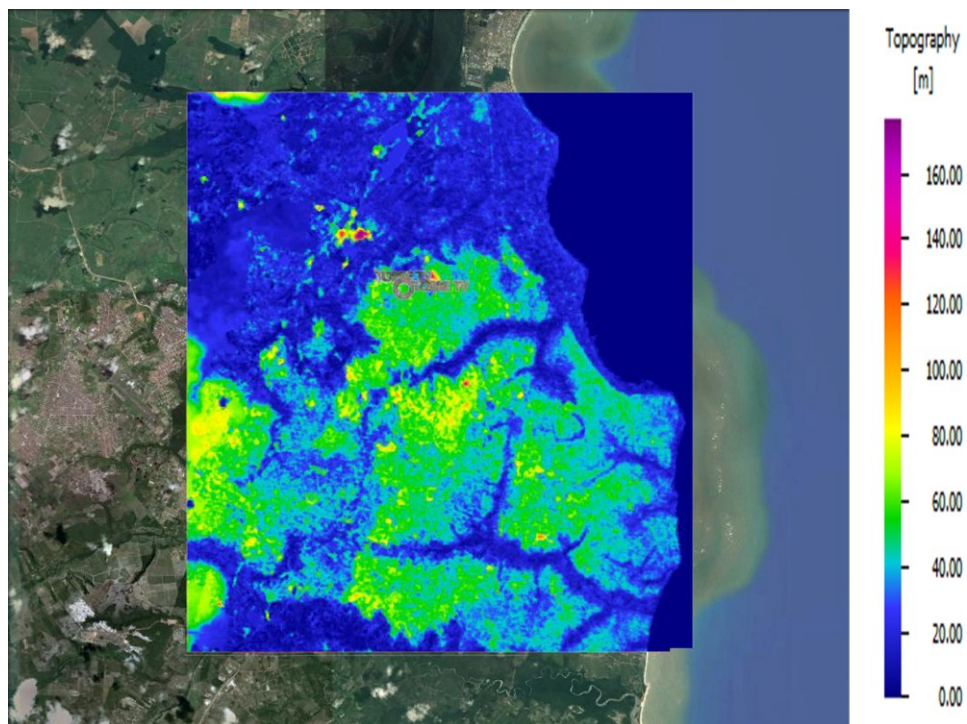


Figura 2 – Cenário analisado – cidade de João Pessoa

4. RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados da predição de propagação realizada, utilizando-se o método MPD e o modelo de propagação para radiodifusão ITU P.1546-4. Também é realizada uma comparação dos resultados.

Na Figura 3 é apresentada a intensidade de campo encontrada ao utilizar-se o método MPD.

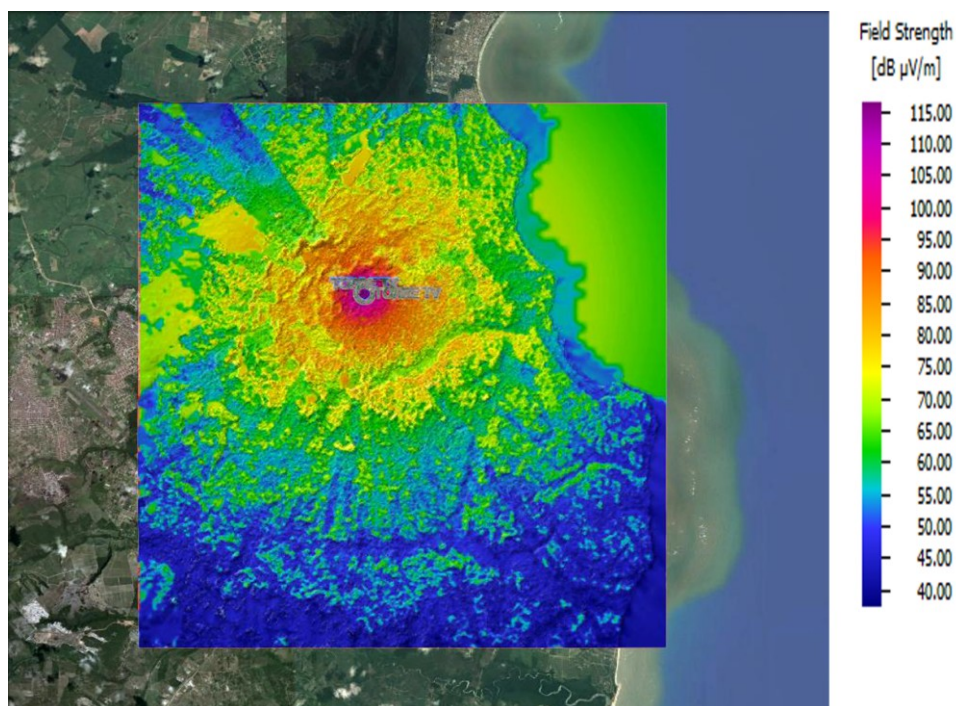


Figura 3 – Distribuição da intensidade de campo em parte da cidade de João Pessoa – método MPD

Para a avaliação da área de cobertura do sinal é utilizada a CDF que representa a probabilidade de interrupção do sinal na região analisada, esta curva é apresentada na Figura 4.

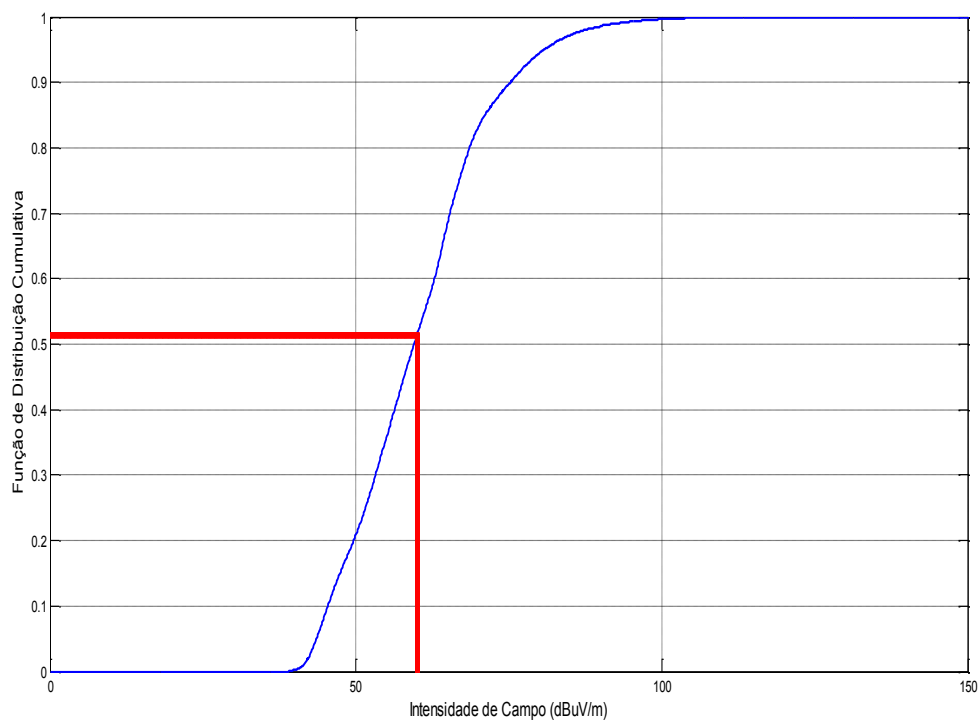


Figura 4 – Probabilidade de bloqueio para cidade de João Pessoa – método MPD

O estudo aponta uma probabilidade de interrupção do sistema de 51,5%, considerando-se o valor de intensidade de campo mínimo 60 dB μ V/m exigido pela ABNT. Ressalta-se que a atenuação da intensidade de campo é agravada com o aumento da distância entre o transmissor e o receptor, por exemplo, no bairro do Valentina, a uma distância de 10,1 km do transmissor, são registrados valores abaixo de 45dB μ V/m para intensidade de campo.

Como forma de obter em planejamento de cobertura mais próximo da situação real, a intensidade de campo também foi obtida com a utilização do modelo de propagação ITU P.1546-4, podendo se visualizada na Figura 5.

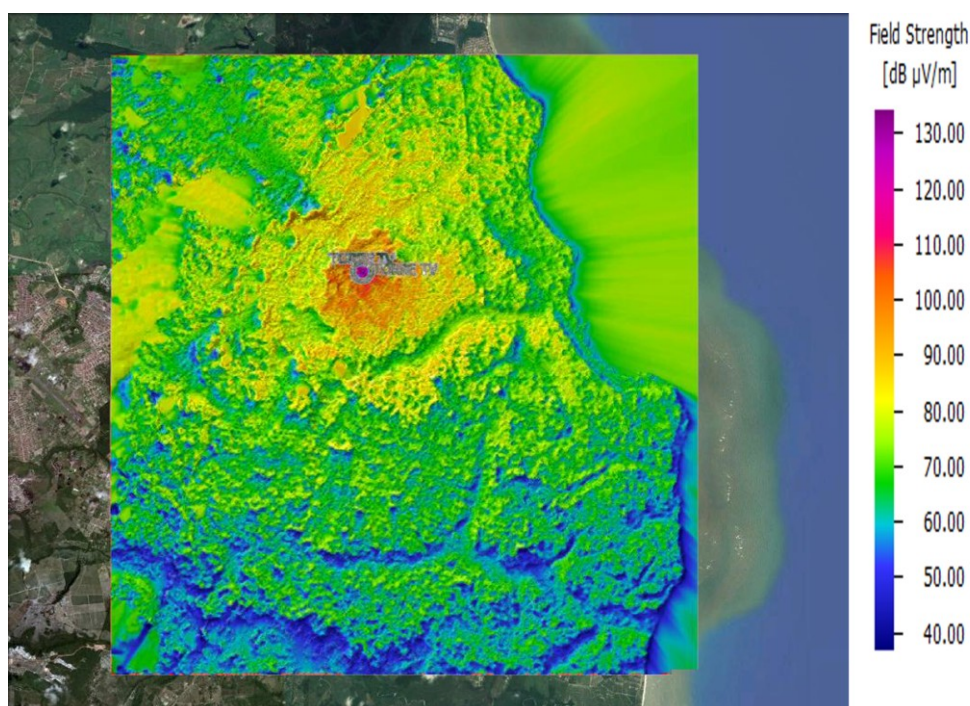


Figura 5 – Distribuição da intensidade de campo em parte da cidade de João Pessoa – ITU P.1546-4

A Figura 6 apresenta a curva da CDF com a probabilidade de interrupção do sistema. Verifica-se uma probabilidade de interrupção do sistema de 17,8%, considerando-se o valor de intensidade de campo mínimo exigido 60 dB μ V/m pela ABNT.

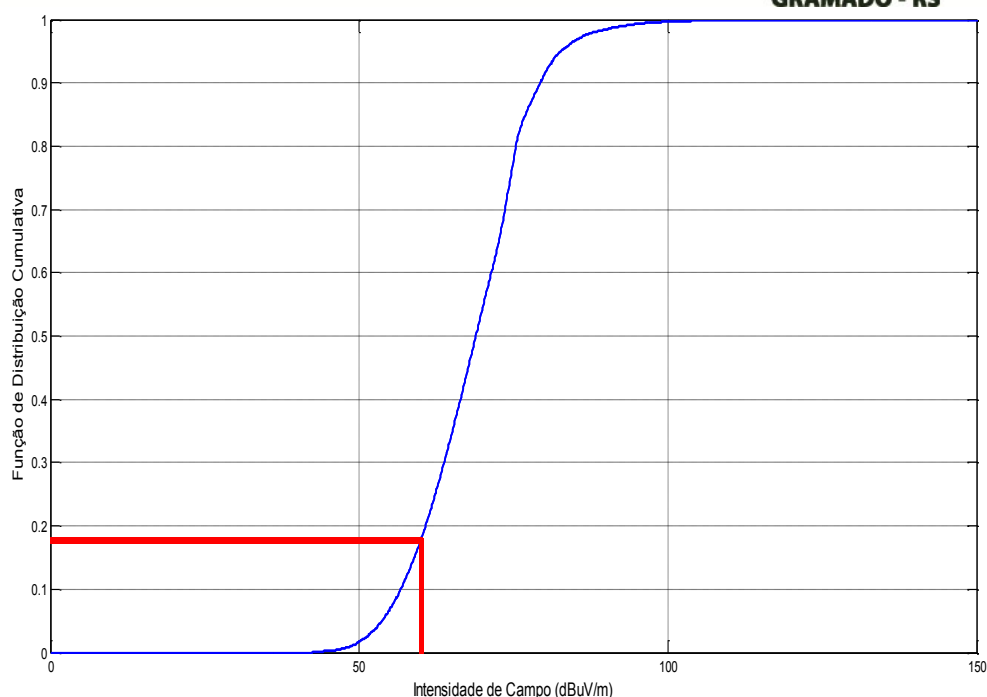


Figura 6 - Probabilidade de bloqueio para cidade de João Pessoa – método ITU P.1546-4

Analisando-se as distribuições de intensidade de campo das Figuras 3 e 5, verificam-se pequenas áreas com intensidade de campo abaixo de 60dB μ V/m, a uma distância 2,31 km da torre de radiodifusão, considerando o modelo de propagação ITU P.1546-4. Enquanto no método MPD estas áreas estão mais distantes da torre, a uma distância de 3,57 km.

Entretanto, como observado nas Figuras 4 e 6, o método MPD apresenta uma maior probabilidade de bloqueio em relação ao método ITU P.1546-4. Este fato pode ser justificado pelo algoritmo implementado no método MPD, que considera apenas os percursos dominantes. Pois como verificado na Figura 2 e 3 as grandes áreas de sombra eletromagnética estão distantes do transmissor, e situadas posteriormente às regiões de maior altitude, portanto, o sinal chega através de multipercursos com amplitudes atenuadas, que podem ter sido desprezados pelo algoritmo no momento do cálculo da intensidade de campo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram realizadas predições de propagação do sinal de radiodifusão de TV digital na cidade de João Pessoa, utilizando-se o *software* WinProp[®], com a finalidade de demonstrar a importância do ensino de planejamento de sistemas de comunicações sem fio (TV, telefonia celular, redes Wi-Fi) no curso de engenharia elétrica. O *software* de predição de propagação e planejamento utilizado serviu como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem do planejamento de radiodifusão de TV digital.

Para a análise considerou-se uma determinada área da cidade de João Pessoa com dimensões de 16,523 km X 17,620 km. Neste cenário a antena transmissora localiza-se a uma altura de 108 m, com potência de transmissão de 2,5 kW, operando no canal 19.

A partir da base topográfica da região em análise, obteve-se resultados de intensidade de campo e potência do sinal, utilizando-se a recomendação ITU P.1546-4 e o modelo MPD.

Verificou-se que utilizando o modelo MPD para a predição de propagação obteve-se uma cobertura de 48,5%, o surgimento de esporádicos pontos de sombra a uma distância de 3,51 km da antena transmissora, e uma ampla área com sombreamento a uma distância de 7,34 km da torre de transmissão.

Para o modelo de propagação de radiodifusão ITU P.1546-4 verificou-se uma cobertura de 82,2%, com o surgimento de pontos de sombra dispersos a partir de uma distância de 2,31km do transmissor, e uma ampla área de sombra eletromagnética a partir de 9,85km da antena transmissora.

De acordo com os resultados apresentados verifica-se que esta área da cidade apresenta uma grande probabilidade de bloqueio de sinal, tanto em função da distância da antena transmissora como também devido a elevação do terreno. Como forma de amenizar estas falhas de recepção na cidade poderiam ser instaladas antenas transmissoras distribuídas, ou mesmo a instalação de uma rede de frequência única (*Single Frequency Network* - SFN). Esta solução será abordada em estudos posteriores.

Agradecimentos

Nesta seção poderão ser incluídos reconhecimentos de apoios recebidos de pessoas físicas e instituições. Esta seção deve estar localizada entre o fim do corpo do texto e a lista de referências. Digite somente Agradecimentos em negrito e itálico, com alinhamento à esquerda e digite o texto na linha seguinte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 15604. Televisão Digital Terrestre – Receptores, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. Resolução nº 398, de 7 de Abril de 2005. Disponível em: <<http://legislacao.anatel.gov.br/resolucoes/20-2005/288-resolucao-398>> Acessado em: 10 mai. 2013.

ARTHUR, R.; IANO, Y.; CARVALHO, S. R. M.; LARICO, R. F. Planificación de la Expansión del Servicio de Retransmisión de TV Digital en Brasil Usando Redes SFN. IEEE Latin America Transactions, v. 5, n. 8, p. 573 – 578, 2007.

BEDICKS JR, G.; YAMADA, F.; SUKYS, F.; DANTAS, C. E. S.; RAUNHEITTE, L. T. M.; AKAMINE, C. Results of the ISDB-T System Tests, as Part of Digital TV Study Carried Out in Brazil. IEEE Transactions on Broadcasting, v. 52, n. 1, p. 38 – 44, 2006.

BORIN, B. Em Três Anos, 69% dos Consumidores Brasileiros Trocaram de TV. Disponível em: <<http://www.dtv.org.br/em-tres-anos-69-dos-consumidores-brasileiros-trocaram-de-tv/>> Acessado em: 12 mai. 2013.

DTV. 34% dos brasileiros assistem TV móvel, estima Motorola Mobility. Disponível em: <<http://www.dtv.org.br/34-dos-brasileiros-assistem-tv-movel-estima-motorola-mobility>> Acessado em: 11 mai. 2013.



FÓRUM DO SISTEMA BRASILEIRO DE TV DIGITAL TERRESTRE - FÓRUM SBTVD. ANATEL vai estudar antecipar fim da TV analógica para 2014. Disponível em: <<http://forumsbtvd.org.br/anatel-vai-estudar-antecipar-fim-da-tv-analogica-para-2014>> Acessado em: 12 mai. 2013.

FÓRUM DO SISTEMA BRASILEIRO DE TV DIGITAL TERRESTRE – FÓRUM SBTVD. Transição para TV digital poderia ser antecipada em regiões mais avançadas, sugere GSMA. Disponível em: <<http://forumsbtvd.org.br/transicao-para-tv-digital-poderia-ser-antecipada-em-regioes-mais-avancadas-sugere-gsma>> Acessado em: 13 mai. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Demográfico 2010: famílias e domicílios. In: _____. Estudos e Pesquisas. 26 ed., 2012.

International Telecommunication Union – ITU. ITU-R P.1546-4. Method for point-to-area for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz. ITU Recommendation. Out. 2009.

MARTINS, B. W.; ALMEIDA, M.; GOMES, H. S.; CAVALCANTE, G. P. S.; NASCIMENTO, R. N. A.; GOMES, C. R. Ajuste na Recomendação ITU-R P.1546-4 para Predição de Campo Elétrico de TV Digital na Região Metropolitana de Belém. Anais: MOMAG. João Pessoa: 2012.

POHL, A. A. P.; VASCO, C. L.; FONSECA, K. V. O.; SOUZA, R. D. Análise da Propagação de Sinais de TV Digital na Região Metropolitana de Curitiba. Revista de Radiodifusão – SET, v. 3, n. 3, 2009.

ROMANI, E.; SILVA, W. B.; BORBA, M. A. C.; FONSECA, K. V. O.; POHL, A. A. P. Ensaio de Recepção de Sinais de TV Digital em Dispositivo com Diversidade Espacial. Revista de Radiodifusão – SET, v. 5, n. 5, 2011.

SANTOS, K. C.; SILVA, E. F.; ALENCAR, M. S. Statistical Analysis of Digital Television Planning for the ISDTV System. Anais: 58th Annual IEEE Broadcast Symposium. 2008.

SILVA, W. B.; POHL, A. A. P. Framework de Baixo Custo para Ensaio de TV Digital. Anais: XXIX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações. Curitiba, 2011.

WAHL, R. An Introduction to the Urban Dominant Path Prediction Model. AWE Communications, 2011.

WAHL, R.; WÖLFLE, G. Combined Urban and Indoor Network Planning Using the Dominant Path Propagation Model. Anais: First European Conference on Antennas and Propagation, p. 1 – 6, 2006.

WAHL, R.; WÖLFLE, G. WERTZ, P.; WILDBOLZ, P.; LANDSTORFER, F. Dominant Path Prediction Model for Urban Scenarios. Anais: 14th IST Mobile & Wireless Communications Summit, 2005.



WÖLFLE, G.; LANDSTORFER, F. M. Dominant Paths for the Field Strength Prediction. Vehicular Technology Conference (VTC), v. 1, p. 552 – 556, 1998.

CASE STUDY: COVERAGE PLANNING FOR A DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION BROADCASTING SYSTEM IN THE CITY OF JOÃO PESSOA

Abstract: *The coverage planning for Digital Terrestrial Television (DTT) broadcasting and wireless communications systems, are essential themes that must be studied by electrical engineering students seeking for a specialization in Telecommunications area, since his undergraduate. This work proposes a didactic approach to teach the subject in undergraduate courses using a professional software (WinProp®) as primary tool. The results are obtained utilizing the Dominant Path Model (DPM) and the recommendation ITU-R P.1546-4. In this paper, one presents the evaluation of the coverage area using the real elevation data of the city João Pessoa, for one DTT station. The result were obtained by using the Cumulative Density Function (CDF) to evaluate the signal's outage probability.*

Key-words: *Digital terrestrial television, multipath, outage probability.*