



ESTUDO DE CASO: PLANEJAMENTO DE COBERTURA DE UM SISTEMA DE RADIODIFUSÃO DE TELEVISÃO DIGITAL TERRESTRE EM AMBIENTES COM FLORESTAS

Stephany M. S. Vieira – stephany.mackyne@gmail.com

Josué da S. Souza - jhossue.souza@gmail.com

Erik Farias da Silva – erik.silva@ifpb.edu.br

Kesia C. Santos Farias – kesia.farias@ifpb.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB
Campus João Pessoa, Av. 1º de Maio – nº 720, Jaguaribe, João Pessoa - PB

***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. 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, Propagação em floresta.*

1. INTRODUÇÃO

A decisão do governo brasileiro de estabelecer, em 2006, um sistema padrão de televisão digital, chamado *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial* (ISDB-Tb), 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). Entretanto, o prazo final para a migração do sistema analógico de televisão para o sistema digital está previsto para 2016. 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. Portanto, é necessário 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 *etal.*, 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 *etal.*, 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 estudo da influência da vegetação na predição de propagação de uma emissora de TV Digital na 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 e o cálculo de perda de propagação em floresta. 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 é utilizado o método de Modelo de Percurso Dominante (MPD) 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 (*Urban Dominant 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.

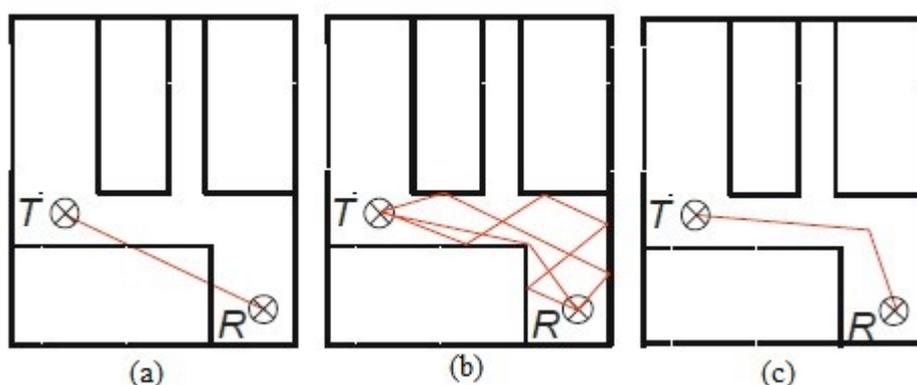


Figura 1 - Comparação de modelos de propagação: (a) modelo empírico, (b) traçado de raios e (c) MPD (WAHL, 2011).

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

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

em que C é um valor de potência do transmissor, G_T é o ganho da antenas 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}

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

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:

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

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

Áreas com vegetação densa são responsáveis por absorver uma grande parcela do sinal transmitido, contribuindo desta forma para a degradação do mesmo (F. N. B. MAGNO, 2008).

2.1 PERDA DE PROPAGAÇÃO EM FLORESTA

Em ambientes florestais a perda de propagação depende do tipo de vegetação, da densidade e altura das árvores. Esta perda provoca desvanecimentos severos no sinal recebido dentro da floresta e em áreas próximas. A análise da perda de propagação devido à vegetação é uma etapa importante do planejamento de cobertura de um sistema de TVD (R. K. Tewari, 1990).

Para o cálculo da atenuação do sinal devido à floresta foi utilizada a recomendação ITU-R P.833-2, apesar de não haver uma padronização na escolha do fator de atenuação, optou-se por seguir esta recomendação devido à similaridade dos cenários de floresta. A recomendação utiliza um cenário de vegetação tropical baseado em campanha de medição realizada na cidade do Rio de Janeiro. A atenuação máxima é dada por (4).

$$A_{m\acute{a}x} = 0,18 f^{0,752} \quad \text{equação (4)}$$

em que f é a frequência do sinal em MHz.

3. PROPABILIDADE DE INTERRUPÇÃO DO SINAL

Os parâmetros técnicos para TVD, como intensidade de campo, relação sinal ruído (SNR) e potência de recepção, são definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pela ANATEL (CPqD, 2003) (MOLISCH, 2006). A Equação (5) apresenta a função densidade de probabilidade (FDP) de Rayleigh, que pode ser utilizada para caracterizar os canais afetados por multipercurso, uma vez que a antena interna pode ser utilizada.

$$p_x(x) = \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2 \cdot \sigma^2}} \quad \text{equação (5)}$$

A função da distribuição cumulativa (FDC) é definida como a probabilidade de que uma variável aleatória assuma um valor inferior ao valor de x . Considerando x como o mínimo valor aceitável para intensidade de campo. A FDC é a integral da FDP e pode ser expressa por (6) (COMUNICAÇÕES, M. D):

$$P_x(x) = \int_{-\infty}^x p_x(x) dx \quad \text{equação (6)}$$

Outro fator estatístico decisivo no planejamento de sistemas *wireless* é a probabilidade de interrupção de um sinal. Pode-se definir como a probabilidade de que um certo nível de intensidade de campo não seja atingido, ou seja, a definição da FDC. A percentagem da probabilidade de interrupção é dada por (7):

$$P_{\text{out}} = P_x(X_{\text{min}}) \quad \text{equação (7)}$$

4. CENÁRIO ANALISADO

Neste artigo, considerou-se uma região da cidade de João Pessoa com dimensões de 5,5 km X 6,6 km, a base de dados foi obtida de (USGS Nasa, 2014), a altura da antena transmissora escolhida foi 108 m, com potência de transmissão de 4018 kW, operando no canal 19. Os critérios de cobertura são baseados nos valores de potência mínima definidos pela ABNT (ABNT NBR 1504). Para obter a intensidade de campo e a potência do sinal na área de análise utilizou-se o modelo UDP. As simulações foram realizadas utilizando o *software* WinProp® . Na Figura 2 é apresentada a base de dados topográfica da área analisada.

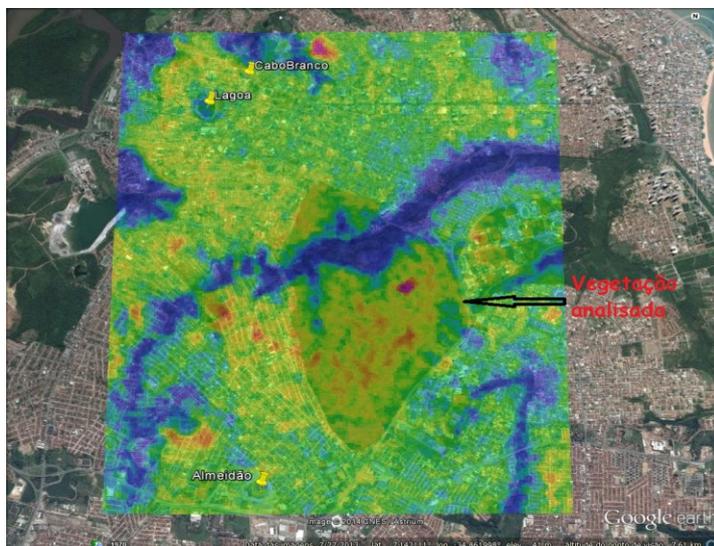


Figura 2 - Cenário analisado - Parte da cidade de João Pessoa

5. RESULTADOS

Para verificar a influência da vegetação na propagação do sinal de TV digital foram montados dois cenários. O cenário I foi composto por parte da base de dados topográfica da cidade de João Pessoa incluindo a área de vegetação do Jardim Botânico da cidade. No cenário II é realizada a predição de propagação excluindo-se a área de vegetação do Jardim Botânico. Na Figura 3 é apresentada a distribuição de potência do sinal na região de análise.

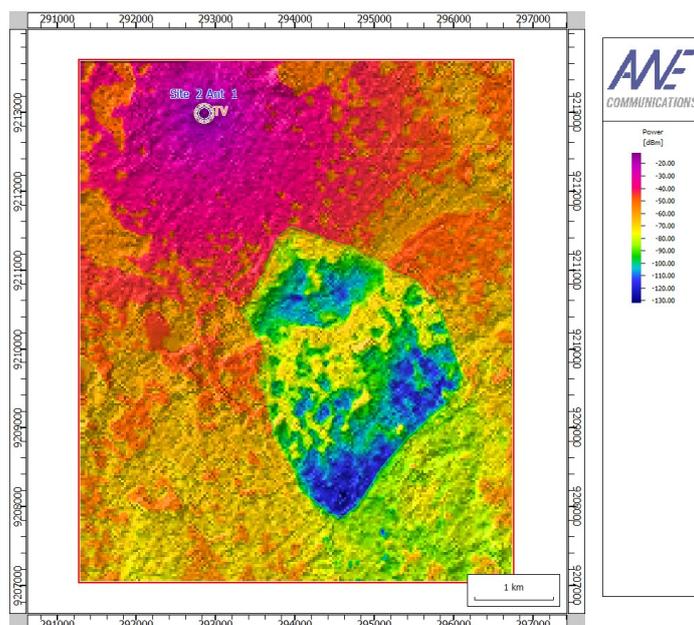


Figura 3 - Distribuição de potência incluindo-se a área de vegetação.

A probabilidade de interrupção do sinal, determinada pela FDC, é apresentada na Figura 4. De acordo com o valor mínimo de potência recebida (-77dBm), necessário para decodificação do sinal e definido na norma brasileira de TV digital (ABNT NBR 1504), a probabilidade de interrupção do sinal calculada foi de 24,3%.

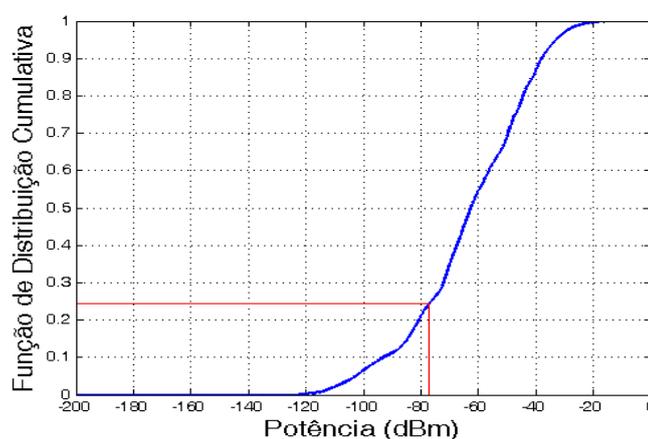


Figura 4 - Probabilidade de interrupção do sinal incluindo-se a área de vegetação.

A Figura 5 apresenta a predição de potência excluindo-se a área de vegetação no cálculo de predição de propagação.

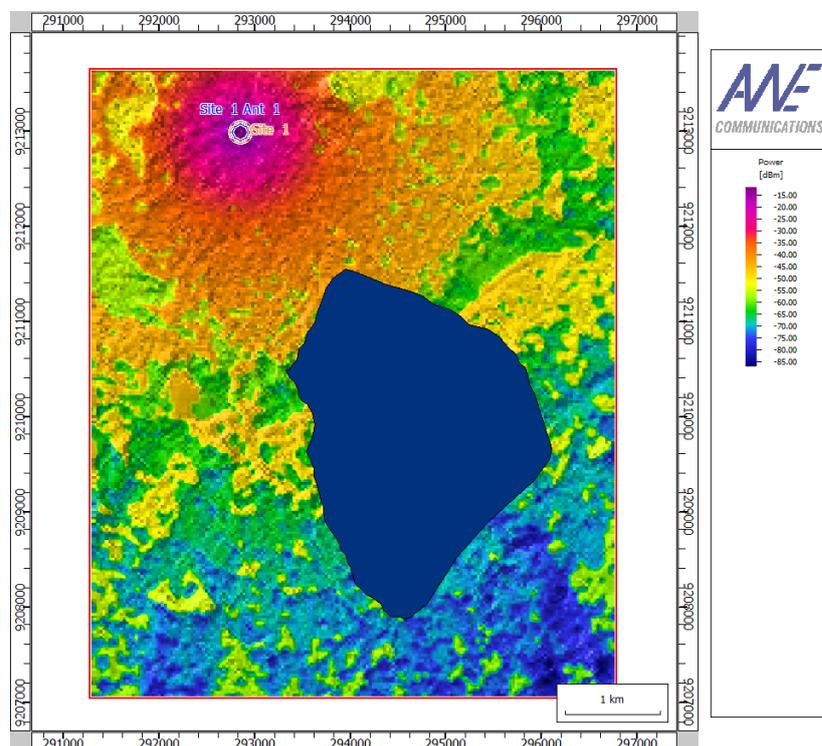


Figura 5 - Distribuição de potência excluindo-se a área de vegetação.

A Figura 6 apresenta a probabilidade de interrupção do sinal quando a região de vegetação é desconsiderada na base de dados topográfica. Neste cenário a probabilidade de interrupção calculada foi de 1,3%. Conforme afirmado anteriormente, considera-se que a metodologia para projetos de sistemas de radiodifusão de sons e imagens adotada pela Anatel, não é a mais adequada para o planejamento de sistemas de TVD.

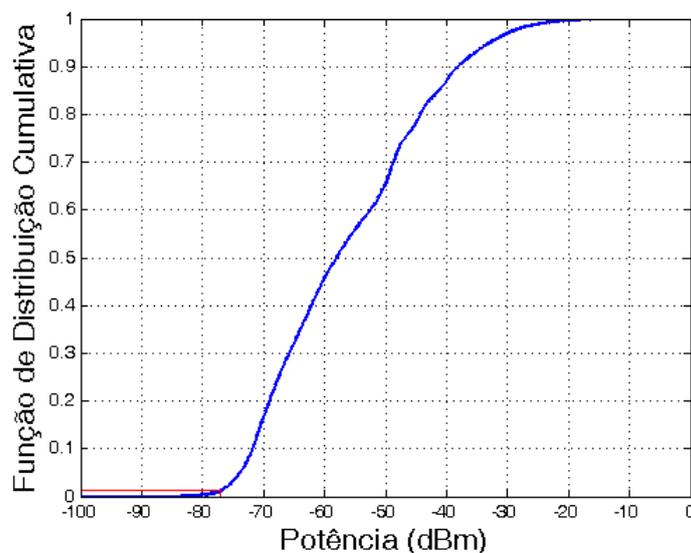


Figura 6 - Probabilidade de interrupção do sinal excluindo-se a área de vegetação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizada a predição de propagação do sinal de uma emissora local de radiodifusão de TV digital na cidade de João Pessoa, verificando-se a influência da presença de uma região de vegetação no sinal, utilizando para tal o modelo de propagação de percurso dominante. Para a análise considerou-se uma área de vegetação com dimensões de 5,5 km X 6,6 km. Para a simulação foram utilizadas as seguintes características de emissora: antena transmissora localizada a uma altura de 108 m, com potência de transmissão de 4018 kW, operando no canal 19 UHF. Com o intuito de verificar a influência da vegetação consideraram-se dois cenários, um cenário com a área de vegetação e o outro desconsiderando a área de vegetação.

De acordo com o valor de potência mínima definida pela ABNT e Anatel, foi calculada uma probabilidade de interrupção do sinal de 24,3% quando a área da mata é considerada na predição de propagação. Para isolar o efeito da vegetação a probabilidade de interrupção do sinal foi novamente calculada desconsiderando sua existência, obtendo-se um valor de 1,3%.

Segundo o (COMUNICAÇÕES, M.D.) o desligamento do sinal de TV analógica seguirá um cronograma com início em março de 2015 e finalizando em 2018, quando todo o sistema de transmissão analógica estará desligado. No entanto, um planejamento de cobertura eficaz faz se necessário para verificar as áreas com níveis baixos de intensidade de sinal, além de pontos de interrupção de recepção do sinal, como forma de evitar um “apagão” na recepção.

De acordo com os resultados apresentados verifica-se que esta área da cidade apresenta uma grande probabilidade de interrupção de sinal, em função da distância da antena transmissora, da topografia do terreno, bem como da extensa área de vegetação dentro do



centro urbano. Como forma de amenizar estas falhas de recepção na cidade poderiam ser instaladas antenas transmissoras distribuídas naquela região, ou mesmo a instalação de uma rede de frequência única (*Single Frequency Network* - SFN).

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo PIBICT, os autores gostariam de agradecer ao IFPB pela aquisição do software Winprop® de predição de propagação utilizado no trabalho.

7. REFERÊNCIAS

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.

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.

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

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.

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.

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.

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.

Synthesis of Social Indicators: an analysis of the population's life conditions, Brazilian institute of Geography and Statistic, Brazil, 2009.

A. A. de Melo, F P. Rodrigues, K. C. Santos, E. F. Silva, Estudo de Caso: Planejamento de Cobertura de um Sistema de Radiodifusão de Televisão Digital Terrestre na Cidade de João Pessoa, COBENGE, 2013.

Propagação em Ambientes Florestais, J. A. R . Azevedo, F. E. Santos, Universidade da Madeira, Dezembro 2008.

R. K. Tewari, S. Swarup and M. N. Roy, Radio Wave Propagation Through Rain Forests of India, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 38, no. 4, April 1990.

USGS Nasa, www.gdex.cr.usgs.gov/gdex/, abril, 2014.

ABNT NBR 1504 Digital terrestrial television Receivers, 200.

CPqD, Channel Planning for Digital Television, www.anatel.gov.br, September, 2003.

A. F. Molisch, Wireless Communications, John Wiley & Sons - IEEE, 2006.

COMUNICAÇÕES, M. D. **Desligamento da TV analógica começa em março de 2015.** www.mc.gov.br/noticiass/27163-desligamento-datv-analogica-comeca-em-marco-de-2015, 2014. Acesso em: Abril 2014.

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

Abstracts: *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 was obtained utilizing the Dominant Path Model (DPM). In this paper, one presents the evaluation of the coverage area using the real elevation data of the city João Pessoa in forest environments, for one DTT station. The result was obtained by using the Cumulative Density Function (CDF) to evaluate the signal's outage probability.*

Key-words: *Digital terrestrial television, Multipath, Propagation in forest.*