

Avaliação Empírica de Recomendações da ITU-R para Propagação nas Faixas de TV e FM

Jéssica Carrico, Gabriel Mariano, Diego Tobias, Richard Demo Souza e Stevan Grubisic

Resumo—Este estudo abrange a análise de três modelos de predição aplicáveis para a faixa de sinais de TV e FM, descritos nas recomendações da União Internacional de Telecomunicações (UIT), os quais foram comparados com medições dos níveis de sinais de radiofrequência provenientes de uma emissora de TV localizada na cidade de Criciúma-SC. Os resultados discutem a aplicabilidade dos modelos em diferentes situações.

Palavras-Chave—Propagação, UIT, espectro.

Abstract—This study encompasses the analysis of three prediction models applicable to the range of TV and FM signals, as described in the recommendations of the International Telecommunication Union (ITU), which were compared with measurements of the radio frequency signal levels from a TV broadcaster located in the city of Criciúma-SC. The results discuss the applicability of the models in different situations.

Keywords—Propagation, ITU, spectrum.

I. INTRODUÇÃO

A Anatel é responsável por monitorar o espectro de frequências no Brasil, incluindo os serviços de TV e FM, por meio do Plano de Monitoração de Radiodifusão (PM-RD)¹. Para esse fim, utiliza ferramentas como a análise espectral e modelos de predição, sendo o ITU-R P.1546 [1] o principal modelo adotado. Contudo, a precisão deste modelo em diversos contextos permanece incerta, principalmente devido à escassez de medições reais para validação.

Este trabalho visa contribuir para preencher essa lacuna através da realização de medições em campo e sua comparação com as predições dos modelos ITU-R P.1546 [1], ITU-R P.525 [2] e ITU-R P.1812 [3]. Com isso, busca-se obter dados para avaliar a precisão desses modelos em diferentes condições de propagação e identificar possíveis inconsistências, como discrepâncias entre a potência de transmissão real medida e a potência reportada nos relatórios de canais.

II. METODOLOGIA

Primeiro, foram feitas predições no Matlab[®] usando os modelos teóricos ITU-R P.525 [2], ITU-R P.1546 [1] e ITU-R P.1812 [3], que depois foram comparadas com dados reais de campo. Esses modelos foram escolhidos por sua relevância para a faixa de frequência estudada e sua ampla adoção pela comunidade científica e órgãos reguladores.

J. Carrico, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), São José-SC, e Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), Florianópolis-SC. G. Mariano, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Blumenau-SC e Anatel/Florianópolis-SC. D. Tobias, UFSC/Florianópolis-SC, e Anatel/Florianópolis-SC. R. D. Souza, UFSC/Florianópolis-SC. S. Grubisic, Anatel/Florianópolis-SC. Contato: stevan@anatel.gov.br.

¹<https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/fiscalizacao/planos-de-monitoracao>

A. Modelos Teóricos

ITU-R P.525 [2]: Define o cálculo da atenuação no espaço livre, estabelecendo uma base teórica para a propagação do sinal em condições ideais, sem obstáculos.

ITU-R P.1546 [1]: Amplamente utilizada pela Anatel para calcular a cobertura de sinal na faixa de 30 MHz a 3000 MHz, incluindo os serviços de TV e rádio. Esta recomendação prevê a intensidade de campo em diferentes cenários, incluindo áreas urbanas, suburbanas e rurais.

ITU-R P.1812 [3]: Fornece um método para prever a propagação de sinais de serviços terrestres em faixas de VHF e UHF, o que inclui os serviços de TV e rádio. Este modelo é mais detalhado que [1], considerando características específicas do percurso, como a topografia e o tipo de terreno.

B. Medições Práticas

Para as medições realizadas em Criciúma-SC, utilizou-se a antena HL040, da fabricante Rhode & Schwarz[®], em conjunto com o analisador de tempo real N9936B FieldFox - 14GHz, da marca Keysight[®]. A Figura 1 ilustra a montagem utilizada. Para medições a 3m a antena foi montada no topo de um veículo, enquanto que para 10m foi utilizada uma grua. As duas alturas procuram refletir posicionamentos típicos de antena de recepção dos usuários destes serviços. O sinal a ser medido é aquele transmitido por uma emissora de TV, com parâmetros detalhados em [4].



Fig. 1: Aparatos para medição a 3m e 10m.

Foram realizadas 58 medições em diferentes pontos, alturas e condições de linha de visada (livre, parcial ou obstruída), a distâncias de 0.98km até 34.50km do transmissor, nas coordenadas listadas na Tabela I. Em cada ponto a altura da antena receptora foi por vezes 3m e por vezes 10 m, resultando em até 8 medições por ponto. A quantidade relativamente baixa de pontos é justificada pela dificuldade prática e econômica de realizar medições, especialmente a 10m.

TABELA I: Coordenadas dos pontos de medição, distância (d), e condição de linha de visada livre (LoS), parcialmente obstruída (pLoS) ou obstruída (nLoS).

Ponto	Latitude	Longitude	d (Km)	LoS/nLoS
1	-28.745329	-49.398970	10.19	LoS
2	-28.746838	-49.399818	10.37	LoS
3	-28.728891	-49.434365	10.38	LoS
4	-28.535470	-49.215667	19.93	nLoS
5	-28.502290	-49.187777	24.46	nLoS
6	-28.393347	-49.548847	34.50	nLoS
7	-28.684641	-49.350190	3.19	LoS
8	-28.692529	-49.384742	4.27	LoS
9	-28.692099	-49.385137	4.24	nLoS
10	-28.665686	-49.358290	0.98	nLoS
11	-28.656231	-49.343923	2.00	pLoS
12	-28.666312	-49.333471	3.12	pLoS
13	-28.657397	-49.297218	6.55	LoS
14	-28.657311	-49.278193	8.40	LoS
15	-28.657138	-49.259833	10.20	pLoS
16	-28.668019	-49.233261	12.80	nLoS

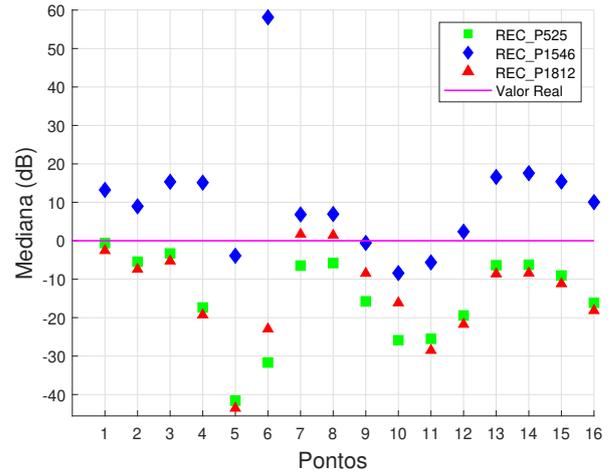


Fig. 2: Mediana das relações entre os valores real medido e predito para as três recomendações.

C. Avaliação Numérica

A avaliação numérica, utilizando as recomendações [2], [1], [3], foi feita com base em código aberto disponível em [5]. Em vista da generalidade dos códigos utilizados, obtém-se os resultados numéricos em $\text{dB}\mu\text{V/m}$, com o intuito de comparar com os dados obtidos do analisador de espectro. Para realizar a conversão dos valores preditos em dBm para a mesma unidade de saída do analisador, utiliza-se a transformação

$$E(\text{dB}\mu\text{V/m}) = P(\text{dBm}) + 107 + k + \alpha. \quad (1)$$

O fator k representa a contribuição da antena utilizada na medição, sendo 17 dB/m [6], enquanto α refere-se às perdas de atenuação devido a conectores, cabos e outros componentes do sistema de medição, assumido como sendo 1.5 dB pelas características dos componentes do sistema de medição.

1) *Cálculo das Relações*: Para cada medição, foi calculada uma relação entre o valor real medido e o valor predito por cada modelo de propagação. Tal relação é obtida pela razão entre o valor real e o predito, em escala linear.

2) *Cálculo das Medianas*: Para cada ponto de medição, calculou-se a mediana das razões entre os valores reais e preditos, refletindo a precisão de cada modelo de propagação.

III. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir analisamos os resultados ilustrados na Figura 2, onde a mediana da razão entre valores reais e preditos é informada em escala logarítmica.

ITU-R P.525: Geralmente as razões são menores que 0 dB , indicando que as previsões são, em sua maioria, otimistas, se aproximando de 1 apenas em casos com linha de visada livre (pontos 1, 2, 3, 7, 8, 13, 14).

ITU-R P.1546: Tende a prever perdas maiores, mas se mostra mais precisa em algumas áreas obstruídas (pontos 5, 9, 10, 11, 12). Porém, no ponto 6, o que está à maior distância, a previsão foi muito pessimista.

ITU-R P.1812: Obtém um certo equilíbrio, com valores próximos de 0 dB em muitos casos. Sua proximidade com a ITU-R

P.525 sugere uma incorporação de elementos da propagação em espaço livre, com ajustes para outras condições.

IV. CONCLUSÕES

Como esperado, a ITU-R P.525 é adequada para previsões em espaços praticamente livres, sem obstrução da zona principal de Fresnel, em contraste com a ITU-R P.1546 que é mais fiel em áreas obstruídas ou urbanas complexas. Por sua vez, a ITU-R P.1812 oferece um equilíbrio, sendo versátil e confiável em diferentes ambientes. No entanto, sua eficácia depende de informações detalhadas sobre o local, as quais não são sempre disponíveis. Para melhorar a precisão das previsões, recomendamos análises adicionais em diversas condições ambientais e de propagação, com maior riqueza de informações sobre o ambiente, atingindo uma avaliação mais aprofundada acerca da maior utilização ou não da recomendação ITU-R P.1812.

V. AGRADECIMENTOS

J. Carrico, G. Mariano e D. Tobias agradecem ao programa de estágios da Anatel.

REFERÊNCIAS

- [1] International Telecommunication Union, *ITU-R P.1546: Method for Point-to-area Predictions for Terrestrial Services in the Frequency Range 30 MHz to 3000 MHz*. ITU, 2019.
- [2] International Telecommunication Union, *ITU-R P.525: Calculation of Free-space Attenuation*. ITU, 2019.
- [3] International Telecommunication Union, *ITU-R P.1812: A Path-specific Propagation Prediction Method for Point-to-area Terrestrial Services in the VHF and UHF Bands*. ITU, 2015.
- [4] Informações do Transmissor. Disponível em: https://sistemas.anatel.gov.br/se/eApp/reports/b/srd/resumo_sistema.php?id=57dbab80e3168&state=TV-C4. Acesso em: 20 de maio de 2024.
- [5] GitHub Online Repository. <https://github.com/eeveetz>. Prediction Models. Acesso em: 20 de maio de 2024.
- [6] Rohde & Schwarz, *HL040E Antenna Datasheet*. Disponível em: https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/HL040E_2020.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2024.