

Proposta De Estudo De Caso Da Medição Da Intensidade Dos Campos Eletromagnéticos Na Faixa De Frequência De 76,0 Mhz A 108,0 Mhz, Associados À Operação De Estações Transmissoras De Radiodifusão Sonora Em Frequência Modulada, Em Regiões De Floresta Tropical

Henrique Camargo Da Silva¹, David Barbosa De Alencar²,

¹(Student Of The Postgraduate Course In Engineering, Process, Systems And Environmental Management At The Galileo Da Amazônia Institute Of Technology And Education (Ppg.Egpsa/Itegam). Avenida Joaquim Nabuco No. 1950. Center. Manaus-Am. Zip Code: 69.020-030. Brazil.)

²(Professor Of The Postgraduate Course In Engineering, Process, Systems And Environmental Management At The Galileo Da Amazônia Institute Of Technology And Education (Ppg.Egpsa/Itegam). Avenida Joaquim Nabuco No. 1950. Center. Manaus-Am. Zip Code: 69.020-030. Brazil.)

Abstract:

Background: A International Telecommunication Union (ITU), a specialized agency of the United Nations for information and communication technologies, plays a pivotal role in establishing global standards through its ITU-T Recommendations. In Brazil, adherence to ITU-R Recommendation P.1546-1 guides the calculation of field intensity for broadcasting services across the 30 MHz to 3000 MHz frequency spectrum. This approach currently relies on empirical data and statistical analyses, primarily gathered from propagation studies conducted over land and various types of seawater.

Materials and Methods: This article conducts a focused case study in the Amazon rainforest region to investigate electromagnetic wave propagation. The primary aim is to determine the field intensity in the frequency range of 76.0 MHz to 108 MHz. The study compares findings from the Amazon region with those established by current Brazilian legislation, utilizing rigorous empirical methods to capture and analyze propagation characteristics unique to this dense rainforest environment.

Results: The study reveals significant disparities in electromagnetic wave propagation within the Amazon rainforest compared to non-vegetated areas. These findings underscore the necessity for adjustments in field intensity prediction methodologies to accurately reflect the distinct propagation conditions found in the Amazon. As a result, recommendations are proposed for potential modifications in Brazilian legislation to better align with the empirical realities uncovered by this research.

Conclusion: The critical importance of considering regional environmental factors, such as dense vegetation in the Amazon rainforest, when developing standards and regulatory frameworks for electromagnetic wave propagation. The study's findings demonstrate that current methodologies, based largely on data from non-vegetated areas, may not adequately capture the complexities of propagation in vegetated regions. Moving forward, adjustments in prediction methodologies and legislative frameworks are recommended to ensure more accurate and reliable telecommunications infrastructure planning and implementation, particularly in ecologically sensitive areas like the Amazon rainforest.

Key Word: International Telecommunication Union (ITU); electromagnetic wave propagation; Amazon rainforest; field intensity; regulatory frameworks.

Date of Submission: 22-07-2024

Date of Acceptance: 02-08-2024

I. Introdução

A União Internacional de Telecomunicações – ITU, agência especializada da Organização das Nações Unidas – ONU, desenvolve padrões internacionais conhecidos como Recomendações ITU-T, que atuam como elementos definidores dos padrões da infraestrutura global de tecnologias de informação e comunicação, garantindo a interconexão perfeita de redes e tecnologias. O Brasil adota a Recomendação ITU-R P.1546-1 [1] como padrão para o tratamento do método para predição ponto-área de serviços terrestres na faixa de frequências de 30 MHz a 3000 MHz, em distâncias entre 1 e 1.000 quilômetros. Assim, para os cálculos de intensidade de campo eletromagnético nas transmissões das emissoras de rádio em frequência modulada, instaladas no País, foram editados pela Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL os Requisitos Técnicos de Condições de Uso de Radiofrequências para os Serviços de Radiodifusão Sonora em Frequência

Modulada, de Retransmissão de Rádio na Amazônia Legal, de Radiodifusão Comunitária, de Radiovias e Limitado Privado - para Autocine [2], são utilizados os métodos descritos na a Recomendação ITU-R P.1546-1 [1]. Entretanto, a determinação das curvas utilizadas nesta Recomendação é baseada na análise estatística de dados experimentais obtidos por medições realizadas em condições climáticas médias em regiões temperadas. As curvas de trajetos terrestres foram preparadas a partir de dados obtidos principalmente em climas encontrados na Europa e na América do Norte. As curvas do percurso marítimo foram preparadas a partir de dados obtidos principalmente nas regiões do Mediterrâneo e do Mar do Norte [2]. No Brasil, principalmente na Amazônia que é quase totalmente coberta por floresta tropical, exaustivas investigações experimentais revelaram que a propagação de ondas de rádio em ambientes florestais é dificultada por perdas de transmissão que são substancialmente maiores do que as que ocorrem na ausência de vegetação, no caso de antena transmissora e receptora situadas no interior da vegetação. Além disso, especificamente para o estado do Amazonas, formado por uma planície sem grandes variações de altitude, no caso da antena transmissora estar acima das copas das árvores, a contribuição da onda lateral, que será discutida mais a frente, somada à contribuição da onda do espaço livre parecem ter uma propagação maior que o esperado para as condições fixadas pela legislação brasileira. Desta forma, o objetivo do presente artigo é discutir os resultados práticos de um estudo de caso do cálculo da intensidade de campo na propagação de sinais de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada, na faixa de 76,0 MHz a 108 MHz, em região de floresta tropical, comparando com resultados obtidos em cálculos teóricos, segundo as recomendações da legislação brasileira.

II. Revisão Bibliográfica

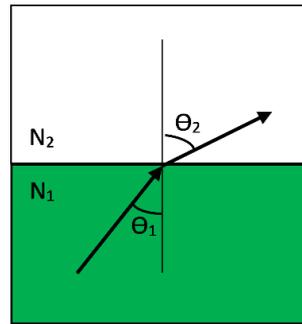
A floresta amazônica tem características bem definidas que implicam diretamente na propagação de ondas eletromagnéticas. Por estar localizada próxima à linha do Equador, ela apresenta clima equatorial [3]. Assim, é marcada por elevadas temperaturas e umidade do ar. Em geral, as estações do ano na floresta distinguem-se por dois períodos: o seco e o chuvoso. O solo da floresta amazônica é considerado pobre com uma fina camada de nutrientes. Porém, o húmus formado pela decomposição da matéria orgânica, ou seja, folhas, flores, animais e frutos é rica em nutrientes utilizados para o desenvolvimento das espécies e da vegetação da floresta. Esta característica acarreta em um solo de baixa condutividade que afeta a propagação de ondas terrestres. A maior parte do relevo possui altitude entre 100 e 200 metros acima do nível do mar, caracterizando uma planície. Com exceção da região do Pico da Neblina, com 3.014 metros de altitude, considerado o ponto mais alto do Brasil, o relevo é suave. bastando que a antena transmissora esteja mais alta que a copa das árvores para se caracterizar uma propagação próxima do espaço livre. Entretanto, o bioma Amazônia é formado em grande parte pela floresta ombrófila densa e a floresta ombrófila aberta e pode ser dividido em três grandes grupos [3]: mata de várzea, com característica de altitudes baixas, onde as inundações são periódicas; mata de igapó, com característica de regiões alagadas, onde as inundações são permanentes e mata de terra firme, caracterizada pelas altitudes elevadas que representa a maior parte da floresta amazônica. Existem diversas espécies nativas da flora amazônica, entre elas a sumaúma, que pode atingir 60 m de altura e 3 m de diâmetro de caule [4].

A maioria dos antigos estudos sobre a propagação em florestas utilizam modelos, que não atentam para as propriedades eletromagnéticas da vegetação e sim para as características físicas do terreno, tais como irregularidades, curvatura da terra, e para a difração sofrida pela onda. Com isto, são utilizados fatores de correção empíricos ou estatísticos que, embora sendo convenientes para estabelecer critérios de propagação, não caracterizam um mecanismo responsável pela propagação em florestas [5]. Antigos estudos sobre propagação de ondas de rádio em regiões de florestas tratavam o assunto como se a propagação ocorresse sobre solo sem vegetação, adicionando um fator extra de atenuação na floresta, obtido empiricamente. Este modelo, apesar de utilizado com razoável aproximação, não correlacionava seu resultado com um método específico de propagação. É o caso da proposta de Pounds e La Grone [6], em 1963, que propuseram considerar a floresta um meio dielétrico dissipativo. Em 1966, Sachs e Wyatt [7], propuseram pela primeira vez a teoria da onda lateral. Posteriormente Tamir [8], em 1967 e novamente Dence e Tamir [4], em 1969, confirmaram a validade da propagação de onda lateral como sendo a mais exata para o meio de floresta.

Considerando os meios floresta e ar homogêneos com dielétricos isotópicos, quando uma onda plana incide sobre uma interface plana que separa estes dois meios o resultado é o aparecimento de ondas refletidas e refratadas. [9]

A relação entre o ângulo de incidência e o ângulo de refração é dada pela Lei de Snell-Descartes [10]:

Figura 1 - Onda plana incidindo em interface que separa dois meios homogêneos de diferentes constantes dielétricas



Fonte: [10]

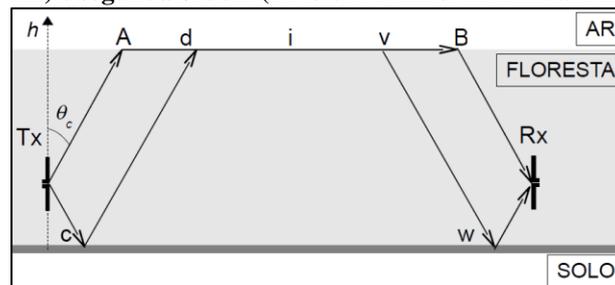
$$N_1 \cdot \sin(\theta_1) = N_2 \cdot \sin(\theta_2) \quad (EQ 1.1)$$

O ângulo que a onda refratada faz com a normal da interface plana se afasta da normal caso a onda passe de um meio mais denso para um meio menos denso, que é o caso da interface floresta-ar. Para a incidência no ângulo crítico, a refração é paralela à fronteira.

$$\theta_2 = 90^\circ \text{ e } N_2 = 1 \Rightarrow \sin(\theta_1) = 1/N_1 \quad (EQ 1.2)$$

Este caso foi inserido na literatura por Sachs e Wyatt [12], para o caso de propagação de ondas eletromagnéticas dentro de regiões de floresta densa, e a onda chamada de onda lateral. A figura 2 ilustra a onda lateral para o caso das antenas transmissoras e receptoras inseridas na floresta.

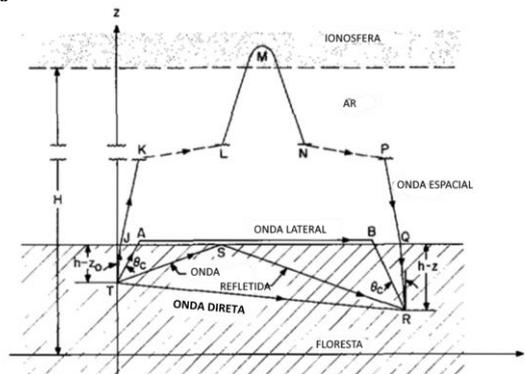
Figura 2 - Conceito da onda lateral de Tamir, com indicação dos percursos de primeira ordem (Tx-A-i-B-Rx) e segunda ordem (Tx-c-d-i-B-Rx e Tx-A-i-vw-Rx)



Fonte: [5]

Analisando-se as demais contribuições de ondas para o campo recebido, e desprezando a interação do solo para distâncias entre transmissor e receptor maiores de 1 km, temos as componentes mostradas na fig. 3:

Figura 3 - Conjunto de ondas considerando as interfaces floresta/ar/ionosfera.



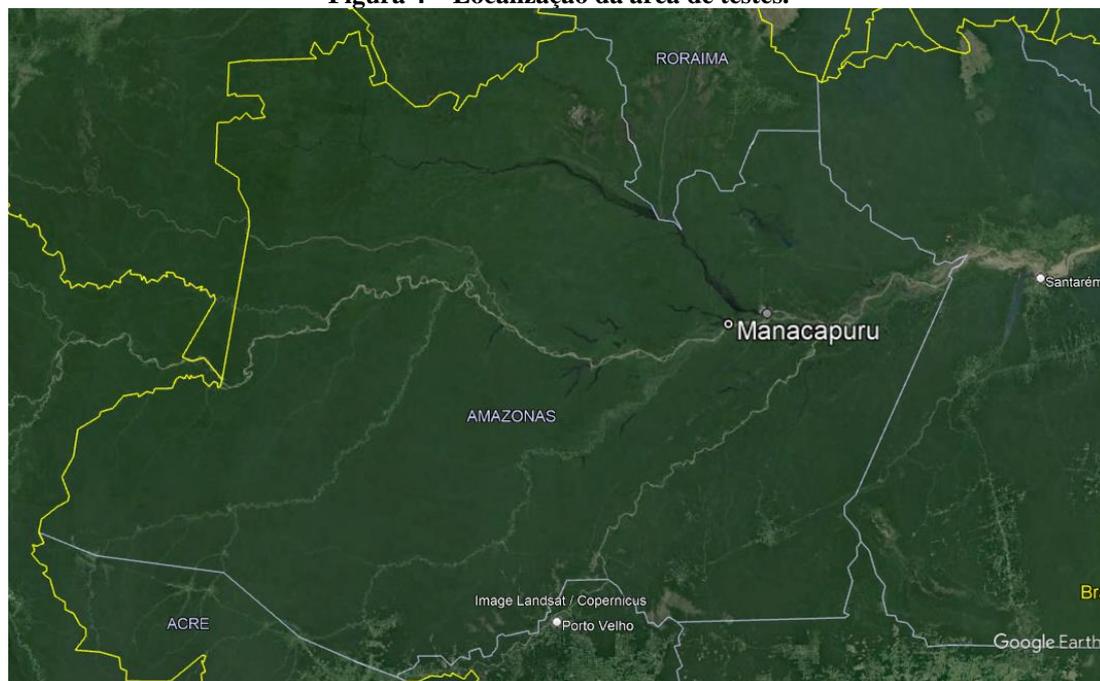
Fonte: [15].

Em [11], foi demonstrado e confirmado por medições experimentais que a componente direta, assim como o raio refletido na interface floresta-ar, sofrem forte atenuação da floresta, não trazendo contribuição considerável ao campo resultante. Por outro lado, a componente ionosférica só se mostra efetiva em frequências muito baixas, menores que 10 MHz e para longas distâncias, maiores que 10 km. Assim, ficou determinado que para a propagação de ondas na faixa de frequências em torno de 100 MHz, faixa utilizada pelo serviço de radiodifusão objeto deste artigo, a onda lateral assume papel preponderante, podendo-se desprezar a contribuição das demais componentes consideradas. Desta forma fica clara a diferença entre a propagação em regiões de floresta e em regiões sem cobertura florestal, concluindo-se que não é razoável considerar dados obtidos em áreas sem cobertura vegetal para prever a propagação em florestas tropicais.

III. Material And Methods

A fim de realizar um estudo de caso do cálculo da intensidade de campo na propagação de sinais de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada, na faixa de 76,0 MHz a 108,0 MHz, em região de floresta tropical, comparando com dados obtidos em cálculos teóricos, baseados na legislação brasileira [12], foi escolhida uma emissora de Rádio FM instalada na cidade de Manacapuru, de propriedade do Governo Estadual, com finalidade educativa, pertencente ao Sistema Encontro das Águas, outorgada à Empresa Brasil de Comunicação S. A. – EBC, no canal 279, frequência de 103,7 MHz, classe B1, operada pela Fundação Televisão e Rádio Cultura do Amazonas.

Figura 4 – Localização da área de testes.



Fonte: Os Autores

Esta emissora tem uma torre autoportante de 48 m de altura com uma cota da base de 34,4 m sobre o nível do mar. A antena de transmissão, com ganho de 3,44 dBd está situada com seu centro geométrico a 43,5 m da base da torre, orientada a 0º de azimute (norte). O cabo coaxial de transmissão de 7/8" introduz, juntamente com os conectores, uma atenuação total de 1,085 dB. O transmissor se encontrava na data das medições com uma potência de transmissão de 513,6 W. Este arranjo acarreta em uma potência efetiva irradiada máxima de 0,883 kW.

Na data de execução das medidas o tempo estava ensolarado, com temperatura média de 30°C. Foram realizadas 659 medições, iniciando no local da torre de transmissão, se deslocando pela rodovia Manoel Urbano (AM 070) no sentido Nordeste até uma distância de 66,16 km.

Foi montado um set de testes para a execução das medidas em um veículo tipo SUV onde foi instalada uma antena fabricada por PROMAX ELECTRONICA, S. L., modelo AM-060, com diagrama omnidirecional, situada a uma altura de 1,60 m. Para as medidas foi utilizado um medidor de intensidade de campo fabricado por PROMAX ELECTRONICA, S. L., modelo Ranger Neo 2 ISDB-T/TB, no de série 180396450001.

Para o presente trabalho os pontos de medida foram determinados pela distância e pelo azimute em relação ao Norte verdadeiro, relativos ao local de instalação da torre de transmissão, como na figura 5.

Figura 5 - Dados de determinação dos pontos de testes.



Fonte: Os Autores

Paralelamente foi realizada a determinação da intensidade de campo, nos pontos de teste, utilizando os Requisitos Técnicos de Condições de Uso de Radiofrequências para os Serviços de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada, de Retransmissão de Rádio na Amazônia Legal, de Radiodifusão Comunitária, de Radiovias e Limitado Privado - para Autocine [13] e do Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada [14], baseados na Recomendação ITU-R P.1546-1 [15].

IV. Result

Para o caso em estudo, foi realizada uma aproximação baseada em propagação ótica geométrica das ondas, incluindo-se a porção de floresta tropical com seu mecanismo de propagação específico.

A torre de transmissão da emissora em frequência modulada está instalada em uma região urbana, de alta densidade de ocupação, com interferências e obstruções típicas das cidades. Ao sair da região urbana as ondas eletromagnéticas encontram, no ponto T, uma área de floresta tropical. Nesta área a propagação se dá principalmente através da onda lateral até o ponto B, de onde volta a encontrar uma área rural de baixíssima densidade populacional. No caso em análise, a recepção direta das ondas transmitidas em T0 está obstruída pela floresta.

Os valores de intensidade de campo medido foram obtidos através das medições realizadas nos 659 pontos de teste adotados, enquanto que os valores teóricos esperados foram calculados com base na normatização apresentada na Revisão Bibliográfica.

Na tabela a seguir são apresentados estes valores a cada 10 pontos de teste.

Tabela 1 - Valores da intensidade de campo calculada e medida a cada 10 pontos de teste.

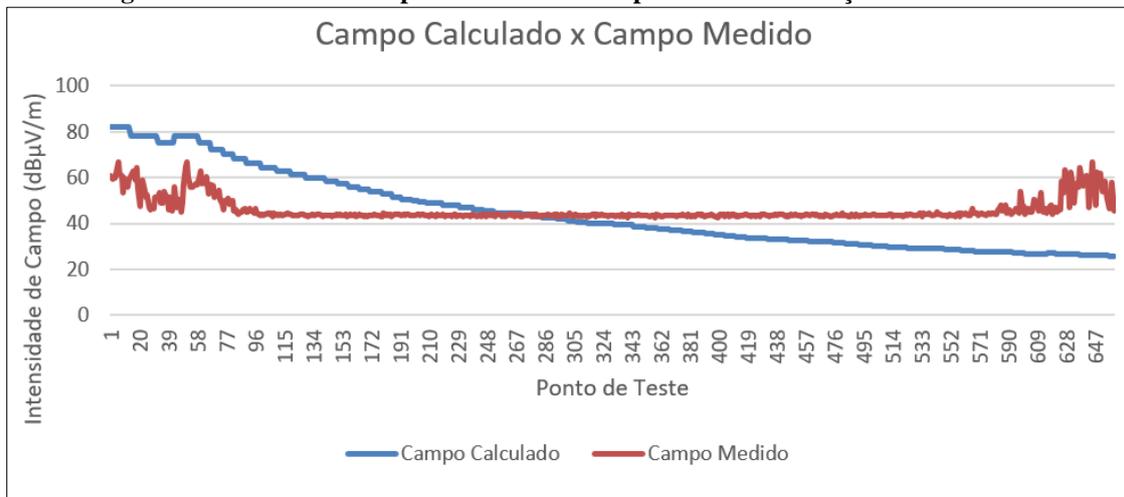
| Ponto de Teste | Distância do Transmissor (km) | Intensidade de Campo Calculada (dB μ V/m) | Intensidade de Campo Medida (dB μ V/m) | Ponto de Teste | Distância do Transmissor (km) | Intensidade de Campo Calculada (dB μ V/m) | Intensidade de Campo Medida (dB μ V/m) |
|----------------|-------------------------------|---|--|----------------|-------------------------------|---|--|
| 1 | 2,31 | 81,9 | 61,1 | 331 | 35,05 | 39,4 | 43,3 |
| 10 | 2,65 | 81,9 | 59,7 | 340 | 35,62 | 39,4 | 42,7 |
| 20 | 3,51 | 78,2 | 47,6 | 350 | 36,84 | 38,8 | 43,5 |
| 30 | 3,94 | 78,2 | 51,4 | 360 | 38,08 | 37,7 | 43,7 |
| 40 | 4,09 | 75,2 | 51,4 | 370 | 39,33 | 37,1 | 43,4 |
| 50 | 3,45 | 78,0 | 64,8 | 380 | 40,61 | 36,6 | 43,8 |
| 60 | 4,11 | 75,0 | 63,0 | 390 | 41,94 | 36,1 | 43,2 |
| 70 | 5,39 | 72,4 | 51,7 | 400 | 43,47 | 35,1 | 43,4 |
| 80 | 6,75 | 70,2 | 48,8 | 410 | 44,99 | 34,6 | 44,1 |
| 90 | 8,10 | 66,3 | 45,2 | 420 | 46,21 | 33,7 | 43,6 |
| 100 | 9,02 | 64,5 | 43,9 | 430 | 46,87 | 33,7 | 43,9 |
| 110 | 10,07 | 62,9 | 43,8 | 440 | 47,59 | 33,2 | 43,8 |
| 120 | 11,23 | 61,3 | 43,7 | 450 | 48,33 | 32,8 | 43,8 |
| 130 | 12,08 | 59,9 | 43,2 | 460 | 49,12 | 32,3 | 43,4 |
| 140 | 12,91 | 59,9 | 42,9 | 470 | 50,49 | 31,9 | 43,9 |
| 150 | 14,02 | 57,3 | 43,7 | 480 | 51,71 | 31,5 | 43,3 |

| | | | |
|-----|-------|------|------|
| 160 | 15,43 | 56,1 | 43,7 |
| 170 | 16,92 | 54,9 | 43,6 |
| 180 | 18,15 | 52,7 | 44,4 |
| 190 | 19,69 | 51,7 | 44,2 |
| 200 | 21,30 | 49,7 | 43,3 |
| 210 | 22,20 | 48,8 | 43,2 |
| 220 | 23,11 | 47,9 | 43,2 |
| 230 | 24,08 | 47,1 | 43,5 |
| 240 | 25,23 | 46,2 | 43,4 |
| 250 | 26,59 | 45,4 | 43,7 |
| 260 | 27,63 | 44,7 | 42,8 |
| 270 | 27,93 | 44,7 | 43,2 |
| 280 | 29,44 | 43,2 | 43,9 |
| 290 | 30,72 | 42,5 | 43,6 |
| 300 | 31,93 | 41,9 | 43,5 |
| 310 | 33,53 | 40,6 | 43,0 |
| 320 | 34,47 | 40,0 | 44,1 |
| 330 | 34,98 | 40,0 | 43,5 |

| | | | |
|-----|-------|------|------|
| 490 | 52,87 | 31,0 | 43,8 |
| 500 | 53,94 | 30,6 | 43,6 |
| 510 | 54,96 | 30,2 | 43,5 |
| 520 | 55,83 | 29,8 | 43,6 |
| 530 | 56,33 | 29,4 | 43,6 |
| 540 | 57,11 | 29,0 | 43,5 |
| 550 | 58,24 | 28,6 | 43,2 |
| 560 | 59,16 | 28,2 | 44,2 |
| 570 | 60,26 | 27,9 | 43,5 |
| 580 | 61,42 | 27,5 | 44,4 |
| 590 | 61,70 | 27,5 | 45,8 |
| 600 | 63,00 | 27,1 | 47,5 |
| 610 | 63,29 | 26,7 | 45,7 |
| 620 | 62,97 | 27,1 | 45,9 |
| 630 | 63,36 | 26,7 | 47,1 |
| 640 | 64,39 | 26,4 | 60,0 |
| 650 | 65,43 | 26,0 | 61,9 |

A fim de facilitar a análise dos dados obtidos foi incluído um gráfico que mostra as intensidades de campo calculada e medida em cada ponto de teste:

Figura 7 - Gráfico de Campo Calculado x Campo Medido em função da Distância.

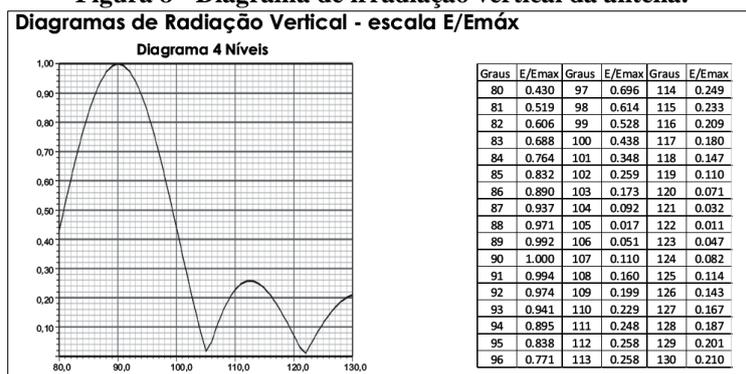


Fonte: Os Autores.

Observando-se os pontos próximos da fonte transmissora nota-se que os valores medidos são substancialmente menores que os valores calculados. Esta diferença deve-se a dois fatos distintos:

- A região é uma área urbana, com construções que causam reflexões, atenuações e obstruções no sinal transmitido;
- A Norma Técnica utilizada para os cálculos não considera o diagrama de irradiação vertical da antena transmissora que está apresentado abaixo:

Figura 8 - Diagrama de irradiação vertical da antena.



Fonte: [6]

Pelo diagrama acima, a direção de máxima irradiação é no ângulo de 90º, que indica o raio propagado paralelo ao solo. À medida que o ângulo cresce, ou seja, o ponto de recepção se aproxima da base da torre de sustentação da antena, o campo irradiado decresce rapidamente. No ângulo de 100º o campo irradiado já é apenas 43,8% do campo máximo. Estes fatores acarretam em medições bem menores que as esperadas pelo método de cálculo utilizado em pontos próximos da antena de transmissão.

A partir da distância de 8 km do local da antena, o campo medido se torna praticamente constante até a distância de 60 km. Este comportamento difere substancialmente dos valores calculados e esperados. Neste intervalo a intensidade de campo medida oscila em torno de 45 dB μ V/m, que é o valor médio das intensidades de campo tanto calculadas como medidas, fato que merece maiores investigações. Este quadro leva a crer que o efeito da atenuação no espaço livre e a atenuação na floresta deve ser reduzido para a propagação em florestas tropicais.

Nos quilômetros finais observa-se uma considerável elevação da intensidade de campo que novamente contraria os valores calculados e previstos. Neste caso observa-se que os pontos de teste se localizam sobre o rio Negro. A propagação de ondas eletromagnéticas sobre os rios amazônicos, que têm grandes dimensões e água com propriedades específicas deve ser objeto de testes próprios.

Figura 9 - Pontos de teste sobre o rio Negro.



Fonte: Os Autores.

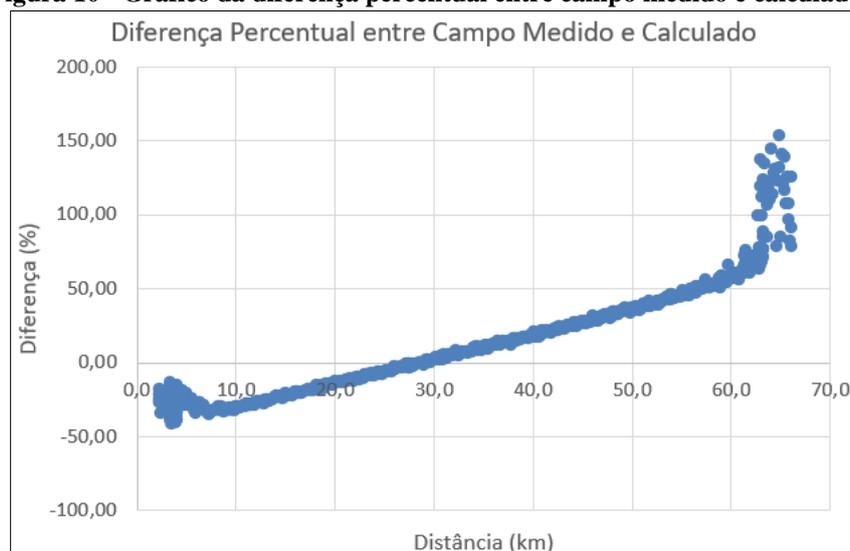
Em uma avaliação geral, observou-se que os resultados medidos diferiram muito dos resultados esperados. Embora este seja um estudo de caso, e não possa ser generalizado, a afirmação inicial de que, nas florestas tropicais a onda lateral parece ter uma propagação maior que o esperado para as condições fixadas pela legislação brasileira foi confirmado, no caso específico em estudo.

V. Discussion

O objetivo principal deste trabalho foi comparar os resultados obtidos pelo método de cálculo da intensidade de campo eletromagnético adotado pela legislação brasileira, com os resultados de medições de campo em um caso específico de propagação do Serviço de Radiodifusão Sonora, em Frequência Modulada, em áreas da floresta amazônica.

No gráfico abaixo observa-se a diferença percentual entre a intensidade de campo medida e calculada. Vê-se que a partir de aproximadamente 30 km de distância do ponto de transmissão, o valor de campo medido é sempre consideravelmente maior que o campo calculado. Mesmo desprezando os pontos iniciais e finais com base nos argumentos do item Resultados e Discussões, ainda assim o gráfico apresenta uma diferença extremamente considerável que leva a alguns questionamentos a cerca do método de cálculo adotado pela legislação de radiodifusão brasileira.

Figura 10 - Gráfico da diferença percentual entre campo medido e calculado.



Fonte: Os Autores.

Os resultados obtidos no presente estudo de caso indicam a necessidade de serem realizados estudos mais detalhados e melhor controlados, para que se tenha uma quantidade de dados mínima que permita a validação, ou não, do método de cálculo estabelecido pelos Requisitos Técnicos de Condições de Uso de Radiofrequências para os Serviços de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada, de Retransmissão de Rádio na Amazônia Legal, de Radiodifusão Comunitária, de Radiovias e Limitado Privado - para Autocine [2], adotado pela Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL para o cálculo de propagação de ondas eletromagnéticas na faixa de 76 MHz a 108 MHz, em florestas tropicais.

VI. Conclusion

A investigação realizada neste estudo de caso sobre a intensidade dos campos eletromagnéticos na faixa de frequência de 76,0 MHz a 108,0 MHz, associados à operação de estações transmissoras de radiodifusão sonora em frequência modulada em regiões de floresta tropical, revelou diferenças significativas entre os resultados experimentais obtidos e os valores previstos pela legislação brasileira vigente.

Os resultados das medições de campo, realizadas ao longo de uma extensa área da rodovia Manoel Urbano (AM 070) até 66,16 km de distância da torre de transmissão, demonstraram que as intensidades de campo medidas foram consistentemente menores do que as intensidades calculadas. Essa disparidade pode ser atribuída a diversos fatores, como obstruções e reflexões causadas por construções urbanas próximas à torre de transmissão, bem como à inadequação do modelo de predição adotado para capturar os efeitos específicos da vegetação densa da floresta amazônica.

Observou-se ainda um comportamento inesperado das intensidades de campo em distâncias mais distantes da torre de transmissão, especialmente sobre o rio Negro, onde ocorreu uma elevação significativa na intensidade de campo, contrariando as previsões teóricas. Isso sugere que a propagação de ondas eletromagnéticas sobre grandes corpos d'água na região amazônica requer investigações mais aprofundadas e modelos de predição mais precisos.

Este estudo enfatiza a necessidade urgente de revisar os métodos atuais de predição de intensidade de campo para refletir com maior precisão as condições complexas de propagação encontradas em regiões de floresta tropical, como a Amazônia. Recomenda-se que os ajustes necessários sejam incorporados às legislações vigentes para garantir o planejamento e implementação adequados de infraestruturas de telecomunicações nessas áreas ecologicamente sensíveis.

Acknowledgments

Ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia, departamento Pós-Graduação em Engenharia, Processos, Sistemas e Gestão Ambiental - (PPG.EGPSA/ITEGAM).

References

- [1]. International Telecommunication Union - Radiocommunication. P.1546-1: Method For Point-To-Area Predictions For Terrestrial Services In The Frequency Range 30mhz To 3000mhz. 1 Ed. Method For Point-To-Area Predictions For Terrestrial Services In The Frequency Range 30mhz To 3000mhz. 1 Ed. Geneva: Electronic Publication: Electronic Publication, 2003. 53 P. Disponível Em: [Http://www.itu.int/Rec/R-REC-P.1546-1-200304-S/En](http://www.itu.int/Rec/R-REC-P.1546-1-200304-S/En). Acesso Em: 10 Jun. 2023.

- [2]. Magalhães, Lana. Floresta Tropical. Toda Matéria, [S.D.]. Disponível Em: <https://www.todamateria.com.br/floresta-tropical/>. Acesso Em: 17 Jun. 2023.
- [3]. Matéria, Equipe. Tudo Sobre A Amazônia. Toda Matéria, [S.D.]. Disponível Em: <https://www.todamateria.com.br/tudo-sobre-amazonia/>. Acesso Em: 17 Jun. 2023.
- [4]. Samaumeira, A. Árvore Sagrada Da Amazônia. SEMMA – Secretaria Do Meio Ambiente Da Prefeitura De Belém, PA, 2023. Disponível Em: <https://semma.belem.pa.gov.br/samaumeira-a-arvore-sagrada-da-amazonia/>. Acesso Em: 26 Jun. 2023.
- [5]. Cavalcante, G. P. S., (1982), “Propagação De Ondas Eletromagnéticas Em Meios Com Camadas Múltiplas Usando Funções De Green Diática E Sua Aplicação No Modelamento De Florestas”, Tese, Faculdade De Engenharia Da Universidade Estadual De Campinas, Disponível Em: https://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/9619/1/Tese_Propagacaondaseletromagneticas.Pdf. Acesso Em: 29 Jun. 2023.
- [6]. Pounds, D.J. And A.H. Lagrone (1963), “Considering Forest Vegetation As An Imperfect Dielectric Slab”, Report No. 6-53, Electric Engineering Research Lab., University Of Texas, Austin, Texas; Maio, 1963.
- [7]. Sachs, D. L., And P. J. Wyatt (1966), “A Conducting-Slab Model For Electro- Magnetic Propagation Within A Jungle Medium”, Tech. Memo. No. 176, Defence Research Corp., Santa Barbara, Calif.; Maio, 1966.
- [8]. Tamir, “On Radio-Wave Propagation In Forest Environments”, IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol. AP-15, Nº 6, Pp.806-817, Nov. 1967.
- [9]. Silva, J. C., (2015), “Influência Da Vegetação No Desvanecimento E Na Perda De Percurso De Enlaces De Radiocomunicação UHF Na Faixa De 700 Mhz”, Tese, Pontifícia Universidade Católica Do Rio De Janeiro - PUC-RIO, Disponível Em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/24783/24783_3.PDF. Acesso Em: 18 Jun. 2023.
- [10]. Medeiros, R. L. (2015), “Tópicos De Física”, Práticas Docentes Para Sala De Aula, Disponível Em: <https://www.topicosdefisica.com/lei-de-snell-descartes-2/>. Acesso Em: 18 Jun. 2023.
- [11]. Agência Nacional De Telecomunicações. ANATEL. “Requisitos Técnicos De Condições De Uso De Radiofrequências Para Os Serviços De Radiodifusão Sonora Em Frequência Modulada, De Retransmissão De Rádio Na Amazônia Legal, De Radiodifusão Comunitária, De Radiovias E Limitado Privado - Para Autocine. 2022.
- [12]. Agência Nacional De Telecomunicações. ANATEL. “Regulamento Técnico Para Emissoras De Radiodifusão Sonora Em Frequência Modulada.” 1998.
- [13]. D. Dence E T. Tamir, “Radio Loss Of Lateral Waves In Forest Environments”, Radio Science, Vol. 4, Pp. 307-318, Abril 1969.
- [14]. Dias, M. H. C.; Alem, R. A.; Santos, J. C. A.. “Análise Crítica Do Modelo De Tamir Para Predição De Alcance De Rádio-Enlaces Em Florestas.” In: 9th International Information And Telecommunication Technologies Symposium - I2TS, 2010, Rio De Janeiro - RJ. Proceedings Of The 9th International Information And Telecommunication Technologies Symposium, 2010.
- [15]. IF Telecom Antenas Ltda. (2021), “Antena FM Dipolo Cruzado.” Disponível Em: https://www.iftelecom.com.br/wp-content/uploads/2021/06/Antena-FM-Dipolo-Cruzado_V3.Pdf. Acesso Em: 28 Jun. 2023.