



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS – IFAM
CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL
CURSO TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

ALLAN DA SILVA MATOS

**SISTEMA DE TV DIGITAL: UMA PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE RADIODIFUSÃO EM TV DIGITAL NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA
- RORAIMA**

**MANAUS/AM
2024**

ALLAN DA SILVA MATOS

**SISTEMA DE TV DIGITAL: UMA PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE RADIODIFUSÃO EM TV DIGITAL NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA
- RORAIMA**

Trabalho de Conclusão de curso submetido ao curso de graduação em Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

Orientador: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro.

**MANAUS/AM
2024**

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Distrito Industrial

M433s Matos, Allan da Silva
Sistema de TV digital: uma proposta de implementação de um sistema de radiodifusão em TV digital no município de Boa Vista - Roraima / Allan da Silva Matos. – Manaus, 2024.
47f.: il. Color.

Monografia (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Distrito Industrial, Curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, 2024.
Orientador: Prof. ^o Celso Souza Cordeiro

1. Televisão digital. 2. Boa Vista – RR . 3. Qualidade de sinal. 4. Inclusão digital. 5. Propagação de sinal I. Cordeiro, Celso Souza. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621.382

ALLAN DA SILVA MATOS

Sistema de TV Digital: Uma proposta de Implementação de um sistema de radiodifusão em TV digital no município de boa vista - Roraima

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas como requisito parcial para obtenção do Título Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

Orientador: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro.

Aprovado em 19 de Dezembro de 2024.

Orientador e Presidente: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro

Avaliador 1: Prof. Me José Geraldo de Pontes e Souza

Avaliador 2: Prof. Esp. Ewerton Andrey Godinho Ribeiro

Dedico com profundo afeto e gratidão a todos que, de alguma forma, compartilharam deste sonho e tornaram esta conquista possível. À minha querida família, em especial aos meus pais, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo amor incondicional e apoio nos momentos mais difíceis. Sua força e dedicação foram fundamentais para que eu pudesse trilhar este caminho. Aos meus amigos e colegas da faculdade, com quem dividi desafios, vitórias e aprendizados, que tornaram essa jornada mais leve e enriquecedora. E, principalmente, dedico àqueles que acreditaram em mim, que me incentivaram a nunca desistir, pois sem o suporte, a confiança e a motivação de cada um, este sonho jamais teria se concretizado.

AGRADECIMENTOS

Ao longo da minha trajetória, aprendi a valorizar a importância da autonomia, mas também reconheci que o apoio e a colaboração de outras pessoas são fundamentais para alcançar grandes conquistas. Este trabalho, em particular, só se tornou possível graças à ajuda e presença de pessoas queridas que me acompanharam em cada etapa dessa caminhada.

Primeiramente, agradeço a Deus, por guiar meus passos e me fortalecer em cada desafio que enfrentei ao longo desta jornada. Sua presença foi essencial para que eu mantivesse a fé e a determinação em seguir em frente.

Aos meus professores, expresse meu mais sincero agradecimento. Seu compromisso em transmitir conhecimento e orientar com sabedoria foi fundamental para que este projeto pudesse ser desenvolvido com sucesso. Aos meus colegas, agradeço por cada momento de troca, incentivo e aprendizado compartilhado. Vocês me desafiaram a crescer e me ajudaram a expandir meus horizontes acadêmicos.

Minha gratidão profunda vai à minha família, que sempre esteve ao meu lado com paciência, amor e compreensão. Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio e cada sacrifício feito por vocês foram cruciais para que eu pudesse chegar até aqui. Sem vocês, esse sonho não teria se tornado realidade.

Por fim, a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste projeto, meus sinceros agradecimentos. Cada ajuda, direta ou indireta, fez a diferença e possibilitou que este trabalho fosse concluído com êxito.

.

A verdadeira motivação vem de realização,
desenvolvimento pessoal, satisfação no trabalho e
reconhecimento.

(Frederick Herzberg)

Resumo

A implantação do Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre (SBTVD), implementado em 2006, representa um marco significativo no cenário televisivo do Brasil, trazendo melhorias substanciais em qualidade de som e imagem, além da incorporação de recursos interativos. No entanto, a transição enfrenta desafios técnicos e logísticos, especialmente em cidades como Boa Vista, no estado de Roraima, onde a infraestrutura e a dispersão populacional nas áreas urbanas e periféricas dificultam a implementação da TV digital. Este estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade dessa implementação em Boa Vista, analisando a cobertura de sinal e a qualidade da recepção da TV digital, com ênfase na adaptação da cidade às novas tecnologias. A metodologia do estudo envolve a combinação de simulações computacionais com o software ICS Telecom e medições de campo para avaliar o desempenho do sinal. A pesquisa se propõe a analisar tanto os desafios técnicos quanto os aspectos econômicos e sociais envolvidos, promovendo a inclusão digital e ampliando o acesso à informação. A partir da análise comparativa entre os resultados das simulações e as medições reais, será possível ajustar os modelos de propagação do sinal, garantindo que a população de Boa Vista tenha acesso adequado aos benefícios da TV digital, como qualidade de áudio e vídeo superior e interatividade. O estudo se justifica pela importância de garantir uma cobertura ampla e eficiente em todas as áreas da cidade, fortalecendo a inclusão social e digital, e garantindo a disseminação de conteúdo educativo, cultural e informativo para a população local.

Palavras-chave: TV Digital, Boa Vista, Qualidade de Sinal, Inclusão Digital, Propagação de Sinal

ABSTRACT

The implementation of the Brazilian Digital Terrestrial Television System (SBTVD) in 2006 marks a significant advancement in the Brazilian television landscape, providing substantial improvements in audio and video quality, as well as the introduction of interactive features. However, the transition faces technical and logistical challenges, particularly in cities like Boa Vista, Roraima, where infrastructure and population dispersion in urban and peripheral areas hinder the implementation of digital TV. This study aims to evaluate the feasibility of implementing digital TV in Boa Vista by analyzing signal coverage and reception quality, with a focus on the city's adaptation to new technologies. The methodology involves a combination of simulations using ICS Telecom software and field measurements to assess signal performance. The research aims to analyze both the technical challenges and the economic and social factors involved, promoting digital inclusion and expanding access to information. By comparing the results of simulations with actual measurements, the study will refine signal propagation models, ensuring that the population of Boa Vista has adequate access to the benefits of digital TV, such as superior audio and video quality and interactivity. The study is justified by the need to ensure broad and efficient coverage in all areas of the city, strengthening social and digital inclusion and ensuring the dissemination of educational, cultural, and informative content for the local population.

Keywords: *Digital TV, Boa Vista, Signal Quality, Digital Inclusion, Signal Propagation*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Concentração Populacional da cidade Boa Vista	27
Figura 2- Predição de cobertura.....	33
Figura 3- cálculo de cobertura com perda de difração.....	36
Figura 4- Transmissor de TV Digital.....	37
Figura 5- Equipamentos de transmissão dieta	39

LISTA DE SIGLAS

2K - Resolução de 2.048 x 1.080 pixels
3D - Três Dimensões
4K - Resolução de 4.096 x 2.160 pixels
8K - Resolução de 7.680 x 4.320 pixels
ABERT - Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADSL - *Asymmetrical Digital Subscriber Line*
AIR - Análise de Impacto Regulatório
Anatel - Agência Nacional de Telecomunicações
APL - Aprovação de Local e Equipamentos
ARIB - *Association of Radio Industries and Businesses*
ART - Anotação de Responsabilidade Técnica
ATSC - *Advanced Television Systems Committee*
AWGN - *Additive White Gaussian Noise*
BML - *Broadcast Markup Language*
BPSK - *Binary Phase Shift Keying*
BST-COFDM - *Band Segmented Transmission Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*
BTS - *Broadcast Transpor Stream*
CADE - Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CBT - Código Brasileiro das Telecomunicações
COFDM - *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*
C/N - Relação Portadora - Ruído
dB - Decibel
DBPSK - *Differential Binary Phase Shift Keying*
dB μ V/m - Unidade da Intensidade de Campo Elétrico
DECOM - Departamento de Comunicações
DF - Diretrizes de Fiscalização
DMB - *Digital Multimedia Broadcasting*
DQPSK - *Differential Quadrature Phase Shift Keying*
DTH - *Direct to the Home*
DVB - *Digital Video Broadcasting*
ED - *Extended Definition: 1.280 x 720 pixels*
EPG - *Electronic Programming Guide*
ERP - *Effective Radiated Power*
EWBS - *Emergency Warning Broadcast System*
FEC - *Forward Error Corrector*
FFT - *Fast Fourier Transform*
FIR - *Finite Impulse Response*
FM - Serviço de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada
FTTH - *Fiber to the Home*
FVOD - *Free Video on Demand*
GF - *Galois Field*
HD - *High Definition: 1.920 x 1.080 pixels*
HDMI - *High Definition Multimedia Interface*
HDR - *High Dynamic Range*
HDTV - Televisão em Alta Definição

HEVC - *High Efficiency Video Coding*
HNMT - Altura sobre o Nível Médio do Terreno
HSPA - *High Speed Packet Access*
H.264 - Padrão de Compressão de Vídeo, baseado MPEG-4 – part 10
IG - Intervalo de Guarda
IP - *Internet Protocol*
ISDB-T/Tb - *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial* (versão a e b)
LDM - *Layered Division Multiplexing*
LDPC - *Low Density Parity Check*
LGT - Lei Geral das Telecomunicações
LTE - *Long Term Evolution*
MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MER - *Modulation Error Ratio*
MFN - *Multiple Frequency Network*
MIMO - *Multiple Input Multiple Output*
MMDS - *Multichannel Multipoint Distribution Service*
MOOH - *Midia Out Of Home*
MOS - *Mean Opinion Score*
MPEG - *Moving Picture Expert Group*
MUSE - *Multiple sub-Nyquist Sampling Encoding*
NCL - *Nested Context Language*
NMT - Nível Médio do Terreno
NTSC - *National Television System Committee*
OC - Serviço de Radiodifusão Sonora em Onda Curta
OCA - Observatório Brasileiro do Cinema e do Audiovisual
OFDM - *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*
OM - Serviço de Radiodifusão Sonora em Onda Média
OT - Serviço de Radiodifusão Sonora em Onda Tropical
OTT - *Over the Top*
PADO - Procedimento para Apuração de Descumprimento de Obrigações
PAF - Plano Anual de Fiscalização
PAI - Processo de Apuração de Infração
PAL - *Phase Alternating Line*
PAT - *Program Association Table*
PBFM - Plano Básico de Frequência Modulada
PBOC - Plano Básico de Onda Curta
PBOM - Plano Básico de Onda Média
PBOT - Plano Básico de Onda Tropical
PBRTV - Plano Básico de Retransmissão de TV
PBRTVD - Plano Básico de Retransmissão de TV Digital
PBTV - Plano Básico de Televisão
PBTVD - Plano Básico de Televisão Digital
PES - *Packetized Elementary Streams*
PID - *Packet Identifier*
PIP - *Picture in Picture*
PMT - *Program Map Table*
PNO - Plano Nacional de Outorga
POF - Plano Operacional de Fiscalização
PPDESS - Preço Público pelo Direito de Exploração de Serviços de Telecomunicação pelo Direito de Exploração de Satélite

PRRadCom - Plano de Referência de Radiodifusão Comunitária
QAM - *Quadrature Amplitude Modulation*
QPSK - *Quadrature Phase Shift Keying*
RF - Radiofrequência
RNI - Radiação Não-Ionizante
RpTV - Serviço de Repetição de Televisão
RS - Reed-Solomon
RSR - Regulamento dos Serviços de Radiodifusão
RTV - Serviço de Retransmissão de TV
RTVD - Serviço de Retransmissão de TV Digital
SAP - *Second Audio Program*
SARC - Serviços Auxiliares de Radiodifusão e Correlatos
SBTVD - Sistema Brasileiro de Televisão Digital
SCM - Serviço de Comunicação Multimídia
SD - *Standard Definition: 640 x 480 pixels*
SDTV - Televisão em Definição Padrão
SeAC - Serviço de Acesso Condicionado
SECAM - Séquentiel Couleur à Mémoire
SFN - *Single Frequency Network*
SIGAnatel - Sistema de Informações Geográficas da Anatel
SLP - Serviço Limitado Privado
SMP - Serviço Móvel Pessoal
SNJ - Secretaria Nacional de Justiça
STFC - Serviço Telefônico Fixo Comutado
SVA - Serviço de Valor Adicionado
SVOD - *Subscription Video on Demand*
TFF - Taxa de Fiscalização de Funcionamento
TFI - Taxa de Fiscalização de Instalação
TMCC - *Transmission and Multiplexing Configuration Control*
TS - *Transport Stream*
TV - Serviço de Radiodifusão de Sons e Imagens
TVA - Serviço de Televisão por Assinatura
TVD - Serviço de Radiodifusão de Sons e Imagens Digital
TVOD - *Transactional Video on Demand*
TV-C - Televisão a Cabo
TV-S - Televisão por Satélite
TV-T - Televisão Terrestre
UHF - *Ultra High Frequency*
ITU - União Internacional das Telecomunicações
UMTS - *Universal Mobile Telecommunication System*
VHF - *Very High Frequency*
VHS - *Video Home System*
VoD - *Video on Demand*
VSB - *Vestigial Side Band*

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. METODOLOGIA.....	16
3. Objetivos.....	17
3.1. Geral.....	17
3.2. Específicos.....	17
4. PROBLEMA.....	17
5. JUSTIFICATIVA.....	18
6. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
7. Ambiente de Simulação.....	25
8. Análise dos resultados das medições e simulações de campo.....	28
8.1 Processo de Cálculo de Propagação.....	28
Etapas dos Cálculos.....	29
Passo 1: Determinação dos Parâmetros.....	29
Passo 2: Cálculo do Fator de Correção (Ch).....	29
Passo 3: Substituição dos Valores.....	30
Passo 4: Soma dos Termos.....	30
Fórmula Geral.....	30
Interpretação.....	30
Interpretação dos Resultados.....	31
8.2 Processo de Simulação.....	31
8.1.1 Simulação de Predição de cobertura.....	32
8.1.2 Código modificado com cálculo de Pr e do cálculo de perda por difração.....	34
9. Resultados Encontrados.....	40
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS.....	43

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre (SBTVD), estabelecido oficialmente em 2003 e implementado em 2006, marca um avanço tecnológico significativo no cenário televisivo do Brasil (BRASIL, 2003, 2006). Essa transformação visa a transição das transmissões analógicas para o formato digital, promovendo melhorias na qualidade de som e imagem, além de incorporar possibilidades de interatividade e novos serviços. Esse cenário apresenta uma série de desafios para diferentes setores, exigindo a adaptação de ferramentas e metodologias para produção de conteúdos audiovisuais que atendam às especificidades do ambiente digital.

A implantação da TV digital envolve a adoção de tecnologias que vão além da simples transmissão de sinal. Para que o telespectador possa usufruir da qualidade digital, é necessário que os equipamentos sejam compatíveis, o que inclui a aquisição de conversores, conhecidos como set-top boxes, ou a substituição dos televisores antigos por modelos digitais. Essa adaptação, que depende do interesse e da capacidade dos consumidores, configura um desafio não só tecnológico, mas também econômico e social (SALLES, 2008).

Além disso, a interatividade é uma das características que diferenciam a TV digital do modelo analógico. A introdução de recursos interativos nos programas exige que tanto os produtores de conteúdo quanto as organizações de pesquisa e desenvolvimento (P&D) revisem seus processos de produção. Instituições como a Embrapa, por exemplo, precisam desenvolver suas competências tecnológicas e metodológicas para aproveitar as oportunidades oferecidas pela TV digital, garantindo a autonomia na produção e na disseminação de conteúdos relevantes para seu público-alvo (EMBRAPA, 2008).

A cidade de Boa Vista, em Roraima, encontra-se em um contexto onde a implementação de um sistema de radiodifusão de TV digital ainda enfrenta desafios específicos, como as dificuldades impostas pela infraestrutura e a dispersão da população em áreas urbanas e periféricas. O objetivo deste trabalho é propor um estudo de implementação da TV digital na cidade, analisando a cobertura de sinal e a qualidade de recepção. Utiliza-se para tal avaliação a recomendação ITU-R P1546-6 (ITU-R, 2019) para modelagem de propagação de sinal, associada ao uso do software ICS Telecom, que oferece suporte ao planejamento de redes de transmissão e à projeção de cobertura.

Este estudo possui caráter descritivo e quantitativo, envolvendo medições de campo para aferir os níveis de potência do sinal de TV digital recebidos em pontos específicos de Boa Vista, em especial em áreas residenciais recentemente estabelecidas. O confronto entre os dados medidos

e as predições fornecidas pelo software permite não apenas verificar a precisão das simulações, mas também identificar os fatores que influenciam na degradação do sinal em áreas mais afastadas do centro.

A relevância desse estudo se estende ao interesse de organizações públicas e privadas em compreender melhor o alcance e a qualidade das suas transmissões, assim como de órgãos reguladores responsáveis pela fiscalização do serviço de TV digital em diferentes regiões. Através deste trabalho, busca-se assegurar que a população de Boa Vista tenha acesso adequado aos benefícios da TV digital, como som e imagem de alta qualidade e serviços interativos, contribuindo para um maior envolvimento das instituições públicas com o público local.

2. METODOLOGIA

Este estudo está estruturado em três fases principais — pesquisa bibliográfica, simulação e medição de campo — para assegurar uma abordagem técnica e viável para a implementação de um sistema de radiodifusão de TV digital no município de Boa Vista, Roraima.

2.1 Pesquisa Bibliográfica

Inicialmente, será realizada uma revisão bibliográfica sobre os princípios da radiodifusão digital e as diretrizes da recomendação ITU-R P1546-6, que orienta estudos de propagação de sinais de TV digital. A pesquisa abrange artigos científicos, normas técnicas e publicações sobre cobertura de sinal digital, para embasar teoricamente a proposta.

2.2 Método

A abordagem adotada combina métodos descritivos e quantitativos, distribuídos em duas fases de análise:

Simulação Computacional: A modelagem da cobertura de sinal será executada no software ICS Telecom. O software permitirá uma simulação detalhada da propagação do sinal de TV digital, considerando variáveis como altitude, relevo, condições climáticas e a densidade populacional de Boa Vista. Essas simulações ajudarão a prever o alcance e a qualidade do sinal em diversas áreas da cidade.

Medições de Campo: Após a simulação, serão realizadas medições de campo para validar os resultados obtidos. Utilizando equipamentos de medição apropriados, a intensidade e a qualidade do sinal serão verificadas em áreas estratégicas, tanto no centro quanto nas zonas periféricas. Essa fase visa identificar divergências entre a simulação e os resultados reais,

possibilitando ajustes no modelo e uma compreensão precisa das condições de recepção do sinal.

Análise de Dados: Os dados coletados em campo serão confrontados com os resultados das simulações, por meio de métodos estatísticos. Isso permitirá avaliar a precisão do modelo, identificar fatores que afetam a transmissão e adequar o projeto para maximizar a cobertura e a qualidade do sinal em Boa Vista.

2.3 Ferramentas

Para a fase de simulação, o software ICS Telecom será fundamental, pois ele facilita a projeção detalhada da distribuição do sinal em variados cenários geográficos e atmosféricos. Equipamentos de medição de campo, como analisadores de espectro, serão utilizados para aferir a intensidade e a qualidade do sinal em locais específicos. Ferramentas estatísticas apoiarão a análise comparativa entre dados simulados e medidos, aprimorando a precisão dos resultados e gerando insights sobre a viabilidade da implementação do sistema digital em Boa Vista.

3. Objetivos

3.1. Geral

Propor uma implementação de sistema de radiodifusão em TV digital para a cidade de Boa Vista, Roraima, analisando a viabilidade técnica, a cobertura de sinal e a qualidade da recepção, visando fornecer à população acesso adequado à tecnologia de TV digital e seus benefícios.

3.2. Específicos

Descrever objetivos específicos, como:

- Avaliar a infraestrutura necessária para a implementação de TV digital em Boa Vista.
- Realizar medições de campo da qualidade do sinal de TV digital em diferentes áreas da cidade.
- Identificar obstáculos técnicos, econômicos e sociais para a adoção da TV digital em áreas periféricas e urbanas.
- Propor ajustes técnicos com base nos resultados obtidos para garantir a máxima cobertura e qualidade do sinal.

4. PROBLEMA

Na implementação de um sistema de TV digital em Boa Vista, Roraima, surgem desafios que precisam ser superados para garantir um serviço de qualidade ao público local. Isso levanta questões cruciais de pesquisa, como:

Quais são os principais desafios técnicos e operacionais na implantação de um sistema de TV digital em Boa Vista que ofereça cobertura de sinal abrangente e qualidade de recepção em áreas urbanas e periféricas?

Essa investigação busca entender as especificidades regionais, incluindo limitações de infraestrutura e condições geográficas que podem afetar a propagação e estabilidade do sinal. Além disso, considera questões tecnológicas ligadas à capacidade de transmissão, ao ajuste de modelos de propagação e à adaptação dos equipamentos de recepção para assegurar uma experiência satisfatória ao usuário.

5. JUSTIFICATIVA

A justificativa para este estudo reside na importância estratégica e social da migração para a TV digital no Brasil. Esse avanço traz melhorias significativas na qualidade de áudio e vídeo, permitindo transmissões mais estáveis e imagens mais nítidas, o que eleva a experiência do usuário. Além disso, a TV digital possibilita a inclusão de serviços interativos, como guias de programação e opções de acessibilidade, que podem fortalecer a inclusão digital e tornar a TV um meio mais informativo e acessível para todos.

Boa Vista, capital do estado de Roraima, enfrenta desafios específicos que limitam o alcance e a qualidade da radiodifusão digital. Sua localização geográfica isolada, combinada com uma infraestrutura ainda em desenvolvimento e uma população dispersa em áreas urbanas e periféricas, dificulta a implementação de um sistema de TV digital abrangente. Esses fatores tornam a cobertura do sinal desigual, afetando diretamente a recepção de qualidade e, conseqüentemente, o acesso à informação.

Diante desse cenário, este estudo justifica-se pela necessidade de um planejamento que considere as particularidades regionais para garantir que a população de Boa Vista possa usufruir plenamente dos benefícios da TV digital. Ao entender os desafios técnicos e operacionais e buscar soluções adaptadas à realidade local, o projeto visa promover uma distribuição justa da informação e ampliar o acesso a conteúdo de qualidade. Isso não apenas beneficia a população em termos de entretenimento, mas também fortalece o engajamento social e cultural, oferecendo à comunidade local um acesso mais equitativo à informação e a programas educativos e culturais essenciais para o desenvolvimento da região.

6. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresentaremos os principais conceitos abordados no trabalho, fundamentados em pesquisas bibliográficas e nas literaturas mais relevantes da área. O objetivo é construir uma base sólida de conhecimento necessária para a execução e compreensão do estudo.

O surgimento da TV digital está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento da TV de alta definição (HDTV), cujas origens remontam ao final da década de 1980, no Japão e na Europa. As primeiras transmissões em alta definição ocorreram no Japão, ainda utilizando o formato analógico. No entanto, foi nos Estados Unidos, em 1998, que ocorreu a primeira transmissão de TV em alta definição no formato digital, marcando oficialmente o início da era da TV digital. Conforme Régis e Fechine (2007), a TV digital pode ser definida como um sistema de radiodifusão televisiva que substitui os sinais analógicos por sinais digitais. Entre suas principais características, Régis e Fechine (2007) destaca:

- a) Recepção de sinais mais eficiente: Na transmissão analógica, cerca de 50% dos pontos de resolução de uma imagem são perdidos antes de chegar ao receptor doméstico. Já na transmissão digital, todos os pontos chegam integralmente, garantindo maior fidelidade e qualidade de imagem.
- b) Transmissão digital íntegra: O sinal digital transmitido pelas emissoras chega aos televisores sem perdas, sendo imune a interferências e ruídos. Isso elimina problemas comuns na transmissão analógica, como chuviscos e fantasmas, proporcionando uma qualidade de imagem muito superior.
- c) Interatividade: Permite que o telespectador interaja ativamente com o sistema, rompendo com a passividade característica do modelo analógico.
- d) Acesso à Internet e serviços integrados: Possibilita a navegação na Internet, a realização de transações comerciais e bancárias, o acesso a serviços governamentais e a programas sob demanda.
- e) Canal de retorno: Habilita a comunicação bidirecional entre receptor e emissor, algo inexistente no sistema analógico.

Além disso, Régis e Fechine (2007) esclarece que os sinais de som e imagem na TV digital são formados por sequências de bits (binary digits), tratados como dados em razão de sua natureza digital. Esses sinais podem ser comprimidos com outros antes da transmissão e, no receptor, são descomprimidos e convertidos. Essa abordagem possibilita que, na mesma banda de frequência ocupada por um único canal analógico (6 MHz no Brasil), possam ser transmitidos

vários sinais simultâneos. Assim, é possível veicular até quatro canais de televisão ou combinar um número menor de canais de TV com vários canais de dados.

Outro aspecto importante é o comportamento binário da transmissão digital, que apresenta dois cenários: recepção de excelente qualidade ou ausência total de sinal (tela negra). Diferentemente da TV analógica, onde problemas como imagens ruins e sons com ruídos são comuns, a TV digital elimina tais inconvenientes, reforçando sua superioridade técnica e eficiência em comparação ao sistema analógico.

6.1 TV Digital no Brasil

A introdução da TV digital no Brasil marcou um avanço significativo nas tecnologias de comunicação, promovendo melhorias na qualidade de transmissão e ampliando o acesso a recursos interativos. A primeira transmissão do sinal digital ocorreu em 2 de dezembro de 2007, na cidade de São Paulo, representando o início de um processo de implantação em todo o território nacional. O desligamento do sinal analógico estava programado para ser concluído até 2016, conforme as diretrizes estabelecidas pelo Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre (SBTVD-T), modelo de referência para a implementação da televisão digital no Brasil (BRASIL, 2006).

O SBTVD foi concebido com objetivos que vão além da simples substituição tecnológica. Como Crocomo (2007) destaca: “O SBTVD foi criado com o objetivo de fazer não apenas a troca de equipamentos, mas de garantir a inclusão digital através dos novos recursos potenciais da interatividade, e, inclusive, no futuro, o acesso à internet”. Nesse contexto, Cruz (2008, p. 175) observa que a TV digital é um importante instrumento para a inclusão digital, considerando que a televisão está presente em 93% dos lares brasileiros.

Apesar de a transmissão digital ser gratuita, ela exige o uso de um conversor digital (set-top-box) ou de um televisor com o conversor integrado. Além disso, a TV aberta, que é amplamente acessada pela população, traz melhorias em aspectos como imagem, som e serviços adicionais, sendo a interatividade seu principal diferencial (CAVALCANTE, 2015).

No tocante à qualidade de transmissão, a TV digital supera a TV analógica, pois é imune a interferências e possui maior capacidade de transmissão de dados, graças à compactação de arquivos (CROCOMO, 2007). As principais características da TV digital no Brasil incluem:

Interatividade: Permite que o telespectador participe ativamente da programação, como em votações em programas de auditório ou na escolha de câmeras em transmissões esportivas. Para isso, é necessário um conversor que receba o sinal digital e o converta para PAL-M, sistema brasileiro de transmissão em cores (CROCOMO, 2007).

Imagem: Proporciona qualidade semelhante à de cinema, com quase o dobro de resolução em comparação à TV analógica.

Som: Oferece áudio em sistema de cinco canais, mais um dedicado aos graves, semelhante à qualidade de um sistema de home theater.

Gravador digital de vídeo: Substitui o videocassete por um gravador digital que permite armazenar programas em disco rígido, além de pausar e retomar transmissões ao vivo.

Serviços integrados: Conecta o televisor à internet, possibilitando compras online, operações bancárias, acesso a serviços governamentais e interativos, entre outros.

Mobilidade e portabilidade: As transmissões digitais podem ser acessadas em dispositivos móveis, como celulares, notebooks e mini TVs em veículos.

Convergência tecnológica: A TV digital viabiliza o acesso à internet diretamente pelo aparelho, permitindo interações com a programação e a realização de operações como o T-commerce, que integra compras na tela da televisão (MOURA, 2006).

6.2 Estruturas Híbridas: Sincronização e Infraestrutura

A sincronização é um aspecto fundamental em sistemas híbridos, especialmente durante o processo de transição do sinal Analógico SDTV para Digital HDTV. Esse processo exige uma infraestrutura que garanta a perfeita harmonia entre áudio e vídeo, evitando problemas como distorções na imagem, perda de sincronia e inconsistências que possam comprometer a experiência do telespectador.

6.3 Garantindo a Sincronização em Sistemas Híbridos

Para alcançar a sincronização necessária, é indispensável a adoção de um tempo de referência comum, que serve como base para todos os equipamentos da emissora. Além disso, o uso de geradores de referência e sincronizadores de vídeo é essencial para garantir precisão na sincronização, minimizando erros e assegurando a estabilidade operacional.

A sincronização não é apenas uma questão técnica, mas um diferencial estratégico, pois influencia diretamente na qualidade percebida pelo público. A ausência dessa sincronia pode acarretar falhas significativas, como descompasso entre áudio e vídeo, que degradam a transmissão e afetam a credibilidade da emissora.

6.4 Infraestrutura Interna de Áudio e Vídeo

Após a definição do formato de vídeo a ser utilizado (SDTV ou HDTV), a infraestrutura interna de áudio e vídeo precisa ser planejada cuidadosamente. Esse planejamento inclui:

Cabeamento: A escolha do cabeamento depende do formato do sinal e das distâncias envolvidas. Para sinais digitais (SDI ou HDTV), cabos coaxiais blindados são amplamente

recomendados, enquanto para áudio digital, cabos de par trançado blindados com impedância específica (110 ohms para AES/EBU, por exemplo) devem ser priorizados.

Distribuição: Sistemas de distribuição, como patch bays, amplificadores/distribuidores e matrizes de áudio e vídeo, são necessários para organizar e gerenciar os fluxos de sinal. Essas soluções garantem flexibilidade operacional e reduzem a complexidade na interligação dos equipamentos.

Sincronização: Para manter o fluxo de trabalho eficiente, equipamentos como mesas de corte e efeitos são cruciais, pois combinam as funções de seleção, processamento e distribuição de sinais. Em sistemas digitais modernos, o uso de áudio embedded (áudio integrado ao vídeo no mesmo cabo) tem se mostrado altamente eficiente, reduzindo interferências e otimizando a infraestrutura.

6.5 Desafios e Soluções

Durante o período de transição, as emissoras enfrentarão o desafio de manter ambos os sinais no ar simultaneamente. Para minimizar custos e esforços, é importante:

Padrão de Sinal: Eleger um formato de sinal principal para a emissora, convertendo os demais para esse padrão. Essa prática simplifica a distribuição e a comutação dos sinais.

Investimentos Estratégicos: Optar por equipamentos que suportem tanto sinais analógicos quanto digitais, permitindo uma operação híbrida eficiente.

Modernização Gradual: Aproveitar a redução dos custos de equipamentos digitais (como matrizes SDI) para implementar soluções mais modernas e eficazes, garantindo compatibilidade futura com sinais de alta definição.

Com um planejamento robusto, as emissoras estarão aptas a realizar uma migração bem-sucedida, equilibrando qualidade técnica, eficiência operacional e custos, enquanto proporcionam ao público uma experiência de alta qualidade.

Bem verdade que no final, o custo da migração para o sistema SDTV está associado ao equipamento de recepção que será instalado. Para o público geral existem duas opções: a substituição do televisor com recepção analógica por um com sistema digital integrado de recepção ou a inclusão de apenas mais um elemento, a set-top-box, que é um dispositivo para converter os sinais digitais para o padrão analógico (FASSOLO, 2005). De acordo com o pesquisador Franco (2005):

Num primeiro momento o set-top-box é um caminho mais barato de migração para o digital porque você pode aproveitar o que você tem em casa hoje. Comprar o set-top-box simplesmente para converter o sinal digital para analógico. Ou para áudio e

vídeo, você entrar nas portas de áudio e vídeo do seu aparelho e para você num futuro comprar um display integrado. [...] No primeiro momento em que o receptor é caro, o display é caro comprar conjugado é mais complicado. Fora que a evolução do set-top-box vai ser muito mais rápida do que a do televisor. É mais prudente você comprar um set-top-box e depois comprar um receptor integrado do que você já partir para um receptor integrado. [...] Na Europa o mercado é quase que cem por cento set-top-box.

Com o avanço das tecnologias e das melhorias associadas à implantação do sistema digital na radiodifusão de som e imagem, uma das principais preocupações está no correto dimensionamento do projeto. Esse processo exige o uso de métodos e ferramentas precisas, com o objetivo de assegurar um alto desempenho na transmissão. Além disso, é crucial garantir que todos os receptores localizados dentro da área de cobertura projetada recebam o sinal de TV digital (TVD) de forma eficiente e sem interrupções (SILVA, 2015).

6.6 Ativação do Sinal Digital em Boa Vista

No contexto da expansão da TV digital no Brasil, a cidade de Boa Vista, capital de Roraima, passou a contar com o sinal digital em 14 de dezembro de 2015 (BRASIL,2023). Essa ativação foi um marco para a região, permitindo à população local acessar os benefícios da tecnologia digital, como qualidade superior de imagem e som, além da possibilidade de interatividade. Esse avanço reforça o compromisso do SBTVD em democratizar o acesso à tecnologia e promover a inclusão digital em todas as regiões do país.

A transição do sinal analógico para o digital trouxe uma série de vantagens para os telespectadores de Boa Vista, alinhando a cidade às diretrizes nacionais e garantindo que a população usufruísse de uma experiência televisiva moderna e de alta qualidade.

6.7 A TV Digital como Instrumento de Inclusão Social

Atualmente, discute-se amplamente o papel da TV digital na promoção da inclusão social no Brasil. Conforme Castro (2010), fundamentado no Decreto 4.901, que instituiu o Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD), "a TV digital brasileira deverá permitir ao cidadão, independentemente de sua condição socioeconômica, o acesso à tecnologia digital e aos serviços a ela associados, a partir do sinal de TV aberta". Essa visão é complementada por Ribeiro (2024), que destaca que a inclusão social não se limita à ampliação do espectro eletromagnético, mas requer que ele seja ocupado por emissoras comprometidas em atender às reais necessidades de cultura, lazer e informação da sociedade. Além disso, Ribeiro (2024),

alerta para os riscos de monopólios por grandes grupos de comunicação, que poderiam reproduzir o modelo atual da TV aberta, restringindo o potencial inclusivo da TV digital.

Os pesquisadores Belo Angeluci (2009); Castro e Barbosa Filho (2005) trazem uma perspectiva relevante ao associar a inclusão digital ao resgate da dignidade de grande parte da população brasileira. Sob essa ótica, a TV digital deve ser encarada como um motor para o desenvolvimento tecnológico, impulsionando a indústria nacional, promovendo inclusão social, valorizando a cultura e melhorando a qualidade de vida dos cidadãos (SOARES, 2004).

Outro aspecto destacado é o potencial da TV digital em oferecer serviços interativos de interesse público. Dados da Anatel revelam que 90,7% dos usuários da internet pertencem às classes A e B, enquanto apenas 9,3% pertencem às classes C, D e E (SOARES, 2004). Esses números ilustram o profundo abismo digital e social no país, onde 76% da população têm acesso limitado à internet.

Reconhecendo o potencial transformador da TV digital, é fundamental que ela contribua também para a formação crítica do cidadão, oferecendo conteúdos educacionais, informativos, científicos e culturais.

Por fim, para que a TV digital cumpra seu papel como instrumento de inclusão social e digital, é essencial popularizar o acesso às tecnologias de informação e comunicação, bem como capacitar a população para seu uso. Estudos sobre inteligibilidade, usabilidade, acessibilidade e disponibilidade de acesso são indispensáveis para superar barreiras que possam retardar a inclusão digital e, conseqüentemente, social. Outro ponto crucial é a produção de conteúdo, cuja relevância será abordada no próximo item.

6.8 Produção de Conteúdo

A produção de conteúdo desempenha um papel essencial no avanço da TV digital, mas exige mudanças profundas em seus processos e metodologias. Isso implica que, além do domínio das questões tecnológicas, novos conceitos e abordagens devem ser adotados pelos produtores de conteúdo. Entre esses conceitos, destacam-se a narrativa não sequencial, que permite ao telespectador acessar informações na tela sem obedecer a uma ordem fixa, e a interatividade em duas vias, que viabiliza a troca de informações por meio do envio e recebimento de conteúdos, promovendo uma participação mais ativa do público (CROCOMO, 2007).

Outro ponto importante é a valorização da linguagem audiovisual e da construção narrativa, que integram texto, imagem e som, como ocorre na TV analógica. Entretanto, na TV digital, essa linguagem é reinventada, assim como as formas de acesso e os modelos de sustentabilidade econômica. De acordo com Souza (2011), a interconectividade transforma o telespectador de um consumidor passivo para um agente ativo. Essa mudança é exemplificada pela possibilidade

de contribuição direta na criação de conteúdos, prática já consolidada em plataformas digitais. Além disso, o telespectador ganha mais liberdade para escolher e consumir programas no momento que for mais conveniente (SOUZA, 2011).

Nesse cenário, é indispensável considerar os aspectos da convergência tecnológica, que promove a integração de serviços como telefonia fixa, móvel, transmissão de dados e vídeo, aproximando áreas como telecomunicações, entretenimento e tecnologia da informação. Segundo Coelho (2008), para viabilizar essa integração, é necessário implementar políticas públicas que incentivem e apoiem a produção de conteúdos. Essas políticas devem estimular a experimentação e fomentar a criação de conteúdos regionais, locais, interativos, educacionais e de utilidade social.

Por fim, a produção de conteúdo precisa priorizar o engajamento de novos agentes, motivados pelos baixos custos de infraestrutura e pela incorporação de princípios como usabilidade, clareza e acessibilidade. Essas transformações têm como objetivo democratizar o acesso, aumentar a diversidade e promover a inclusão na produção e no consumo de conteúdos audiovisuais, fortalecendo, assim, o ecossistema da TV digital (RIBEIRO, 2015).

7. Ambiente de Simulação.

7.1. Análise Geográfica

7.1.1. Ponto Elevado

Serra Grande (ou proximidades): Localizada a cerca de 10 km da cidade, essa elevação pode servir como um excelente local para instalar antenas devido à sua altitude. Isso aumenta o alcance do sinal ao minimizar obstruções.

Centro da Cidade (em prédios altos): Se um ponto elevado natural não for viável, antenas podem ser instaladas em edifícios altos na região central, como no bairro São Francisco.

7.1.2. Cobertura Urbana e Rural

Escolha um local centralizado em relação à área urbana de Boa Vista para cobrir o maior número de residências.

Se possível, use mapas topográficos para identificar áreas onde a propagação do sinal enfrenta barreiras, como construções ou vegetação densa.

7.2. Análise Técnica

7.2.1. Linha de Visada

Garantir que a estação tenha linha de visada clara para o maior número possível de residências. Isso é essencial para transmissões UHF, que são mais comuns no padrão ISDB-T.

Utilize software de simulação de propagação, como Radio Mobile, para prever a cobertura e identificar os melhores locais.

7.2.2. Distância da População

Idealmente, a estação deve estar a uma distância média de até 10 km das áreas residenciais mais densamente povoadas, limitando perdas de sinal por obstruções ou interferências.

7.3. Análise de Infraestrutura

7.3.1. Acesso

O local escolhido deve ter acesso fácil para manutenção e instalação, com infraestrutura disponível, como energia elétrica confiável e conexão de rede (se necessário).

Deve haver segurança para proteger os equipamentos.

7.3.2. Compatibilidade com Infraestruturas Existentes

Verificar se há torres de comunicação já instaladas, como torres de operadoras de celular, que podem ser compartilhadas para reduzir custos.

7.4. Proposta de Locais Específicos

7.4.1. Opções sugeridas:

a) Região da Serra Grande (ou similar):

Vantagem: Elevada altitude e proximidade da cidade e o sinal transmitido vai atender área rural.

Desvantagem: Pode necessitar de infraestrutura adicional, como estradas de acesso.

b) Prédio na região central de Boa Vista (bairro São Francisco):

Vantagem: Infraestrutura já existente e proximidade da população.

Desvantagem: Alcance limitado para áreas rurais.

c) Zona Norte de Boa Vista (próximo ao bairro Caçari):

Vantagem: Posição mais alta e próxima às áreas de expansão urbana.

Desvantagem: Possível interferência em áreas densamente povoadas.

7.5. Avaliação da geolocalização

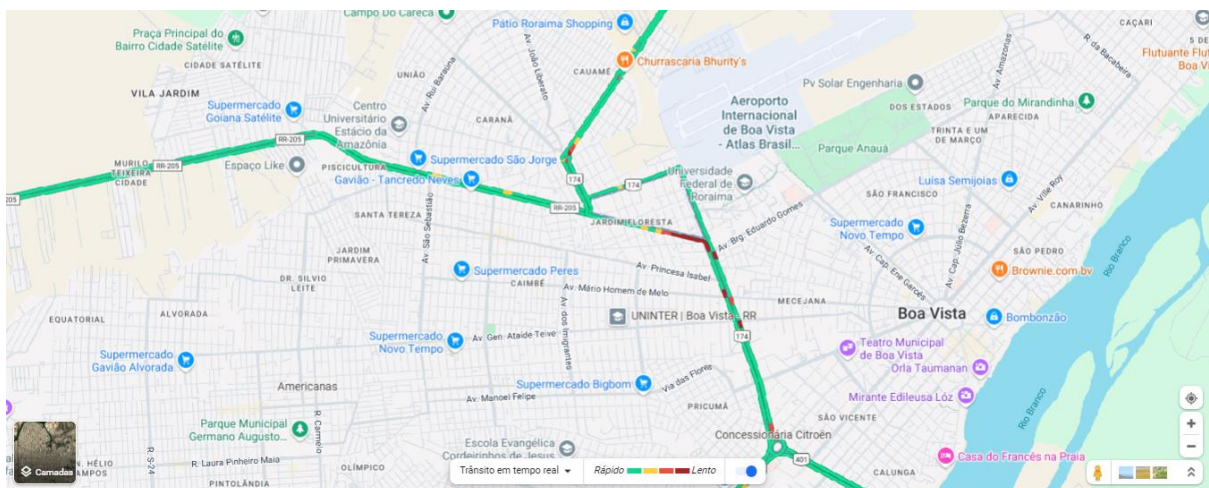
Melhor Opção Técnica: Instalar a estação na Serra Grande para aproveitar sua elevação natural e cobrir tanto áreas urbanas quanto rurais.

Alternativa Econômica: Instalar em um prédio central dentro Bairro de Francisco, reduzindo custos e facilitando manutenção.

Considerando o escopo do projeto voltado exclusivamente para a área urbana de Boa Vista, com prioridade para essa pesquisa foi direcionada o desenvolvimento de instalação de infraestrutura de retransmissora de TV Digital para o bairro São Francisco. A seguir vamos

mostrar uma análise detalhada da área delimitada onde foi o foco de nosso estudo, observe figura 1, abaixo.

Figura 1- Concentração Populacional da cidade Boa Vista



Fonte: Google Maps, 2024.

Bairro São Francisco (Prédios Altos): Este bairro central de Boa Vista oferece infraestrutura existente e está estrategicamente posicionado para atender à área urbana. Antenas instaladas em edifícios altos na região podem proporcionar excelente cobertura e minimizar custos relacionados à criação de infraestrutura adicional.

Zona Norte (Próximo ao Bairro Caçari): Caso seja necessária uma posição elevada alternativa, essa região, também dentro da área urbana, apresenta pontos estratégicos com boa visibilidade e proximidade de áreas densamente povoadas.

7.5.1. Cobertura Urbana

Localização Centralizada: O bairro São Francisco é ideal por estar no coração da área urbana, garantindo cobertura para a maioria das residências.

Identificação de Barreiras: Recomenda-se o uso de mapas topográficos ou software de simulação, como Radio Mobile, para avaliar obstáculos, como construções altas ou vegetação densa, que possam interferir na propagação do sinal.

Linha de Visada: O bairro São Francisco oferece boa linha de visada, devido a geografia do cidade que está uma região de planície, a instalação de equipamentos especialmente a partir de edifícios altos, otimizando a cobertura na área urbana.

Softwares de simulação devem ser usados para ajustar a localização exata da antena e maximizar a cobertura.

A localização de estudo, está predominantemente dentro do perímetro urbano, garantindo proximidade às áreas mais densamente povoadas, minimizando perdas de sinal.

A infraestrutura consolidada, permite o acesso por vias pavimentadas, energia elétrica estável e conexão à rede.

Edifícios na região central oferecem maior segurança para os equipamentos devido à vigilância natural e facilidade de manutenção.

A possibilidade de utilizar torres de comunicação já instaladas em edifícios na região é um fator que reduz custos e simplifica a implementação.

Local Alternativo: Em caso impossibilidade de executar o planejamento inicial, como Alternativa, a Zona Norte de Boa Vista (próximo ao bairro Caçari) seria outra área propícia a instalação de antenas retransmissoras.

As vantagens dessa localidade se deve a posição elevada e possível cobertura de áreas em expansão urbana.

As possíveis desvantagens se dá ao maior custo de infraestrutura e menor centralidade em relação ao bairro São Francisco.

7.6. Avaliação Final

O bairro São Francisco é uma localização adequada para atender à área urbana de Boa Vista com cobertura de sinal de TV digital. Essa configuração técnica oferece uma cobertura eficiente, pois atende plenamente à área urbana com infraestrutura já existente, reduzindo custos e facilitando a manutenção. Levando em consideração que nesta fase do estudo não há necessidade de atender ou fazer infraestrutura em áreas remotas ou rurais.

Alternativa Secundária para caso de contingência do estudo, a região da Zona Norte, próxima ao bairro Caçari, pode ser considerada se for necessário ampliar a cobertura para áreas adjacentes à área urbana.

8. Análise dos resultados das medições e simulações de campo.

8.1 Processo de Cálculo de Propagação

Modelo Okumura-Hata

O Okumura et al., (1968) e Hata (1980), expressam em seu modelo empírico baseado em uma extensa campanha de medições realizada no Japão. Aos quais foram cobertos vários tipos de ambientes na faixa de frequências entre 150 e 1920 MHz, e foi posteriormente extrapolado para até 3000 MHz.

Originalmente foi desenvolvido para distância entre antenas de 1 a 100 km e para altura de antenas de recepção e transmissão na ordem de 3 m e 200 m, respectivamente.

A perda em excesso ao espaço livre é tomada com o auxílio de curvas plotadas em escalas com diversos parâmetros.

Nesse estudo foi escolhido como técnica de predição de cobertura do modelo Okumura-Hata, ao qual é amplamente utilizado para estimar a perda de propagação em ambientes urbanos, suburbanos e rurais. Ele é baseado em medições empíricas e considera fatores como frequência, altura das antenas e distância.

Fórmula Geral

$$L = L_0 + A(f, d) - G_{\text{área}} - G(h_t) - G(h_r)$$

Aplicação da fórmula

$$L_p = 69.55 + 26.16 \cdot \log_{10}(f) - 13.82 \cdot \log_{10}(ht) - Ch + (44.9 - 6.55 \cdot \log_{10}(ht)) \cdot \log_{10}(d)$$

Onde:

- L_p : Perda de propagação (em dB)
- f : Frequência (em MHz)
- ht : Altura da antena transmissora (em metros)
- hr : Altura da antena receptora (em metros)
- d : Distância entre transmissor e receptor (em km)
- Ch : Fator de correção para áreas urbanas, dado por:

$$Ch = 3.2 \cdot (\log_{10}(11.75 \cdot hr))^2 - 4.97$$

Etapas dos Cálculos

Passo 1: Determinação dos Parâmetros

- **Frequência (f):** 600 MHz (faixa UHF para TV digital).
- **Altura da antena transmissora (ht):** 30 m (em um prédio no bairro São Francisco).
- **Altura da antena receptora (hr):** 10 m (uma antena típica de TV doméstica).
- **Distância (d):** 10 km (distância estimada para a área urbana).
- **Potência de transmissão (P_t):** 20 dBm.
- **Ganho das antenas (G_t e G_r):** Ambos 10 dBi.

Passo 2: Cálculo do Fator de Correção (Ch)

Para áreas urbanas, o fator de correção (Ch) é dado por:

$$Ch = 3.2 \cdot (\log_{10}(11.75 \cdot hr))^2 - 4.97$$

Substituímos $hr=10$:

$$\log_{10}(11.75 \cdot 10) = \log_{10}(117.5) \approx 2.0704$$

$$Ch=3.2\cdot(2.0704)^2-4.97$$

$$Ch=3.2\cdot4.2876-4.97 \approx 13.72-4.97 = 8.75$$

Passo 3: Substituição dos Valores

Agora, substituímos os valores na fórmula do modelo Okumura-Hata:

a) Termo constante:

$$69.55$$

b) Termo de frequência:

$$26.16\cdot\log_{10}(f)=26.16\cdot\log_{10}(600)$$

$$\log_{10}(600) \approx 2.778$$

$$26.16\cdot2.778 \approx 72.63$$

c) Termo de altura da antena transmissora:

$$-13.82\cdot\log_{10}(ht) = -13.82\cdot\log_{10}(30)$$

$$\log_{10}(30) \approx 1.477$$

$$-13.82\cdot1.477 \approx -20.40$$

d) Termo de correção:

$$-Ch = -8.75$$

e) Termo de distância:

$$(44.9-6.55\cdot\log_{10}(ht))\cdot\log_{10}(d)$$

$$44.9-6.55\cdot\log_{10}(30)=44.9-6.55\cdot1.477$$

$$44.9-9.67=35.23$$

$$35.23\cdot\log_{10}(10)=35.23\cdot1=35.23$$

Passo 4: Soma dos Termos

Calculo da perda de propagação (L_p) utilizando a fórmula do modelo Okumura-Hata.

Detalharei cada etapa do cálculo:

Fórmula Geral

$$L_p=69.55+26.16\cdot\log_{10}(f)-13.82\cdot\log_{10}(ht)-Ch+(44.9-6.55\cdot\log_{10}(ht))\cdot\log_{10}(d)$$

Agora, somamos todos os termos:

$$L_p=69.55+72.63-20.40-8.75+35.23$$

$$L_p=148.26\text{dB}$$

Interpretação

- **Perda de Propagação (L_p):** 148.26 dB.
- Essa perda de propagação é significativa e deve ser considerada no planejamento do sistema para garantir potência suficiente no receptor.

Passo 4: Cálculo da Potência Recebida (P_r)

A potência recebida é obtida a partir da equação do balanço de enlace:

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_p$$

Onde:

P_r : Potência recebida (em dBm)

P_t : Potência de transmissão (em dBm)

G_t, G_r : Ganho das antenas transmissora e receptora (em dBi)

L_p : Perda de propagação (em dB)

Substituímos os valores fornecidos:

- $P_t=20\text{dBm}$
 - $G_t=10\text{dBi}$
 - $G_r=10\text{dBi}$
 - $L_p=148.26\text{dB}$
- $$P_r=20+10+10-148.26$$
- $$P_r=40-148.26$$
- $$P_r=-108.26\text{dBm}$$

Interpretação dos Resultados

- **Potência Recebida (P_r):** -108.26dBm
- Este valor representa a potência disponível no receptor após todas as perdas no caminho de propagação.
- Valores de potência muito baixos, como este, podem comprometer a qualidade do sinal recebido.

Com $P_r = -108.26\text{dBm}$, é possível observar que a perda de propagação é significativa. Para assegurar que o sistema atenda aos requisitos de recepção, medidas como:

- Aumento da potência de transmissão,
- Uso de antenas com maior ganho,
- Implementação de repetidores ou boosters no enlace,
- Redução da distância d , podem ser aplicadas.

8.2 Processo de Simulação

a) Variação da Distância

A simulação consiste em variar a distância (d) de 1 km a 20 km e calcular a perda de propagação (L_p) e a potência recebida (P_r) para cada ponto.

b) Gráficos de Cobertura

- Plotamos a potência recebida (P_r) em função da distância para visualizar o comportamento do sinal.
- Um limite de sensibilidade típico (ex.: -120dBm) é adicionado ao gráfico para identificar o alcance eficaz.

c) Software de Apoio

O Python é ideal para criar um gráfico da potência recebida e explorar diferentes cenários.

8.1.1 Simulação de Predição de cobertura

1. Configuramos os parâmetros iniciais (frequência, altura das antenas, potência, etc.).
2. Calculamos L_p e P_r para distâncias de 1 km a 20 km.
3. Geramos um gráfico mostrando a relação entre potência recebida e distância.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Parâmetros iniciais
frequencia = 600 # MHz
altura_transmissor = 30 # metros
altura_receptor = 10 # metros
potencia_transmissor = 20 # dBm
ganho_transmissor = 10 # dBi
ganho_receptor = 10 # dBi

# Função para calcular a perda de propagação (modelo Okumura-Hata)
def calcular_lp(distancia):
    ch = 3.2 * (np.log10(11.75 * altura_receptor))**2 - 4.97 # Fator de correção para áreas urbanas
    termo_frequencia = 26.16 * np.log10(frequencia)
    termo_altura_transmissor = -13.82 * np.log10(altura_transmissor)
    termo_distancia = (44.9 - 6.55 * np.log10(altura_transmissor)) * np.log10(distancia)
    lp = 69.55 + termo_frequencia + termo_altura_transmissor - ch + termo_distancia
    return lp

# Função para calcular a potência recebida
def calcular_pr(lp):
```

```

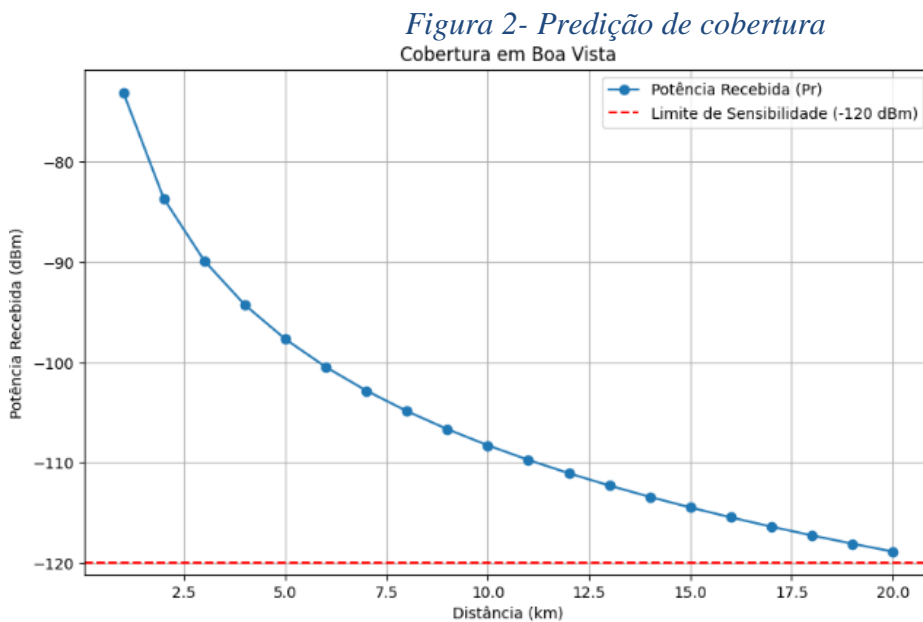
pr = potencia_transmissor + ganho_transmissor + ganho_receptor - lp
return pr

# Vetor de distâncias (1 km a 20 km)
distancias = np.arange(1, 21)

# Cálculo da perda de propagação e potência recebida para cada distância
lp_valores = [calcular_lp(d) for d in distancias]
pr_valores = [calcular_pr(lp) for lp in lp_valores]

# Plotando o gráfico
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(distancias, pr_valores, marker='o', label='Potência Recebida (Pr)')
plt.axhline(y=-120, color='r', linestyle='--', label='Limite de Sensibilidade (-120 dBm)')
plt.xlabel('Distância (km)')
plt.ylabel('Potência Recebida (dBm)')
plt.title('Cobertura em Boa Vista')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()

```



Fonte: Gerado pelo próprio autor

Cobertura Urbana: A potência recebida é suficiente para garantir uma boa cobertura na área urbana de Boa Vista a uma distância de até 10 km.

Limitações: Para maiores distâncias, o sinal se degrada significativamente, exigindo retransmissores ou antenas de maior altura para ampliar a cobertura.

As curvas de propagação apresentadas na referida recomendação é em função da intensidade de campo elétrico com uma potência ERP (Effective Radiated Power) irradiada de 1 kW excedendo a 50 %, 10 % e 1 % do tempo de atendimento nas localidades, nas frequências nominais de 100 MHz, 600 MHz e 2 GHz, e abrangendo distâncias de 1 km até 1000 km cujas alturas efetivas das antenas transmissoras variam de 10 m a 1200 m com relação ao nível do mar (ITU-R, 2019).

Para os valores de interesse não coincidentes com os indicados pela recomendação deve ser realizada uma interpolação ou extrapolação conforme indicado no escopo desta referida recomendação (ITU-R, 2019).

8.1.2 Código modificado com cálculo de Pr e do cálculo de perda por difração

O código proposto modela a propagação de um sinal de rádio em um ambiente urbano usando os modelos Okumura-Hata e knife-edge para cálculo de perdas e potência recebida a diferentes distâncias.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Parâmetros iniciais
frequencia = 600 # MHz
altura_transmissor = 30 # metros
altura_receptor = 10 # metros
potencia_transmissor = 20 # dBm
ganho_transmissor = 10 # dBi
ganho_receptor = 10 # dBi
altura_obstaculo = 50 # metros
distancia_obstaculo = 5 # metros

# Função para calcular a perda de propagação (modelo Okumura-Hata)
def calcular_lp(distancia):
    ch = 3.2 * (np.log10(11.75 * altura_receptor))**2 - 4.97 # Fator de correção para áreas urbanas
    termo_frequencia = 26.16 * np.log10(frequencia)
    termo_altura_transmissor = -13.82 * np.log10(altura_transmissor)
    termo_distancia = (44.9 - 6.55 * np.log10(altura_transmissor)) * np.log10(distancia)
    lp = 69.55 + termo_frequencia + termo_altura_transmissor - ch + termo_distancia
    return lp
```

```

# Função para calcular a perda por difração (modelo de knife-edge)
def calcular_perda_difracao(altura_obstaculo, distancia_obstaculo):
    # Modelo de knife-edge para perda por difração
    perda_difracao = 20 * np.log10(np.sqrt((distancia_obstaculo**2 + altura_obstaculo**2) /
distancia_obstaculo**2))
    return perda_difracao

# Função para calcular a potência recebida
def calcular_pr(lp, perda_difracao):
    pr = potencia_transmissor + ganho_transmissor + ganho_receptor - lp - perda_difracao
    return pr

# Vetor de distâncias (1 km a 20 km)
distancias = np.arange(1, 21)

# Cálculo da perda de propagação e potência recebida para cada distância
lp_valores = [calcular_lp(d) for d in distancias]
perda_difracao_valores = [calcular_perda_difracao(altura_obstaculo, d) for d in distancias]
pr_valores = [calcular_pr(lp, perda_difracao) for lp, perda_difracao in zip(lp_valores,
perda_difracao_valores)]

# Imprimir os cálculos de Pr e perda por difração
for i in range(len(distancias)):
    print(f"Distância: {distancias[i]} km")
    print(f"Perda de Propagação (LP): {lp_valores[i]} dB")
    print(f"Perda por Difração: {perda_difracao_valores[i]} dB")
    print(f"Potência Recebida (Pr): {pr_valores[i]} dBm")
    print("")

# Plotando o gráfico
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(distancias, pr_valores, marker='o', label='Potência Recebida (Pr)')
plt.axhline(y=-120, color='r', linestyle='--', label='Limite de Sensibilidade (-120 dBm)')
plt.xlabel('Distância (km)')
plt.ylabel('Potência Recebida (dBm)')
plt.title('Cobertura em Boa Vista')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()

```

Parâmetros considerados

Os valores iniciais definem as características do sistema e do ambiente:

Frequência (600 MHz): Frequência da portadora.

Altura do transmissor (30 m) e do receptor (10 m): Altura das antenas.

Potência do transmissor (20 dBm): Potência de saída do transmissor.

Ganhos das antenas transmissora e receptora (10 dBi cada): Refletem a diretividade das antenas.

Altura do obstáculo (50 m) e distância do obstáculo (5 km): Parâmetros para o cálculo de perda por difração.

Funções

calcular_lp(distancia):

Implementa o modelo Okumura-Hata para perda de propagação em áreas urbanas.

Calcula a perda em dB considerando fatores como frequência, altura das antenas e distância.

calcular_perda_difracao(altura_obstaculo, distancia_obstaculo):

Modelo knife-edge para calcular a perda por difração causada por um obstáculo.

A fórmula considera a geometria do obstáculo e sua altura relativa.

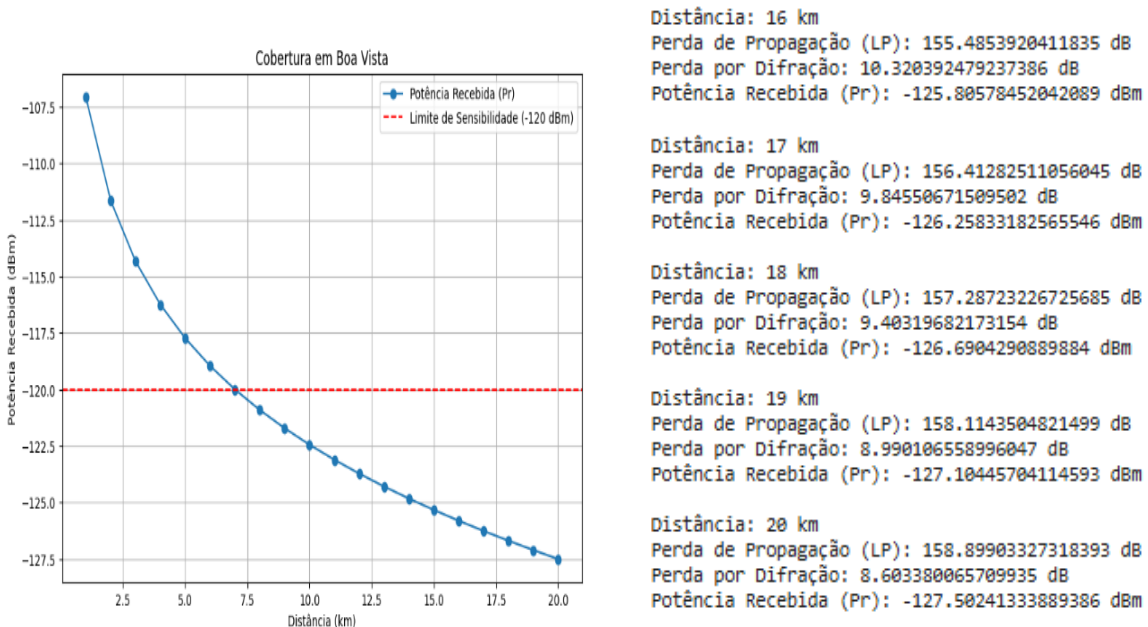
calcular_pr(lp, perda_difracao):

Calcula a potência recebida (Pr) em dBm.

Combina a potência do transmissor, ganhos das antenas, e subtrai as perdas de propagação e difração.

Resultados encontrados

Figura 3- cálculo de cobertura com perda de difração



Fonte: imagem gerada pelo próprio autor

Interpretação da imagem

Gráfico (à esquerda):

Conforme a distância aumenta, a potência recebida reduz-se progressivamente devido ao incremento das perdas de propagação e à influência da difração. Para distâncias superiores a

aproximadamente 17 km, a potência recebida cai abaixo do limite de sensibilidade (-120 dBm), tornando o sinal inutilizável. Em distâncias menores, especialmente entre 1 km e 7,5 km, a potência recebida permanece acima do limite de sensibilidade, garantindo a funcionalidade do sistema. No entanto, a partir de cerca de 7,5 km, o sinal começa a enfraquecer significativamente, ultrapassando o limite crítico e comprometendo a capacidade do receptor de processá-lo adequadamente.

Tabela (à direita):

Complementa o gráfico com valores detalhados para distâncias específicas, mostrando os impactos das perdas (LP e difração) e como elas contribuem para a redução da potência recebida.

Sugestão de componentes

A seguir vamos sugerir uma lista de equipamentos que irão compor uma armário de telecomunicações que seja o suporte para retransmissão de sinal de TV Digital.

a) Transmissor EC704HP de TV Digital UHF - ISDB-T, DVB-T2 e ATSC

Composto com:

02 - Digital exciter Ex8001 - hitachi

01 - Switch Intelbras Giga Lan 8 portas gerenciavel

05 - Power Amplifier PA708HP hitachi econnect

Fonte de alimentação Hitachi

Figura 4- Transmissor de TV Digital



Fonte: Imagem adaptada pelo autor

O Transmissor EC704HP de TV Digital UHF é um equipamento completo que atua na transmissão de sinais de TV digital em diferentes padrões, como ISDB-T, DVB-T2 e ATSC, sendo amplamente utilizado por emissoras para cobrir áreas urbanas e rurais. Ele converte o conteúdo digital em sinais de alta frequência (UHF), que são transmitidos por meio de antenas para alcançar os receptores (TVs ou set-top boxes).

Componentes e Funções

02 Digital Exciter EX8001 (Hitachi):

Função: Modulação digital do sinal de TV.

Recebe o sinal multiplexado e realiza a modulação conforme o padrão de TV digital configurado (ISDB-T, DVB-T2 ou ATSC).

Garante a estabilidade e a qualidade do sinal transmitido.

Atua como o coração do transmissor, gerando o sinal RF que será amplificado.

01 Switch Intelbras Giga LAN 8 Portas Gerenciável:

Função: Interconexão e gerenciamento de dados na rede.

Facilita a comunicação entre os diferentes equipamentos (exciters, amplificadores, e outros) por meio de uma rede local.

Permite monitoramento e ajustes remotos dos equipamentos.

05 Power Amplifier PA708HP (Hitachi eConnect):

Função: Amplificação do sinal RF.

Amplifica o sinal modulado vindo dos exciters para níveis de potência suficientes para transmissão.

Essencial para cobrir grandes áreas, aumentando o alcance do sinal de TV digital.

Pode operar em redundância ou combinar múltiplos amplificadores para maior potência total.

Fonte de Alimentação (Hitachi):

Função: Fornecimento de energia para todos os componentes do sistema.

Garante operação estável e contínua do transmissor, especialmente em sistemas de alta potência como o EC704HP.

Aplicação Geral do Sistema

Este transmissor é usado em emissoras de TV para:

Cobertura Digital de Áreas: Transmitir sinais de TV digital em UHF para grandes áreas, alcançando receptores domésticos.

Compatibilidade Multinorma: Permitir a operação em diferentes padrões digitais (ISDB-T para América Latina, DVB-T2 para Europa/Ásia, e ATSC para América do Norte).

Flexibilidade e Redundância: Com excíters duplos e múltiplos amplificadores, o sistema pode operar com alta confiabilidade, mesmo em caso de falha de um componente.

Equipamentos do Canal de Transmissão Direta

São equipamentos que trabalham exclusivamente no fluxo de envio do conteúdo (canal direto), como parte do processo de codificação, multiplexação e modulação para transmissão de TV digital, sendo eles:

Digital Multiplexer: Combina múltiplos fluxos de dados para transmissão no canal direto.

HD Encoder: Comprime e codifica sinais de vídeo e áudio para transmissão eficiente.

Digital Exciter: Modula o sinal multiplexado para transmissão via RF. Vide figura abaixo:

Figura 5- Equipamentos de transmissão direta



Fonte: Imagem adaptada pelo autor.

Eles são elementos essenciais do canal direto (ou canal de transmissão principal) em um sistema de TV digital, responsável pela entrega de conteúdo da emissora para os telespectadores.

Canal de Retorno:

O canal de retorno é usado para comunicação do receptor (usuário final) para o transmissor ou para a central de controle. Ele permite a interação do usuário, como:

Enviar feedback ou comandos (ex.: votar em programas, pedir conteúdos pay-per-view).

Reportar informações sobre a qualidade de recepção do sinal.

Aplicações interativas em sistemas de TV digital, como as implementadas no middleware Ginga no padrão ISDB-T.

Exemplos de tecnologias usadas no canal de retorno:

Conexões com a internet (fibra, banda larga, celular 4G/5G).

Modems ou links via cabo ou linha telefônica.

Sistemas sem fio, como Wi-Fi.

Embora essenciais no sistema de transmissão de TV digital, os Digital Multiplexer, HD Encoder, e Digital Exciter não são usados no canal de retorno. O canal de retorno é implementado com tecnologias separadas, frequentemente utilizando infraestruturas como a

internet ou redes de telecomunicação para a comunicação interativa dos usuários com o provedor de TV digital.

9. Resultados Encontrados

a) Cálculo da Perda de Propagação (L_p):

O modelo Okumura-Hata foi utilizado para calcular a perda de propagação em um ambiente urbano com as especificações fornecidas. A perda de propagação encontrada foi de 148,26 dB para uma distância de 10 km.

Essa perda elevada está alinhada com o comportamento típico de propagação em ambientes urbanos, onde há interferências de edificações, vegetação e outros obstáculos.

b) Potência Recebida (P_r):

A potência recebida foi calculada como $-108,26$ dBm, indicando um sinal fraco no receptor. Esse valor está abaixo do limite de sensibilidade de muitos receptores típicos, que geralmente é em torno de -120 dBm, mas pode não ser suficiente para aplicações que exijam maior margem de segurança para transmissão estável.

c) Simulação de Variação de Distância:

A análise gráfica demonstrou que, à medida que a distância aumenta, a potência recebida diminui rapidamente devido ao aumento da perda de propagação.

Foi possível observar que, para distâncias superiores a 10 km, o sinal torna-se insuficiente para garantir qualidade de recepção adequada sem medidas adicionais.

c) Validação com ITU-R:

Os resultados estão de acordo com as recomendações da ITU-R (2019), que descrevem o comportamento da propagação para frequências na faixa UHF, validando a abordagem utilizada.

Sugestões de Melhorias

a) Aumento da Potência de Transmissão:

Elevar a potência de transmissão pode melhorar a qualidade do sinal recebido em maiores distâncias, mas deve-se respeitar os limites regulamentares para evitar interferências.

b) Adoção de Antenas com Maior Ganho:

Utilizar antenas transmissoras e receptoras com maior ganho pode compensar parcialmente a perda de propagação, resultando em uma melhoria significativa na potência recebida.

c) Implementação de Retransmissores:

Inserir retransmissores (repetidores) em pontos estratégicos ampliará a cobertura, especialmente em áreas onde o sinal se degrada rapidamente.

d) Redução da Altura das Antenas Receptoras:

Melhorias no fator de correção podem ser alcançadas ajustando a altura da antena receptora para se adequar ao cenário urbano e maximizar o sinal recebido.

e) Análise de Perdas por Difração:

Considerar o modelo de perdas por difração, como o knife-edge, para refinar os cálculos em áreas onde barreiras são predominantes, fornecendo uma estimativa mais precisa do comportamento do sinal.

f) Simulação com Software Avançado:

Utilização ferramentas de simulação mais robustas, como MATLAB ou softwares dedicados para modelagem de propagação (ex.: Radio Mobile), que permitiram integrar múltiplos fatores ambientais e verificar os resultados em condições realistas.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que o modelo Okumura-Hata se mostra uma ferramenta eficiente para a previsão de perdas de propagação em ambientes urbanos, incluindo cenários como o de Boa Vista, Roraima. Entretanto, o modelo apresenta limitações em condições específicas, como áreas periféricas e urbanas que possuem obstáculos físicos e socioeconômicos. Isso reforça a necessidade de adaptações técnicas para assegurar a qualidade do sinal recebido e atender aos objetivos de ampliação de acesso à tecnologia de TV digital.

A implementação das sugestões propostas, como o ajuste dos parâmetros do modelo com base em medições de campo e o mapeamento detalhado da infraestrutura necessária, pode aumentar significativamente a eficiência do sistema. Essas melhorias não apenas potencializam a cobertura do sinal, mas também contribuem para uma recepção de maior qualidade, possibilitando que a população de Boa Vista aproveite plenamente os benefícios da TV digital. Além disso, a realização de medições de campo em diferentes áreas da cidade é essencial para validar os cálculos teóricos e ajustar as previsões à realidade local. Esse processo permite identificar com precisão os obstáculos técnicos, econômicos e sociais que podem comprometer a qualidade do sinal, especialmente em regiões periféricas. A partir dos dados obtidos, torna-se viável propor ajustes técnicos específicos, como o reposicionamento de antenas e o reforço da potência de transmissão, para garantir a máxima cobertura e qualidade da recepção.

Portanto, com base nas análises realizadas, fica evidente que um planejamento criterioso, aliado à execução de medições e ajustes contínuos, é indispensável para viabilizar a implementação de um sistema de TV digital eficiente em Boa Vista. Essa abordagem não apenas atenderá aos requisitos técnicos, mas também proporcionará inclusão digital e acesso igualitário à tecnologia para toda a população.

REFERÊNCIAS

- BELO ANGELUCI, A. C. (2009). BARBOSA FILHO, André; CASTRO, Cosette. Comunicação digital: educação, tecnologias e novos comportamentos. São Paulo: Paulinas, 2008. Revista De Estudos Da Comunicação, 10(21). <https://doi.org/10.7213/rec.v10i21.18480>
- BRASIL. **Decreto nº 4.901, de 26 de novembro de 2003**. Institui o Sistema Brasileiro de Televisão Digital, e dá outras providências. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 27 nov. 2003. Disponível em: <http://sbtvd.cpqd.com.br/downloads/decreto_4901_2003.pdf>. Acesso em: 02 Nov. 2024.
- BRASIL. **Lei nº 5.820, de 29 de junho de 2006**. Dispõe sobre a implantação do SBTVD-T, estabelece diretrizes para a transição do sistema de transmissão analógica para o sistema de transmissão digital do serviço de radiodifusão de sons e imagens e do serviço de retransmissão de televisão, e dá outras providências. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 30 jun. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5820.htm>. Acesso em: 29 Out. 2024.
- BRASIL. Ministério das Comunicações. Portaria nº 11.476, de 8 de dezembro de 2023. Altera a Portaria MCOM nº 2.992, de 26 de maio de 2017, e a Portaria de Consolidação GM/MCOM nº 1, de 2 de junho de 2023, para estabelecer diretrizes para o desligamento dos sinais analógicos de televisão. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 8 dez. 2023. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-mcom-n-11476-de-8-de-dezembro-de-2023-529259203>. Acesso em: 02 Nov. 2024.
- CASTRO, C. Televisão digital e inclusão social: uma proposta de democratização para as novas tecnologias em comunicação. Connexão, Caxias do Sul, v. 10, n. 1, p. 65-82, jan./jun. 2010. Disponível em: <https://sou.ucs.br/etc/revistas/index.php/conexao/article/download/168/159/654>. Acesso em: 10 out. 2024.
- CAVALCANTE, Mara Cecília Maciel. **A implantação da TV digital no Brasil: as questões regulatórias e o hibridismo de linguagens na produção, compartilhamento e construção da informação audiovisual**. 2015. 134 f.: il. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Comunicação, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://ridi.ibict.br/bitstream/123456789/871/1/A%20IMPLANTA%C3%87%C3%83O%20DA%20TV%20DIGITAL%20NO%20BRASIL%20ok.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2024.
- COELHO, L. Produção local de conteúdo digital para uma sociedade mais justa. 2008. Disponível em: <https://obscom.intervozes.org.br/?p=21235>. Acesso em: 03 Dez. 2024.
- CROCOMO, F. A. **TV digital e produção interativa: a comunidade manda notícias**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007. 178 p.
- CRUZ, R. **TV digital no Brasil: tecnologia versus política**. São Paulo: Editora Senac, São Paulo, 2008. 251p.
- EMBRAPA. Secretaria de Gestão e Estratégia. V Plano-Diretor da Embrapa: 2008, 2011 -2023. Brasília, DF, 2008. 44 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37813/1/V-PDE.pdf>. Acesso em: 02 Nov. 2024.

FASSOLO, Sandro. Entrevista concedida a Alex Pereira de Moura, Santa Rita do Sapucaí, 08 set. 2005.

FRANCO, Roberto Dias Lima, Entrevista concedida a Alex Pereira de Moura, São Paulo, 27 set. 2005

HATA, M. Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services, IEEE Trans., VT-29, N3, pp.317-325, 1980.

ITU-R. INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION - RADIOCOMMUNICATION. P.1546-6: Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30MHz to 3000MHz. 6 ed. Method For Point-to-area Predictions For Terrestrial Services In The Frequency Range 30MHz To 3000MHz. 6 Ed. Geneva: Electronic Publication: Electronic Publication, 2019. Disponível em: <https://www.itu.int/rec/r-rec-p.1546/en>. Acesso em: 24 Out. 2024.

MOURA, Alex Pereira de. TV Digital: convergência e perspectiva. 2006. Dissertação (Mestrado em Comunicação) – Programa de Pós-Graduação em Comunicação, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://www.faac.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/Comunicacao/DissertacoesDefendidas/alex.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2024.

OKUMURA, Y.; OHMORI, E.; KAETANO, T.; FUKUDA, K. Field Strength and its Variability in the VHF and UHF Land Mobile Radio Services, Review Elec. Commun. Labs., 16, N9-10, pp. 825-873, 1968.

RÉGIS, Marcus Vinicius de O.; FECHINE, Joseana Macêdo. **Introdução ao sistema de TV digital**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Sistemas e Computação, 2007. Disponível em: http://www.dsc.ufcg.edu.br/~pet/atividades/Artigos/ARTIGO_TVDIGITAL.pdf. Acesso em: 08 dez. 2024.

RIBEIRO, Â., A TV digital como ferramenta para a inclusão digital. 2004. 224 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/87225>. Acesso em: 10 Nov. 2024.

SALLES, Filipe. A Imagem Eletrônica: o Vídeo. Endereço eletrônico. 2008. Disponível em: https://00749854413868244465.googlegroups.com/attach/3a3abaa1a924e755/cine_cap6video.pdf?part=0.1&vt=ANaJVrEo0Pvndf_iCNifTPV87bhZu8FMK6BCLWLIOWk7aikXUjufKukIkLxH1cJSUYVw-a839tGTdILyRXw8ExhfdHXmz0ro6ErlJ23kjpbrV1uTF_9XZgY. Acesso em: 02 Nov. 2024.

SILVA, S. P. Medidas e estudo de rádio propagação para TV digital na cidade de Belém. 2015 – Universidade Federal do Pará. Disponível em: <https://redenorte.ufam.edu.br/Record/oai:https://bdm.ufpa.br:8443:prefix-672>. Acesso em: 02 Dez, 2024.

SOARES, L. F. G. TV digital interativa: oportunidade ou sonho [2004]. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Fernando-Soares-2/publication/268286930_TV_Digital_Interativa_Oportunidade_ou_Sonho/links/551ab3420cf2bb754076cd60/TV-Digital-Interativa-Oportunidade-ou-Sonho.pdf. Acesso em: 02 Dez. 2024.

SOUZA, Maicon Ferreira de. Conteúdo educativo para a televisão digital interativa. 2011. 101 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e

Comunicação, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/07d89995-7e83-4ae0-96d7-c3a52372f0ad>. Acesso em: 02 Dez. 2024.

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 19 dias do mês de dezembro de 2024, de 18:30h às 19:30h, o(a) discente **ALLAN DA SILVA MATOS**, apresentou o seu Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação da Banca Examinadora constituída pelos seguintes integrantes: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro (docente-orientador), Prof. Esp. Ewerton Andrey Godinho Ribeiro (Membro 1) e Prof. Me. Jonatas Micael Vieira de Lima (Membro 2). A sessão pública de defesa foi aberta pelo(a) presidente da banca, que apresentou a Banca Examinadora e deu continuidade aos trabalhos, fazendo uma breve referência ao TCC, que tem como título "**SISTEMA DE TV DIGITAL: UMA PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE RADIODIFUSÃO EM TV DIGITAL NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA - RORAIMA**".

Na sequência, o(a) discente teve até 30 minutos para a comunicação oral de seu trabalho. Cada integrante da banca examinadora fez suas arguições após a defesa do mesmo. Ouvidas as explicações do(a) discente, a banca examinadora, reunida em caráter sigiloso, para proceder à avaliação final, deliberou e decidiu pela **APROVAÇÃO** com média final 9,2 *max. (10)* do referido trabalho.

Foi dada ciência ao(à) discente que a versão final do trabalho deverá ser entregue até o dia 27 / 12 / 2024, com as devidas alterações sugeridas pela banca. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às 19 h 30 min, sendo lavrada a presente ata, que, uma vez aprovada, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo(a) discente.

Prof.(a) Orientador(a)/Presidente: _____

Prof.(a) Avaliador 1: _____

Prof.(a) Avaliador 2: _____

Discente: _____