

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

**DEISI LUIZA WOSCH
SÉRGIO BACHELADENSKI**

**ESTUDO DA RECEPÇÃO DE TV DIGITAL EM FUNÇÃO DA
TRANSMISSÃO DE SINAL COM ANTENA NA POLARIZAÇÃO
ELÍPTICA COMPARADA COM UMA ANTENA DE TRANSMISSÃO DE
POLARIZAÇÃO HORIZONTAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2013**

**DEISI LUIZA WOSCH
SÉRGIO BACHELADENSKI**

**ESTUDO DA RECEPÇÃO DE TV DIGITAL EM FUNÇÃO DA
TRANSMISSÃO DE SINAL COM ANTENA NA POLARIZAÇÃO
ELÍPTICA COMPARADA COM UMA ANTENA DE TRANSMISSÃO DE
POLARIZAÇÃO HORIZONTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Robinson Vida Noronha

**CURITIBA
2013**

DEISI LUIZA WOSCH
SÉRGIO BACHELADENSKI

**ESTUDO DA RECEPÇÃO DE TV DIGITAL EM FUNÇÃO DA TRANSMISSÃO
DE SINAL COM ANTENA NA POLARIZAÇÃO ELÍPTICA COMPARADA COM
UMA ANTENA DE TRANSMISSÃO DE POLARIZAÇÃO HORIZONTAL**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado no dia 13 de junho de 2013, as 16h30, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os alunos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. César Janeczko

Coordenador de Curso

Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. Sérgio Moribe

Responsável pelo Trabalho de Conclusão de Curso

Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Luiz Rebelatto

Prof. Dr. Robinson Vida Noronha

Orientador

Prof. Dr. Hermes Irineu Del Monego

Prof. Msc. José Frederico Rehme – Convidado

Coord. de Pesquisa e Desenvolvimento na RPC-TV

Prof. de Engenharia Elétrica da Universidade Positivo

“A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

LUIZA WOSCH, Deisi; BACHELADENSKI, Sérgio. ESTUDO DA RECEPÇÃO DE TV DIGITAL EM FUNÇÃO DA TRANSMISSÃO DE SINAL COM ANTENA NA POLARIZAÇÃO ELÍPTICA COMPARADA COM UMA ANTENA DE TRANSMISSÃO DE POLARIZAÇÃO HORIZONTAL. 2013. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

Este projeto estuda a comparação da recepção da TV Digital em função da transmissão de sinal com antena de transmissão na polarização elíptica e de uma antena de transmissão com polarização horizontal. Avalia o impacto na recepção fixa da casa do telespectador, no seu receptor móvel ou portátil. Para uma emissora de televisão, quanto mais fácil for sintonizar e receber o sinal digital, maior a vantagem desta emissora em relação à concorrência, pois maior será a probabilidade de audiência em seus programas. Foi realizado trabalho de pesquisa de sinal digital na cidade de Maringá, estado do Paraná, em quarenta e oito pontos fixos e aproximadamente dois mil pontos em movimento, comparando uma antena de transmissão apenas com polarização horizontal e outra antena com polarização elíptica. Para a região de Maringá, caso medido em campo, a decisão da utilização de uma antena com polarização elíptica traz melhores resultados na recepção em relação à utilização apenas na polarização horizontal, apresentando um nível de sinal recebido e qualidade de sinal melhor em relação à transmissão em polarização apenas horizontal. Ou seja, através da polarização elíptica o sinal recebido tem um nível mais intenso, facilitando a captação e recepção deste sinal. Para cada região a ter implantada a TV Digital, deverá haver uma discussão de qual melhor alternativa a respeito da polarização da sua antena de transmissão em função da topografia, ocupação do solo, localização do site de transmissão em relação ao núcleo urbano e o que se deseja atingir, quando ênfase ao serviço de alta definição ou na recepção portátil.

Palavras Chave: Propagação. Antena. Televisão Digital. Facilidade de recepção.

ABSTRACT

LUIZA WOSCH, Deisi; BACHELADENSKI Sergio. STUDY OF DIGITAL TV RECEPTION FOR EACH TRANSMISSION SIGNAL WITH ELLIPTICAL POLARIZATION ANTENNA IN COMPARED WITH AN ANTENNA TRANSMISSION OF HORIZONTAL POLARIZATION. 2013. 60 f. Working End of Course (Course of Technology in Telecommunications Systems), Academic Department of Electronics, Federal Technological University of Paraná, 2013.

This project studies the comparison between the reception of digital TV as a function of the transmission signal with a transmitting antenna on the elliptical polarization and a transmitting antenna on the horizontal polarization. It evaluates the impact on the fixed reception at the viewer's home, mobile or portable receiver. For a television broadcaster as much easier is to tune and receive the digital signal as greater will be the advantage of this broadcaster in relation to its competition, because greater likely audience for their programs. We conducted research work in digital signal in Maringá, state of Paraná, in forty eight fixed points and about two thousand points in motion, comparing one transmitting antenna only with horizontal polarization and other antenna with elliptical polarization. For Maringá region, if measured in the field, the decision to use an antenna with elliptical polarization in reception brings better results in the reception compared to the horizontal polarization one, presenting a level of received signal quality and signal transmission better in relation to transmission only in horizontal polarization. That is, through the elliptical polarization the received signal has a received level more intense, facilitating the capture and reception of the signal. Each region to be implanted the Digital TV, should have a discussion of what is the best alternative regarding the antenna polarization in function of the topography, land use, location of site transmission over the urban core and what is wants to reach, when the emphasis is the high definition service or the portable reception.

Keywords: Propagation. Antenna. Digital Television. Ease of receipt.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 01 – Imagem Google localização do Ponto de Transmissão.....	18
Figura 02 – Diagrama horizontal e diagrama vertical da antena A.....	19
Figura 03 – Diagrama horizontal e diagrama vertical da antena B	20
Figura 04 – Esquemático da torre com a instalação das duas antenas na torre e seu posicionamento.....	21
Figura 05 – Foto da antena receptora instalada na vertical e horizontal.....	23
Figura 06 – Antena receptora omnidirecional.....	24
Figura 07 – Imagens de tipos de antenas.....	27
Figura 08 – Desenho do sistema de camadas dentro do canal de 6 MHz.....	31
Figura 09 – Imagem de satélite Google Earth com a sobreposição dos 30 pontos medidos em Maringá.....	32
Figura 10 – Imagem de satélite Google Earth com a sobreposição dos pontos medidos em Maringá e nos municípios ao redor, totalizado 48 pontos.....	32
Figura 11 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação em vermelho da região medições em movimento, Centro de Maringá.....	33
Figura 12 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação em vermelho das medidas em movimento , Avenida Colombo.....	34
Figura 13 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação em vermelho das medidas em movimento, Rodovia Maringá- Marialva.....	34
Figura 14 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena A, região Maringá – Marialva.....	49
Figura 15 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena B, região Maringá – Marialva..	50
Figura 16 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena A, região Maringá – Marialva (zoom região crítica).....	50
Figura 17 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena B, região Maringá – Marialva (zoom região crítica).....	51
Figura 18 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena A, região Avenida Colombo....	52
Figura 19 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena B, região Avenida Colombo....	52
Figura 20 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena A, região Avenida Colombo (zoom região crítica)	53

Figura 21 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena B, região Avenida Colombo (zoom região crítica).....	53
Figura 22 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena A, Centro Maringá.....	54
Figura 23 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena B, Centro Maringá.....	54
Figura 24 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena A, Centro Maringá (zoom região crítica).....	55
Figura 25 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena B, Centro Maringá (zoom região crítica).....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação da tecnologia de TV Dgital e TV Analógica.....	30
Tabela 2 – Valores medidos nos pontos fixos, parte 1, medidas qualitativas e quantitativas.....	38
Tabela 3 – Valores medidos nos pontos fixos, parte 2, medidas qualitativas e quantitativas.....	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Relação entre os pontos e o valor do nível de potência recebida (dBm) nos 48 pontos fixos medidos, quando a antena A de polarização Horizontal estava transmitindo.....	40
Gráfico 2 – Relação entre os pontos e o valor do nível de potência recebida (dBm) nos 48 pontos fixos medidos, quando a antena B de polarização elíptica estava transmitindo.....	41
Gráfico 3 – Nível médio recebido com a antena na polarização elíptica e na polarização horizontal, nos 48 pontos fixos, somente em Maringá e apenas nos municípios, recepção na horizontal.....	42
Gráfico 4 – Nível médio recebido com a antena na polarização elíptica e na polarização horizontal, nos 48 pontos fixos, somente em Maringá e apenas nos municípios, recepção na vertical.....	43
Gráfico 5 – Total de pontos com classificação OK na polarização elíptica e na polarização horizontal, nos 48 pontos fixos, somente em Maringá e apenas nos municípios, recepção na horizontal.....	44
Gráfico 6 – Total de pontos com classificação OK na polarização elíptica e na polarização horizontal, nos 48 pontos fixos, somente em Maringá e apenas nos municípios, recepção na vertical	45
Gráfico 7 – Total de pontos com classificação OK na polarização elíptica e na polarização horizontal, nos 48 pontos fixos, somente em Maringá e apenas nos municípios, recepção portátil.....	45
Gráfico 8 – Nível médio medido na polarização elíptica e na polarização horizontal, regiões em movimento, recepção em movimento (sistema portátil).....	47
Gráfico 9 – Percentual de pontos com valores abaixo de -75 dBm na polarização elíptica e na polarização horizontal, recepção em movimento (sistema portátil).....	48

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AM	Modulação em Amplitude
ATSC	<i>Advanced Television System Committee</i>
BTS	<i>Broadcast Transport Stream</i>
DTMB	<i>Digital Terrestrial Multimedia Broadcast</i>
DVB-T	<i>Digital Video Broadcasting Terrestrial</i>
ERP	Potência Efetivamente Radiada
FEC	<i>Forward Error Correction</i>
FM	Modulação em Frequência
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HD	<i>High Definition</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISDB-T	<i>Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LD	<i>Low Definition</i>
MER	<i>Modulation Error Rate</i>
MPEG-2	Protocolo de Transporte do <i>Motion Picture Experts Group</i>
MPEG-4	Padrão de codificação do <i>Motion Picture Experts Group</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
RFS	<i>Radio Frequency Systems</i>
RPC-TV	Rede Paranaense de Comunicação
SBTVD-T	Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre
SET	Sociedade Brasileira de Engenharia de Televisão
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
RF	Rádio Frequência

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	17
1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE ENSAIO	17
1.3.1 Características Técnicas da Estação Transmissora.....	17
1.3.1.1 Localização da estação transmissora.....	17
1.3.1.2 Especificação do canal a ser medido.....	18
1.3.1.3 Codificador	18
1.3.1.4 Modulador.....	18
1.3.1.5 Multiplexador.....	18
1.3.1.6 Transmissor.....	19
1.3.1.7 Linha de transmissão.....	19
1.3.1.8 Antena – Polarização Horizontal	19
1.3.1.9 Antena – Polarização Elíptica.....	20
1.3.2 Montagem do Sistema de Transmissão.....	21
1.3.3 Veículo de Medidas.....	23
1.3.3.1 Antenas de Recepção.....	23
1.3.3.2 Cabos de Recepção.....	24
1.3.3.3 Divisor.....	24
1.3.3.4 Medidores.....	24
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	25
2.1 O QUE É UMA ANTENA.....	25
2.2 CARACTERÍSTICAS DE UMA ANTENA.....	25
2.2.1 Diretividade e Ganho de Sistema de Irradiação.....	25
2.2.2 Largura de Banda.....	25
2.2.3 Diagrama de Irradiação.....	26
2.2.4 Inclinação ou Tilt.....	26
2.2.5 Polarização.....	26

2.3 TIPOS DE ANTENAS.....	27
2.4 O QUE É PROPAGAÇÃO.....	28
2.5 UNIDADES DE MEDIDA.....	28
2.5.1 – dBmW.....	28
2.5.2 – MER.....	28
2.6 CONCEITOS DE TV DIGITAL.....	28
2.7 VANTAGENS DO SISTEMA DE TV DIGITAL EM RELAÇÃO AO SISTEMA ANALÓGICO.....	29
2.8 CAMADAS DE TELEVISÃO DIGITAL.....	30
3. TESTES E RESULTADOS.....	31
3.1 DEFINIÇÕES DOS PONTOS DE MEDIDA.....	31
3.2 MEDIDAS SINAL DIGITAL CANAL 41 – PONTOS FIXOS.....	35
3.3 MEDIDAS SINAL DIGITAL CANAL 41 – PONTOS MÓVEIS.....	36
3.4 ANÁLISE DE DADOS.....	36
3.4.1 Análise dos Pontos Fixos.....	37
3.4.2 Análise dos Pontos Móveis.....	46
4. CONCLUSÃO.....	57
5. REFERÊNCIAS.....	59

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre, SBTVD-T, foi instituído pelo Decreto 4.901, de 23 de novembro de 2003. Seus objetivos foram promover a inclusão social, a diversidade cultural e a democratização da informação, e também elaborar um modelo de referência para a TV Digital terrestre no Brasil.

Em 2004 iniciaram-se 18 projetos envolvendo 20 consórcios, dos quais participaram 105 instituições de pesquisa e desenvolvimento. Entre os resultados deste trabalho foi gerado um conjunto de recomendações para o modelo de referência, que foram adotadas pelo governo.

Em junho de 2006, o Decreto 5.280 oficializou a implantação do SBTVD-T tomando por base o padrão de sinais Japonês ISBD-T (*Integrated Services Digital Broadcasting*) e incorporando algumas inovações tecnológicas. Dentre as inovações, destacam-se o uso do padrão MPEG-4 (padrão de codificação do *Motion Picture Experts Group*) para codificação de vídeo e a adoção do middleware Ginga.

Após um período de testes, foi lançada a TV Digital brasileira em 2 de dezembro 2007, em São Paulo. A TV Digital conta com os inúmeros benefícios da nova tecnologia, entre eles: qualidade superior de vídeo (alta definição) e áudio (estéreo e 5.1 canais), novos serviços, mobilidade, portabilidade e interatividade.

A TV Digital aberta é recebida gratuitamente em 457 municípios, conforme dados relativos a cobertura da TV digital divulgados em 26 de junho de 2012 pelo Fórum SBTVD (Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre). De acordo com dados do Censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), esses municípios possuem uma população somada de aproximadamente 86.641.005 pessoas, o que equivale a 45,4% dos brasileiros.

Ainda segundo o fórum SBTVD, a base total de televisores ultrapassa os 106 milhões no Brasil. Hoje existem 16 milhões de televisores na casa dos telespectadores que recebem televisão digital e o governo estima que até 2015 sejam 70 milhões de aparelhos adicionais capazes de receber TV Digital.

Nesse contexto, as emissoras tem procurado digitalizar suas transmissões e a indústria está desenvolvendo dispositivos que auxiliem na popularização da TV digital. Entretanto, ainda há vários pontos a serem vencidos para a massificação da TV Digital no Brasil. Entre eles, podem-se destacar a necessidade de investimento

por parte dos radiodifusores e a definição de critérios que possibilitem a identificação das melhores alternativas de implantação e tecnologia disponível.

A correta escolha da antena de transmissão com suas características técnicas podem facilitar a propagação do sinal e contribuir para a adesão da população a tecnologia de televisão digital. Na tarefa de identificação dessa antena, algumas características necessitam ser analisadas e investigadas. Destacando-se:

- ganho do sistema de irradiação,
- altura a ser instalada a antena,
- forma de instalação desta antena (topo ou na lateral da torre),
- azimute de orientação,
- antena terá inclinação da vertical,
- tilt elétrico ou tilt mecânico,
- eficiência energética,
- tipo de diagrama de irradiação a ser utilizada:
 - omnidirecional,
 - diretivo,
 - cardioide,
- quantidade de elementos na antena:
 - 2 fendas,
 - 4 fendas,
 - 6 dipolos,
 - 8 dipolos,
- tipo de polarização: horizontal, vertical ou elíptica.

A TV Digital permite a recepção de seus sinais em aparelhos móveis, o que tem incentivado os fabricantes de antenas a desenvolver soluções de antenas com outros tipos de polarização, entre elas, polarização elíptica. No mercado brasileiro, a indústria começou a fabricar este tipo de antena a menos de dois anos.

Poucos são os relatos que descrevem as vantagens da implantação das antenas de polarização elíptica para a recepção em antenas fixas nas residências ou nos receptores portáteis. Nesse contexto, destaca-se a relevância deste trabalho que busca estudar a recepção de TV Digital em função da transmissão de sinal com a antena na polarização elíptica quando comparada com a implantação de uma antena tradicional com polarização horizontal.

1.1 JUSTIFICATIVA

O sistema hierárquico da TV Digital brasileiro permite que o canal tenha conteúdos com parâmetros de codificação diferenciados que são sintonizados por dispositivos de propriedades distintas: recepção fixa, recepção móvel e portátil. O desafio está, portanto, em permitir com que todos os diferentes receptores tenham uma qualidade de serviço boa da maneira mais eficiente.

Em relação à propagação de sinais, a polarização horizontal favorece o alcance da estação, uma vez que os sinais estão menos propensos a reflexão e as ondas podem-se propagar livremente. Esta polarização foi amplamente empregada na televisão analógica, pois a intenção era garantir maior área de cobertura favorecendo a recepção com antena externa.

Já com a polarização vertical, o sinal apresenta maior atenuação em função da quantidade de obstáculos em seu caminho, sofrendo maior índice de reflexão. Porém essa polarização permite uma maior intensidade de sinal ao nível do solo, favorecendo a recepção portátil. Esta polarização é conhecida das transmissões de FM e AM, para recepção em rádios portáteis ou em veículos com antenas lineares.

Recentemente, parte da indústria aponta para supostos benefícios da polarização elíptica. Do ponto de vista da eficiência energética esta polarização é a menos aconselhada. Operar um sistema de polarização elíptica exige aumentar a potência de transmissão, aumentando consideravelmente o custo operacional, segundo artigo publicado pela empresa Kathrein Mobilcom Brasil, porém os benefícios de recepção podem justificar este custo operacional.

Existe uma grande probabilidade de que a polarização vertical apresente uma melhora na captação em ambientes de alta densidade urbana. Em contrapartida essa mesma probabilidade existe para que a polarização horizontal tenha um melhor desempenho em zonas rurais. Como todo o parque de transmissão está sendo renovado, uma pesquisa e inovação neste campo devem ser estudadas o quanto antes.

Até o presente momento ainda não são muitos os estudos de medidas de campo para avaliar a recepção dos sinais de televisão digital com a polarização elíptica em relação à polarização horizontal e o quanto isso é importante e relevante. Podemos citar um estudo nessa área, o trabalho realizado pela Valderez de Almeida Donzelli que estudou a eficiência e o desempenho das antenas para transmissão da

TD Digital, trabalho realizado para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica na Universidade Mackenzie. Algumas emissoras implantaram a polarização elíptica em seus sites de transmissão, mas de forma empírica supondo uma maior facilidade de recepção do sinal digital.

Segundo o coordenador de Pesquisa e Desenvolvimento na RPC-TV, professor de Engenharia Elétrica da Universidade Positivo e integrante do Comitê de Ensino da SET, José Frederico Rehme, em seu artigo publicado na Revista Set 2012:

“... Enfatizamos que um bom estudo de cobertura e definição de características do sistema irradiante, no entanto, é fundamental, obtendo eficiência entre potência irradiada \times área atendida, mas muitas vezes tal atividade não é considerada como deveria.

Uma discussão ainda corriqueira e sem uma resposta consensual trata da polarização do sinal: horizontal, circular, elíptica e em que relação H/V? Provavelmente nunca teremos uma resposta única e nem uma que se aplique para todos os casos. A topografia, a ocupação do solo, a localização do site de transmissão em relação ao núcleo urbano que se deseja atingir, a ênfase no serviço HDTV ou na recepção portátil ou móvel deverão influenciar na decisão a respeito da polarização. Ainda não são muitos os estudos, teóricos ou de experimentação em campo sobre o assunto.”

Realizar medições nos sinais, em uma polarização e em outra, pode trazer informações relevantes sobre estes benefícios.

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados o objetivo geral e objetivos específicos deste trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

- Modelo de experimento e comparação da recepção da TV Digital em função da transmissão de sinal com antena na polarização elíptica e horizontal.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar a arquitetura de testes a serem realizados, especificando equipamentos e infraestrutura componentes do sistema;
- Caracterizar os tipos de antenas utilizadas na transmissão;
- Caracterizar as medidas feitas em campo;
- Especificar equipamentos e estrutura de medidas e monitoração;
- Identificar e projetar as mesmas condições de propagação para ambas as antenas;
- Definir na cidade de Maringá e região metropolitana os pontos de medição do sinal (distribuídos geograficamente e por critérios de dificuldade de recepção), estimar e limitar tempo de medidas;
- Executar testes em campo;
- Apresentar e comparar os resultados obtidos em campo.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE ENSAIO

O projeto tem por objetivo a avaliação da recepção da TV Digital em função da transmissão de sinal com antena na polarização elíptica e horizontal na região de Maringá. Quanto isso significa em facilidade na recepção fixa da casa do telespectador, no seu receptor móvel ou portátil.

O sistema será composto por modulador, multiplexador, transmissor, antenas de transmissão e recepção, receptor fixo, móvel e portátil.

1.3.1 Características Técnicas da Estação Transmissora

Nesta seção é abordada a localização da estação transmissora, com especificação do canal a ser medido, informações do codificador, modulador, multiplexador, transmissor, linha de transmissão, características da antena de polarização horizontal e características técnicas da antena de polarização elíptica.

1.3.1.1 Localização da estação transmissora

A estação transmissora, conforme ilustra a imagem de satélite da Figura 1, está localizada nas coordenadas geográficas : 23° 25' 29,3" S e 51° 57' 13,7" W, situada na rua Santa Joaquina de Vedruna, 625, Zona 05, cidade de Maringá, Estado do Paraná.



Figura 01 - Imagem Google localização do Ponto de Transmissão

Fonte – Google Earth

1.3.1.2 Especificação do canal medido

O canal utilizado para os experimentos é em UHF (*Ultra High Frequency*), canal 41, com uma banda de 6 MHz, frequência 632 a 638 MHz, com máxima potência efetivamente irradiada (ERP Max): 25 kW; sendo a potência máxima definida pela fórmula:

$$\text{ERP max} = \text{PT} \times \text{GT}(\text{max}) \times \text{EF}$$

PT: Potência de saída do transmissor, em kW.

GT(MAX): Ganho máximo do sistema irradiante, em vezes

EF: Eficiência da linha de transmissão.

1.3.1.3 Codificador

O Codificador divide o sinal em HD (*High Definition*), que ocupa doze segmentos da banda, para testes de recepção fixa em H.264, e outro em LD (*Low Definition*) ou *baseline* que ocupa um segmento, para testes de recepção portátil: H.264.

1.3.1.4 Modulador

O modulador recebe o BTS (*Broadcast Transport Stream*) com codificação e modulação OFDM e taxa até 32 Mbps.

1.3.1.5 Multiplexador

O multiplexador tem duas camadas; para ensaios de TV HD e portátil, o sistema de transmissão pode ser configurável no multiplexador, tal como o modo de

transmissão, FEC (Forward Error Correction), intervalo de guarda, entre outros parâmetros.

1.3.1.6 Transmissor

O fabricante e modelo do transmissor não serão informados devido à confidencialidade dos testes; a potência de operação é de 3,6 kW.

1.3.1.7 Linha de transmissão

A linha de transmissão a ser usada para alimentar o transmissor a antena é do tipo coaxial 50 Ohms, diâmetro de 1 5/8" e comprimento de 64 metros. O fabricante é a empresa Radio Frequency Systems(RFS), modelo HCA-158-50J, com uma eficiência de catálogo conforme comprimento e bitola em torno de 0,93 de acordo com referência do fabricante.

1.3.1.8 Antena – Polarização Horizontal

O fabricante e modelo da antena não serão informados devido à confidencialidade dos testes. Antena do tipo slot, com um ganho de 7,32 dBd ou 5,39 vezes, com uma altura do centro irradiante de 54,05 m e orientação do seu diagrama de irradiação em 0° graus NV. Para os testes denominaremos como Antena A. O diagrama horizontal e corte de elevação, diagrama vertical, são ilustrados na Figura 2.

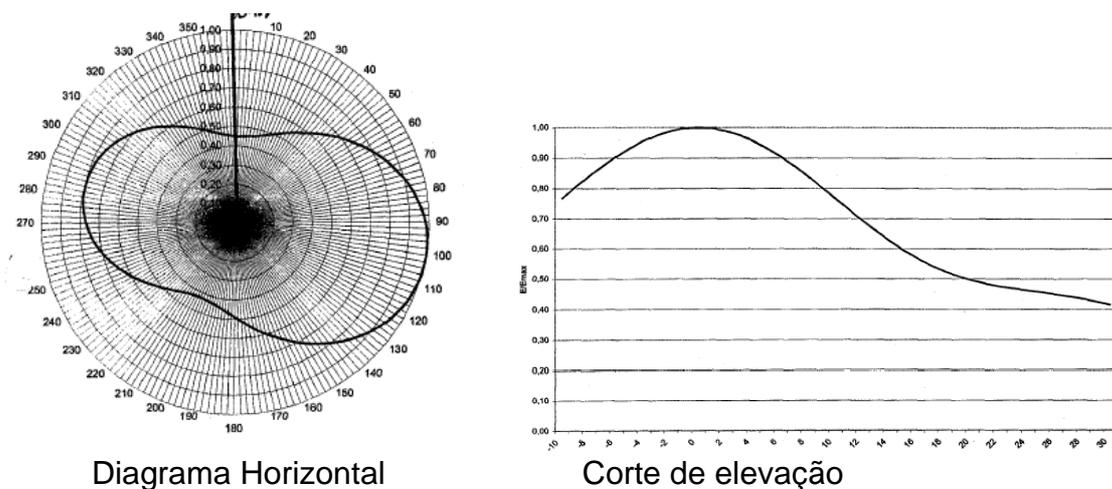


Figura 02 – Diagrama horizontal e diagrama vertical da antena A

Fonte: Autoria Própria

1.3.1.9 Antena – Polarização Elíptica

O fabricante e modelo da antena não serão informados devido à confidencialidade dos testes. A Antena é do tipo slot, com um ganho de 6,44 dBd ou 4,41 vezes, na horizontal e ganho de 3,8 dBd ou 2,4 vezes na vertical. A divisão de potência da antena é assimétrica, 70% da potência para a polarização horizontal e 30% para a polarização vertical. Altura do centro irradiante é de 54,00 m e orientação do seu diagrama de irradiação em 0° graus NV. Para os testes denominaremos como Antena B. O diagrama horizontal e corte de elevação, diagrama vertical são demonstrados na Figura 2.

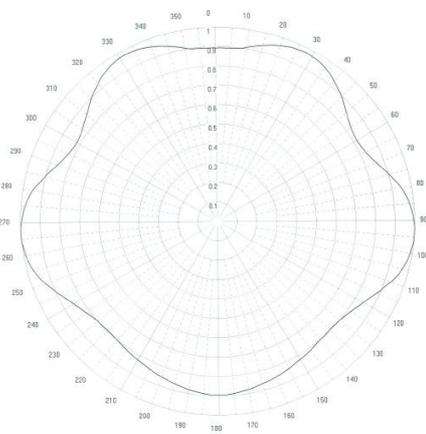


Diagrama Horizontal

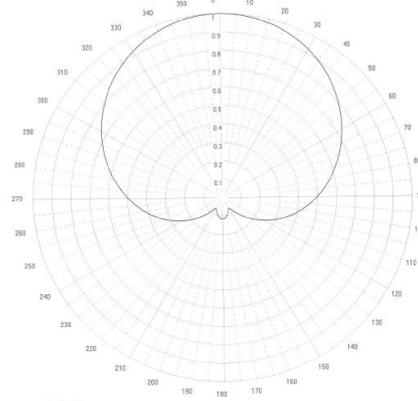
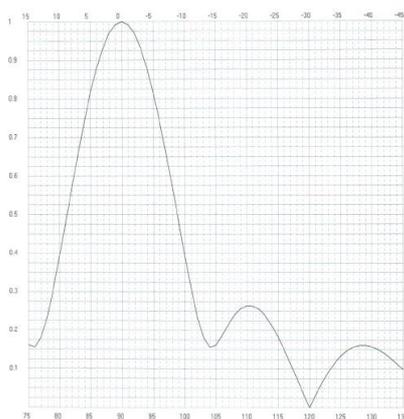


Diagrama Vertical



Corte de elevação

Figura 03 – Diagrama horizontal e diagrama vertical da antena B

Fonte – Autoria própria

1.3.2 Montagem do Sistema de Transmissão

O transmissor foi instalado em sala adequada, com temperatura controlada e sistema de aterramento. O sistema de transmissão tem opção de trabalhar com dois codificadores: um para codificação de baixa resolução (LD), fornecendo sinal para o segmento correspondente à transmissão para recepção portátil, e outro para alta resolução (HD), que ocupa doze segmentos, correspondendo à transmissão para recepção fixa em alta definição. A combinação dos dois sinais foi feita no multiplexador de duas camadas.

As antenas de transmissão foram instaladas a aproximadamente 54 metros, conforme apresentado na figura 4 abaixo, uma em cada lado/montante da torre de transmissão. Uma só na transmissão com polarização horizontal (aqui será denominada, antena A) e outra com a polarização elíptica (denominada antena B) e com a mesma potência irradiada.

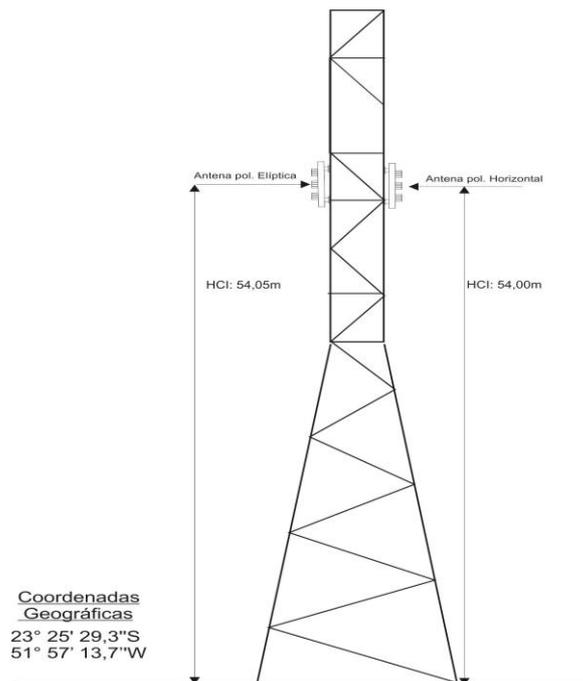


Figura 04 – Esquemático da torre de transmissão com a instalação das duas antenas na torre e seu posicionamento.

Fonte – Autoria própria

Como as antenas para os testes foram de fabricantes diferentes, mesmo sendo do mesmo tipo (slot), algumas características técnicas são um pouco diferentes, entre eles, o ganho. A proposta foi de ajustar a potência do transmissor para que a

potência irradiada pelas duas antenas seja a mesma, deixando apenas o parâmetro polarização ser considerado.

Para a caracterização da mesma potência irradiada para as duas antenas, visto que o ganho de cada antena é fixo assim como a eficiência da linha de transmissão, sendo necessário a mesma potência irradiada nas duas antenas, foi necessário ajustar a potência do transmissor.

Dados do sistema:

Eficiência do cabo (igual para duas antenas) = 0,93

Calculo do ganho da antena em dBd para vezes.

$$\text{Ganho vezes} = \text{antilog } G(\text{dBd})/10$$

Para a antena de Polarização Horizontal: 7,32 dBd = 5,39 vezes

Para a antena de Polarização Elíptica: 6,44 dBd = 4,41 vezes

A fórmula do ERP máxima é dada da seguinte forma:

$$\text{ERP max} = \text{PT} \times \text{GT}(\text{max}) \times \text{EF}$$

PT: Potência de saída do transmissor, em kW.

GT(MAX): Ganho máximo do sistema irradiante, em vezes

EF: Eficiência da linha de transmissão.

Potência máxima irradiada para Antena – Polarização Elíptica

$$\text{ERP max} = \text{PT} \times \text{GT}(\text{max}) \times \text{EF}$$

$$\text{ERP max} = 3,6\text{KW} \times 4,41 \text{ vezes} \times 0,93$$

$$\text{ERP max} = 14,76 \text{ KW}$$

Potência máxima irradiada para Antena – Polarização Horizontal

$$\text{ERP max} = \text{PT} \times \text{GT}(\text{max}) \times \text{EF}$$

$$14,76 \text{ K} = \text{PT} \times 5,39 \text{ vezes} \times 0,93$$

$$\text{PT} = 2,94 \text{ KW}$$

Contudo, ao serem feitas as medidas de campo da antena com polarização horizontal foi ajustado a potência do transmissor para 2,94 kW e quando foram feitas as medidas da antena com polarização elíptica foi ajustada a potência nominal do transmissor para 3,6 kW, com isso, as duas antenas estavam com a mesma potência máxima irradiada.

1.3.3 Veículo de Medidas

Para a monitoração dos pontos de recepção, tanto fixos quanto portáteis, foi utilizado um veículo de medidas. O sistema é composto por antenas domésticas, medidores de campo adequado para tais medidas, GPS para localização dos pontos, monitores de TV, conversor para recepção do sinal digital, cabos coaxiais, divisores e mastro com altura de 8m onde são fixadas as antenas e câmera. A seguir são descritas as antenas de recepção usadas, tipos de cabo de recepção, tipos de medidores.

1.3.3.1 Antenas de Recepção

Seguem as antenas utilizadas para recepção:

- Duas antenas UHF Proeletronic modelo Banda total, frequência de 470 – 890 MHz, canal 14 ao 83, 8 elementos, ganho 11dBi, para medidas do canal 41 Digital.

Um delas, instalada no mastro do carro como normalmente um telespectador instalaria em sua residência, na posição horizontal e outra instalada na vertical, conforme figura 05 ilustrada a seguir.



Figura 05 – Foto da antena receptora instalada na vertical e horizontal

Fonte – Autoria própria

O Objetivo é mensurar a diferença de nível de recepção nas duas polarizações lineares, nas duas condições de transmissão: apenas horizontal, através da antena A, e na polarização elíptica, com as componentes horizontal e vertical, através da antena B.

- Antena omnidirecional, monopole, para recepção do sistema em movimento, conforme demonstrado na figura 06.



Figura 06 – Antena receptora omnidirecional

Fonte – Autoria própria

1.3.3.2 Cabos de Recepção

Os cabos utilizados para as conexões das antenas e medidores são:

- Cabo coaxial RG 06, com 10 m de comprimento, para ligação das antenas de recepção ao analisador de espectro e monitor.
- Cabo de rede com conexão padrão Ethernet e AC para alimentar câmera no topo do mastro, onde é registrado o apontamento da antena.
- Cabo coaxial RG 06, com 2 m de comprimento, ligado diretamente na antena externa do carro para medida em movimento.

1.3.3.3 Divisor

Utilizou-se um divisor com uma entrada e duas saídas, dividindo o sinal para o medidor de campo e a TV, para monitoração ao mesmo tempo do sinal e da imagem.

1.3.3.4 Medidores

Para medidas quantitativas foi utilizado um analisador de espectro, do fabricante Agilent, e para as medidas qualitativas um televisor com conversor externo para os sistemas HD e LD.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O QUE É ANTENA

Antena é definida pelo dicionário como: "Um dispositivo metálico para irradiar ou receber ondas de rádio". As antenas constituem a parte essencial de todo sistema de comunicação uma vez que são responsáveis por receber e transmitir ondas eletromagnéticas. Por sua natureza, deduz-se que a antena ocupa sempre o último lugar na cadeia de transmissão e o primeiro lugar na cadeia de recepção, daí a importância de seu estudo e entendimento para as telecomunicações.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE UMA ANTENA

Vários fatores podem influenciar diretamente no funcionamento de uma antena: projeto, estrutura e características. Nesta análise destacam-se algumas características:

2.2.1 Diretividade e Ganho de Sistema de Irradiação

A diretividade de uma antena pode ser definida como a capacidade de concentrar a potência irradiada em uma determinada direção. Rios (2002) afirma que, por ser uma grandeza adimensional, a diretividade é representada por um ângulo sólido onde a potência irradiada irá se propagar com intensidade constante e igual ao seu valor máximo.

Já o ganho de uma antena pode ser representado pela eficiência da antena na direção que sua irradiação é máxima ou quanto uma antena concentra mais energia e tem mais eficiência em relação à outra antena. De um modo geral pode-se dizer que o ganho é o desempenho de uma antena com base na potência irradiada, e para chegar a esses valores de ganho são feitas comparações dos valores de densidade de potência irradiada por uma antena e os valores irradiados por um irradiador isotrópico de mesma potência, representada matematicamente pela fórmula, $G = n.D$.

2.2.2 Largura de Banda

A largura de banda determina qual é a faixa de frequência que a antena vai operar e as suas características. A largura de banda pode ser limitada pela impedância, ganho, posição do lóbulo central, entre outros fatores. De um modo geral a

largura de banda é definida em função dos critérios adotados na sua construção. Segundo Rios e Perri (2002), para o bom funcionamento de uma antena temos que levar em conta algumas considerações no momento da construção:

- Frequência ou faixa de frequência de utilização que a antena vai operar;
- Qual será o diagrama de irradiação que se deseja;
- O ganho necessário para atender as exigências do projeto;
- Qual vai ser impedância necessária para obter êxito no casamento com a alimentação;
- Que tipo de polarização será utilizado na antena;

Entre outros fatores que irão depender da finalidade ou da frequência de uso da antena.

2.2.3 Diagrama de Irradiação

O diagrama de irradiação de uma antena está ligado diretamente com a sua polarização e com sua diretividade, e assim podem-se definir quais são as direções do campo elétrico que a antena está emitindo. Com base na polarização pode-se definir em qual diagrama de irradiação a antena está operando podendo ser diagrama horizontal ou vertical ou plano H e plano E onde o lóbulo principal vai definir os ângulos de meia potência e o máximo ganho.

2.2.4 Inclinação ou Tilt

Tilt representa a inclinação do feixe de uma antena em relação ao seu eixo principal, e afeta diretamente o diagrama de irradiação. Existem dois tipos de tilt e que podem ser classificados como Tilt Elétrico ou Tilt Mecânico.

Tilt Mecânico – é obtido com a inclinação física da antena através do suporte, sem alterar a fase dos sinais de entrada.

Tilt Elétrico – é obtido através da mudança de fase do sinal de cada elemento da antena. Ocorre a inclinação do feixe mesmo mantendo-se a antena no prumo.

2.2.5 Polarização

Polarização é uma característica muito importante de uma antena, pois é com base na posição do vetor campo elétrico que é definido como a antena vai operar na emissão do sinal enviado para os receptores. A polarização de uma antena pode ser

linear, circular ou elíptica dependendo das amplitudes e fases das componentes ortogonais que compõem o campo elétrico da onda irradiada ou como a mesma está orientada em relação ao solo.

2.3 TIPOS DE ANTENA

Vários tipos de antenas podem ser empregados para transmissão dos sinais de TV. Como sua principal função é a transferência de potência entre o transmissor e o telespectador, o tipo da antena utilizada vai variar de acordo com a região a ser atendida. Entre os tipos de antenas podemos destacar algumas de acordo com a seu diagrama horizontal (ou forma de distribuição de energia no plano horizontal), podendo ser: omnidirecional, que irradia o sinal em todas as direções, diretiva, que irradia o sinal com maior potência em uma direção ou em um conjunto de ângulos.

Analisando somente as antenas transmissoras para TV Digital UHF pode-se citar diferentes tipos de antenas, como painel, slot, supertunstile, entre outras, ilustradas na figura 07 abaixo:



Figura 07- Imagens de tipos de antena

Fonte – Autoria própria

2.4 O QUE É PROPAGAÇÃO

Conforme o dicionário Aurélio, propagação é a ação ou efeito de propagar, extensão, difusão, modo de transmissão das ondas sonoras ou luminosas. A propagação é feita em linha reta quando não existe nenhum obstáculo ou quando a onda sofre influência de nenhum tipo de fenômeno com refração ou difração.

2.5 UNIDADES DE MEDIDAS

Algumas unidades de medida citadas no trabalho são apresentadas as seguir:

2.5.1 – dBmW

É uma abreviação para a taxa de potência em decibéis [dB] em relação a 1 mW. A conversão de mW para dBm se dá pela seguinte fórmula:

$$x[\text{dBmW}] = 10 \log_{10}(1000P)$$

Sendo P a potência em Watts [W].

2.5.2 - MER

Mer é a abreviação para *Modulation Error Rate* e é a medida usada para quantificar o desempenho de um transmissor de sinal digital e do canal ou meio de propagação. Tal medida quantifica a diferença de posição dos pontos da constelação do sinal quando recebido e compara com a posição ideal da constelação.

A MER de um sinal pode ser obtida pela seguinte fórmula:

$$MER [dB] = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{sinal}}}{P_{\text{erro}}} \right)$$

Onde P_{sinal} é o valor RMS da potência do sinal ideal; e P_{erro} é o valor RMS da potência do vetor erro (gerado pelo plano de diferença ente o ponto de constelação ideal e o ponto recebido).

2.6 CONCEITOS DE TV DIGITAL

O conceito de televisão propriamente dito surgiu no século XX, sendo utilizada a tecnologia analógica para transmissão de vídeo e áudio e gerou uma revolução no campo de telecomunicações. A tecnologia analógica pode apresentar várias limitações, dentre elas, a qualidade de imagem e o uso de canhão de elétrons para impressão da imagem em tela.

Com o avanço dos estudos na área de telecomunicações, surgiu o conceito de TV digital, há mais de duas décadas, associado ao desenvolvimento da TV de alta definição, nos Estados Unidos, no Japão e na Europa. Desde então, a tecnologia vem sendo aprimorada e ganhando espaço.

Os estudos para o desenvolvimento da transmissão digital de televisão começaram na década de 1970 no Japão. O mundo usa, basicamente, quatro padrões diferentes de transmissão:

- ATSC (*Advanced Television System Committee*) padrão norte-americano desenvolvido a partir de 1987);
- DVB-T (*Digital Video Broadcasting*) padrão europeu projetado a partir dos anos 80);
- ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*) padrão japonês projetado a partir dos anos 70 e evolução do sistema DVB-T);
- DTMB (*Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*), padrão chinês ainda em desenvolvimento.

No Brasil, a TV digital chegou apenas como testes de padrões de outros países no governo Fernando Henrique e teve autorização para a pesquisa de implantação de um padrão nacional (SBTVD – Sistema Brasileiro de TV Digital) em 23 de novembro de 2003. O país usa o ISDB-TB, versão brasileira do penúltimo padrão listado, autorizado em junho de 2006.

2.7 VANTAGENS DO SISTEMA DE TV DIGITAL EM RELAÇÃO AO SISTEMA ANALÓGICO

Comparando os dois sistemas, seguem vantagens da TV Digital em relação ao sistema analógico:

- Qualidade da imagem com maior grau de resolução, alta definição;
- Som com qualidade estéreo e surround;
- Interatividade com a possibilidade de obter mais informação sobre os programas;
- Apresenta uma melhor utilização do espectro de frequência devido a sua imunidade a interferência no sinal o que possibilita a utilização de canais adjacentes.
- Qualidade do sinal - livre de interferências;

- Mobilidade – permite a recepção do sinal em deslocamento.
- Outras diferenças são destacadas na tabela 1 abaixo:

Fator	Analógico	Digital
Resolução	525 linhas (4:3)	1080 linhas (16:9) 720 a 480 linhas (16:9) ou 1920×1080 pixels (HDTV) e 640×480 (SDTV)
Imagem	Degrada	Não degrada
Novos Recursos	Nenhum	Interatividade (datacasting) Múltiplos fluxos de áudio e vídeo
Otimização do espectro	Uso do espectro limitado por interferências	Possível uso de canais adjacentes
Interatividade	Através de outros recursos (internet – telefone – celular)	Imediato, através do próprio aparelho – Canais de Áudio, Jogos e Compras
Interferência	Sim	Nunca
Programação	Única	Múltipla – até 6 programações por canal
Formato de imagem	4:3 (vertical)	16:9 (mais horizontal)
Som	Mono ou estéreo (até 2 canais)	Dolby Digital (até 6 canais)
Impressão em tela	Canhão de elétrons	Em bits

Tabela 1- Comparação da tecnologia de TV digital e TV analógica

Fonte – Autoria própria

2.8 CAMADAS DA TELEVISÃO DIGITAL

O ISDB-T possui 13 segmentos na banda de 6 MHz e podem ser configurados de modo independente. Atualmente as emissoras de televisão tem utilizado 1/13 da banda para o sistema portátil (*oneseg*) 12/13 da banda para o sinal HD. A figura 08 a seguir ilustra como as emissoras de televisão têm dividido sua banda.

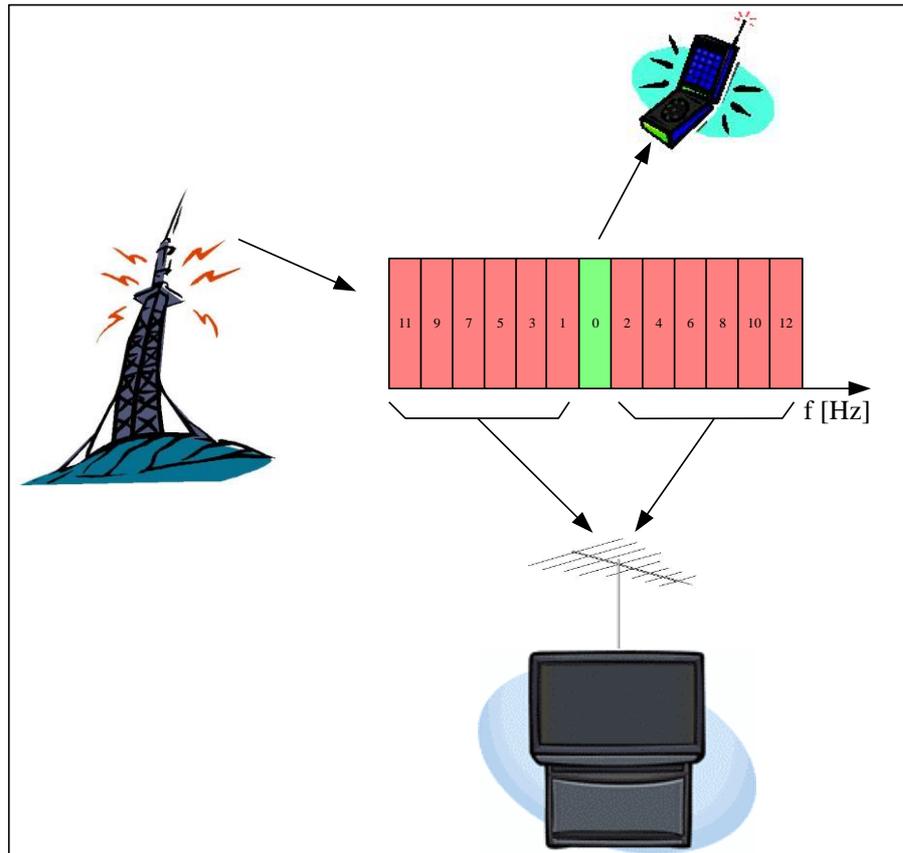


Figura 08 – Desenho do sistema de camadas dentro do canal de 6 MHz.

Fonte – Autoria própria.

3. TESTES E RESULTADOS

Nesta seção são abordados como foram definidos os pontos de medidas, como foram feitas as medidas de sinal digital do canal 41 nos pontos fixos e nos pontos em movimento e a análise dos resultados obtidos nestes dois formatos de teste, pontos fixos e pontos móveis.

3.1 DEFINIÇÕES DOS PONTOS DE MEDIDA

Para avaliação da observação de situações que possam interferir na recepção do sinal e avaliação da influência das antenas com polarizações horizontal e elíptica, foram escolhidos 48 pontos fixos, 30 pontos dentro de Maringá e outros 18 pontos em outros 11 municípios próximos a Maringá, tais como Marialva, Ângulo, Paiçandu, Sarandi, Astorga, Mandaguaçu, Floresta, Itambé, Bom Sucesso e Mandaguari e aproximadamente 2000 pontos capturados em movimento.

Foram medidos os pontos fixos e móveis sendo transmitidos por uma antena A e repetidos os mesmos pontos na outra antena B.

Conforme demonstrado na figura 09 abaixo, os 30 pontos fixos foram distribuídos em Maringá. O ponto em vermelho indica o posicionamento da estação transmissora. A figura 10 mostra todos os pontos medidos em Maringá e nos municípios próximos.



Figura 09 – Imagem de satélite Google Earth com a sobreposição dos 30 pontos medidos em Maringá
Fonte – Autoria própria

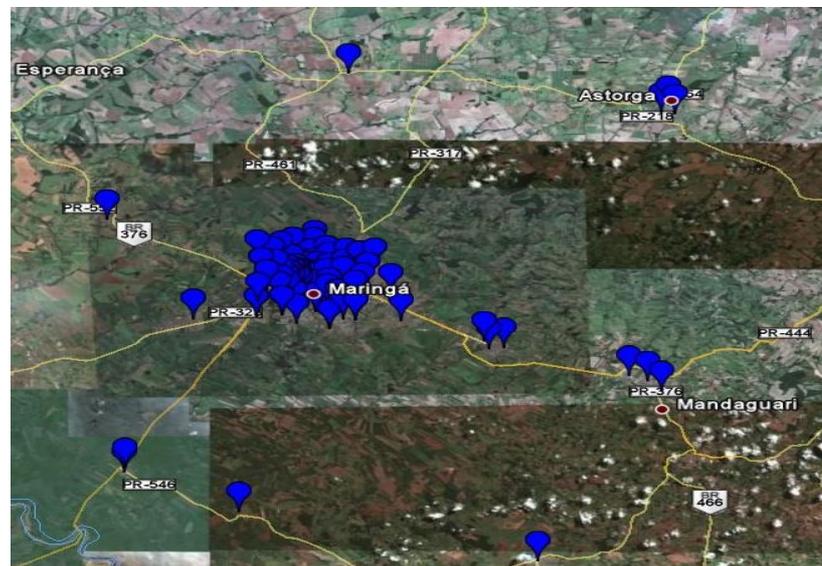


Figura 10 – Imagem de satélite Google Earth com a sobreposição dos pontos medidos em Maringá e nos municípios ao redor, totalizado 48 pontos.

Fonte – Autoria própria

Em cada ponto foi necessário um tempo de aproximadamente nove minutos para o ensaio: dois minutos para subida e descida do mastro telescópico, um minuto para observação do sinal no monitor HD; um minuto no monitor portátil; três minutos

3.2 MEDIDAS SINAL DIGITAL CANAL 41 – PONTOS FIXOS

Foram realizadas as medidas do sinal digital relatadas a seguir, para cada uma das antenas:

- Potência recebida em dBm.
- Formatação do espectro (máscara).
- Ruídos presentes no local, relação C/N (dBm).
- Taxa de Erro de Símbolo (MER – *Modulation Error Rate*).
- Verificação de ocorrência de artefatos no vídeo ou áudio, tanto do sistema HD, como no sistema LD, avaliado em monitor LCD 22 polegadas, observado por um período de 1 (um) minuto, em escala de graduação OK, ÑOK e SI, conforme descrição abaixo:
 - OK – Imagem e áudio em perfeito estado, não apresentam nenhum tipo de problema.
 - ÑOK – Imagem apresentou algum tipo de artefato (blocagem, mosquito noise, slice, congelamento, black ou problemas de áudio).
 - SI – Quando o sistema não consegue abrir a imagem, por motivo de sinal fraco, interferência ou ausência sinal.
- Análise também o sistema móvel (aparelho portáteis), nos mesmos critérios do sistema fixo, na graduação de OK, ÑOK e SI.

OBS: As medidas subjetivas de qualidade de vídeo foram baseadas nos critérios da recomendação ITU-R BT500-11.

Os procedimentos para cada ponto avaliado foram:

- Localização do ponto por endereço e coordenadas geográficas;
- Reconhecimento visual do ponto, analisando fatores que possam alterar ou degradar o sinal;
- Fotografia da área de medição;
- Fotografia apontamento da antena;
- Preparação dos equipamentos de captura e medição;
- Realização da análise objetiva (medidas com a antena instalada horizontalmente e outra instalada verticalmente).
- Realização da análise subjetiva: verificação de ocorrência de artefatos no vídeo ou áudio, tanto do sistema HD, como no sistema LD, avaliado em monitor

LCD 22 polegadas, observado por um período de 1 (um) minuto, em escala de graduação OK, ÑOK e SI

- Desmontagem dos equipamentos de captura e medição.

As imagens com o local de cada medida, visualização da antena, fotos de espectro, constelação, MER e EVM encontram-se de posse dos alunos que elaboraram este TCC para qualquer dúvida ou questionamento adicional.

3.3 MEDIDAS SINAL DIGITAL CANAL 41 – PONTOS MÓVEIS

Para a captação das medidas em movimento, foram instalados no carro de medidas uma antena monopole, um GPS, um analisador de espectro e um notebook com um software que foi desenvolvido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná em parceria com a RPC-TV, que consegue captar e combinar todas estas leituras, medindo o sistema *oneseg* (LD).

Com estas medidas é possível fazer uma análise do comportamento do sinal digital em movimento praticamente a cada 10 ou 15 metros dentro de uma região.

As medidas são captadas a cada 6 segundos com informações de coordenadas geográficas, nível de potência recebida e Taxa de Erro de Símbolo (MER – Modulation Error Rate) de cada ponto. Posteriormente é possível registrar numa planilha e processar os resultados.

Os procedimentos para as medidas de movimento:

- Conectar o GPS e analisador de espectro no computador;
- Conectar a recepção monopole, fixada ao carro;
- Com o carro em movimento em torno de 20 Km/h fazer o percurso determinado coletando as informações.
- Desmontagem dos equipamentos de captura e medição.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Após os dados coletados em campo, os resultados foram processados e comparados para identificação de qual das duas polarizações apresentou melhor resultado.

3.4.1 Análise dos Pontos Fixos

As tabelas 2 e 3 a seguir mostram todos os valores fixos medidos, tanto na recepção na horizontal quanto na recepção vertical para a antena de transmissão na polarização elíptica (antena B) quanto na polarização horizontal (antena A).

Foram medidos:

- Nível de potência recebida (dBm),
- Relação C/N (dBm),
- Análise subjetiva, verificação de ocorrência de artefatos no vídeo ou áudio, tanto do sistema HD, como no sistema LD, observado por um período de 1 (um) minuto, em escala de graduação OK, ÑOK e SI, conforme descrição no item 3.2.
- Análise também o sistema móvel (aparelho portáteis), nos mesmos critérios do sistema fixo, na graduação de OK, ÑOK e SI.

Nas últimas quarta colunas foi feita uma análise de comparação entre as diferentes antenas para a recepção na horizontal e para a recepção na vertical. Nos pontos onde antena de transmissão com polarização horizontal (antena A) foi melhor está destacado na coluna em amarelo, onde a antena de transmissão com a polarização elíptica (antena B) foi melhor a coluna está em verde.

Ponto	ANTENA (B) POLARIZAÇÃO ELÍPTICA									ANTENA (A) POLARIZAÇÃO HORIZONTAL									DIFERENÇA ENTRE AS ANTENAS			
	Recepção Horizontal				Recepção Vertical				Portátil	Recepção Horizontal				Recepção Vertical				Recepção Horizontal		Recepção Vertical		
	Medidas		Problemas		Medidas		Problemas			Medidas		Problemas		Medidas		Problemas		(B) Pol. Elíptica x (A) Pol. Horizontal	(B) Pol. Elíptica x (A) Pol. Horizontal			
	Nível (dBm)	C/N (dB)	HD	LD	Potência (dBm)	C/N (dB)	HD	LD		Potência (dBm)	C/N (dB)	HD	LD	Potência (dBm)	C/N (dB)	HD	LD	Potência (dB)	C/N (dB)	Potência (dB)	C/N (dB)	
1	-24,6	-48,4	OK	OK	-22,9	-46,7	OK	OK	OK	-19,5	-52,8	OK	OK	-24,8	-53,8	OK	OK	OK	-5,1	4,4	1,9	7,1
2	-35,0	-35,6	OK	OK	-33,3	-36,2	OK	OK	OK	-36,6	-44,2	OK	OK	-47,8	-27,7	OK	OK	OK	1,6	8,6	14,5	-8,5
3	-18,4	-49,3	OK	OK	-23,5	-48,2	OK	OK	OK	-21,4	-55,3	OK	OK	-31,3	-49,4	OK	OK	OK	3,0	6,0	7,8	1,2
4	-19,6	-39,7	OK	OK	-29,2	-49,8	OK	OK	OK	-20,8	-53,3	OK	OK	-30,7	-49,3	OK	OK	OK	1,2	13,6	1,5	-0,5
5	-24,8	-46,1	OK	OK	-30,2	-42,7	OK	OK	OK	-20,6	-42,4	OK	OK	-32,8	-36,0	OK	OK	OK	-4,2	-3,7	2,6	-6,7
6	-32,5	-39,4	OK	OK	-36,5	-39,2	OK	OK	OK	-29,5	-43,7	OK	OK	-50,4	-24,1	NOK	NOK	OK	-3,0	4,3	13,9	-15,1
7	-39,5	-32,3	OK	OK	-43,3	-28,4	OK	OK	OK	-40,6	-43,7	OK	OK	-55,8	-28,3	OK	OK	OK	1,1	11,4	12,5	-0,1
8	-49,7	-22,8	OK	OK	-48,2	-24,7	OK	OK	OK	-56,7	-17,4	OK	OK	-62,0	-8,5	OK	OK	OK	7,0	-5,4	13,8	-16,2
9	-65,3	-4,8	OK	OK	-62,8	-2,5	OK	OK	OK	-68,0	-6,2	NOK	OK	-70,2	-4,0	NOK	OK	OK	2,7	1,4	7,4	1,5
10	-27,6	-43,7	OK	OK	-31,3	-41,5	OK	OK	OK	-30,6	-49,3	OK	OK	-38,4	-44,3	OK	OK	OK	3,0	5,6	7,1	2,8
11	-25,7	-45,9	OK	OK	-42,1	-31,6	OK	OK	OK	-23,9	-47,0	OK	OK	-32,6	-40,1	OK	OK	OK	-1,8	1,1	-9,5	8,5
12	-54,9	-16,4	OK	OK	-57,4	-14,6	OK	OK	OK	-62,8	-11,5	OK	OK	-67,4	-4,2	NOK	OK	OK	7,9	-4,9	10,0	-10,4
13	-51,8	-20,4	OK	OK	-58,6	-13,0	OK	OK	OK	-45,6	-37,5	OK	OK	-54,0	-30,5	OK	OK	OK	-6,2	17,1	-4,6	17,5
14	-45,6	-24,7	OK	OK	-51,0	-17,8	OK	OK	OK	-46,6	-26,0	OK	OK	-61,0	-12,0	OK	OK	OK	1,0	1,3	10,0	-5,8
15	-32,5	-39,8	OK	OK	-36,7	-35,5	OK	OK	OK	-31,4	-49,3	OK	OK	-51,8	-27,5	OK	OK	OK	-1,1	9,5	15,1	-8,0
16	-56,4	-12,1	OK	OK	-61,7	-10,7	OK	OK	OK	-60,0	-21,3	OK	OK	-71,2	-12,7	OK	OK	OK	3,6	9,2	9,5	2,0
17	-42,8	-31,4	OK	OK	-47,8	-24,2	OK	OK	OK	-37,0	-46,1	OK	OK	-54,2	-29,8	OK	OK	OK	-5,8	14,7	6,4	5,6
18	-21,9	-48,6	OK	OK	-36,7	-34,3	OK	OK	OK	-26,0	-51,5	OK	OK	-38,2	-41,6	OK	OK	OK	4,1	2,9	1,5	7,3
19	-35,0	-37,2	OK	OK	-39,7	-34,3	OK	OK	OK	-32,2	-49,2	OK	OK	-54,9	-25,8	OK	OK	OK	-2,8	12,0	15,2	-8,5
20	-44,8	-27,2	OK	OK	-45,0	-27,7	OK	OK	OK	-41,0	-30,7	OK	OK	-53,8	-19,7	OK	OK	OK	-3,8	3,5	8,8	-8,0
21	-51,4	-19,0	OK	OK	-56,7	-4,7	OK	OK	OK	-53,7	-16,4	OK	OK	-60,0	-12,7	OK	OK	OK	2,3	-2,6	3,3	8,0
22	-49,3	-22,3	OK	OK	-59,5	-10,4	OK	OK	OK	-60,1	-12,7	OK	OK	-67,2	-3,6	NOK	OK	OK	10,8	-9,6	7,7	-6,8
23	-32,5	-39,2	OK	OK	-34,5	-36,7	OK	OK	OK	-39,5	-33,7	OK	OK	-47,4	-23,6	OK	OK	OK	7,0	-5,5	12,9	-13,1
24	-34,3	-36,4	OK	OK	-42,3	-29,3	OK	OK	OK	-32,6	-39,1	OK	OK	-48,0	-25,7	OK	OK	OK	-1,7	2,7	5,7	-3,6

Tabela 2 - Valores medidos nos pontos fixos, parte 1, medidas qualitativas e quantitativas.

Fonte – Autoria própria

Ponto	ANTENA (B) POLARIZAÇÃO ELÍPTICA									ANTENA (A) POLARIZAÇÃO HORIZONTAL									DIFERENÇA ENTRE AS ANTENAS			
	Recepção Horizontal				Recepção Vertical				Portátil	Recepção Horizontal				Recepção Vertical				Recepção Horizontal		Recepção Vertical		
	Medidas		Problemas		Medidas		Problemas			Medidas		Problemas		Medidas		Problemas		(B) Pol. Elíptica x (A) Pol. Horizontal		(B) Pol. Elíptica x (A) Pol. Horizontal		
	Nível (dBm)	C/N (dB)	HD	LD	Potência (dBm)	C/N (dB)	HD	LD		Potência (dBm)	C/N (dB)	HD	LD	Potência (dBm)	C/N (dB)	HD	LD	Potência (dB)	C/N (dB)	Potência (dB)	C/N (dB)	
25	-55,8	-19,7	OK	OK	-53,5	-21,2	OK	OK	OK	-60,4	-7,8	OK	OK	-65,3	-6,7	OK	OK	OK	4,6	-11,9	11,8	-14,5
26	-53,5	-18,0	OK	OK	-59,6	-12,3	OK	OK	OK	-59,0	-13,9	OK	OK	-69,0	-2,3	SI	OK	OK	5,5	-4,1	9,4	-10,0
27	-60,9	-9,2	OK	OK	-62,2	-9,3	OK	OK	OK	-62,2	-10,6	OK	OK	-67,4	-4,5	OK	OK	SI	1,3	1,4	5,2	-4,8
28	-60,3	-15,5	OK	OK	-56,4	-16,2	OK	OK	OK	-65,7	-9,4	NOK	OK	-68,8	-2,1	NOK	OK	NOK	5,4	-6,1	12,4	-14,1
29	-32,2	-40,0	OK	OK	-33,4	-37,2	OK	OK	OK	-34,9	-45,6	OK	OK	-46,0	-37,4	OK	OK	OK	2,7	5,6	12,6	0,2
30	-60,2	-13,4	OK	OK	-58,4	-14,3	OK	OK	OK	-74,0	-5,7	OK	OK	-75,7	-2,3	NOK	OK	SI	13,8	-7,7	17,3	-12,0
31	-45,8	-27,7	OK	OK	-52,2	-19,5	OK	OK	OK	-49,4	-22,4	OK	OK	-59,2	-12,2	OK	OK	OK	3,6	-5,3	7,0	-7,3
32	-53,1	-19,0	OK	OK	-54,4	-16,3	OK	OK	OK	-53,4	-19,7	OK	OK	-65,6	-5,5	OK	OK	OK	0,3	0,7	11,2	-10,8
33	-45,8	-25,3	OK	OK	-47,8	-25,3	OK	OK	OK	-46,9	-25,3	OK	OK	-57,2	-12,0	OK	OK	OK	1,1	0,0	9,4	-13,3
34	-58,3	-15,8	OK	OK	-60,9	-11,6	OK	OK	OK	-60,5	-9,4	OK	OK	-77,5	-4,7	SI	OK	OK	2,2	-6,4	16,6	-6,9
35	-61,3	-19,8	OK	OK	-71,2	-10,8	SI	OK	SI	-62,9	-8,5	OK	OK	-69,7	-3,0	OK	NOK	OK	1,6	-11,3	-1,5	-7,8
36	-63,2	-9,1	OK	OK	-64,4	-4,7	OK	OK	OK	-69,5	-1,3	SI	OK	-77,0	-4,5	SI	OK	SI	6,3	-7,8	12,6	-0,2
37	-45,5	-27,6	OK	OK	-48,0	-26,4	OK	OK	OK	-48,9	-22,3	OK	OK	-56,0	-16,6	OK	OK	OK	3,4	-5,3	8,0	-9,8
38	-79,3	-0,8	SI	OK	-80,2	-0,3	SI	SI	SI	-80,5	-1,3	SI	SI	-81,7	-0,4	SI	SI	SI	1,2	0,5	1,5	0,1
39	-69,2	-12,0	OK	OK	-67,8	-12,5	OK	OK	NOK	-74,0	-8,6	OK	OK	-80,4	-1,6	SI	OK	NOK	4,8	-3,4	12,6	-10,9
40	-46,8	-24,2	OK	OK	-45,8	-27,6	OK	OK	OK	-47,9	-25,0	OK	OK	-67,6	-4,6	OK	OK	OK	1,1	0,8	21,8	-23,0
41	-61,3	-19,8	OK	OK	-63,8	-19,8	SI	OK	SI	-57,0	-15,7	OK	OK	-64,2	-10,4	OK	OK	OK	-4,3	-4,1	0,4	-9,4
42	-77,7	-6,2	NOK	OK	-82,5	-2,4	SI	NOK	SI	-82,3	-1,3	SI	OK	-82,9	-0,8	SI	SI	SI	4,6	-4,9	0,4	-1,6
43	-54,6	-18,8	OK	OK	-67,1	-5,8	OK	OK	NOK	-69,4	-13,3	OK	OK	-73,7	-7,5	OK	OK	SI	14,8	-5,5	6,6	1,7
44	-68,7	-14,7	OK	OK	-81,2	-3,2	SI	NOK	SI	-73,0	-11,3	OK	OK	-79,3	-5,4	SI	OK	SI	4,3	-3,4	-1,9	2,2
45	-68,2	-15,8	OK	OK	-79,4	-2,9	SI	OK	NOK	-68,4	-14,4	OK	OK	-79,0	-3,5	SI	OK	SI	0,2	-1,4	-0,4	0,6
46	-78,6	-5,6	SI	OK	-74,3	-7,4	OK	OK	SI	-77,6	-5,3	SI	OK	-80,3	-1,1	SI	OK	SI	-1,0	-0,3	6,0	-6,3
47	-79,7	-2,3	SI	OK	-80,8	-1,0	SI	OK	SI	-82,6	-1,1	SI	SI	-83,0	-0,5	SI	SI	SI	2,9	-1,2	2,2	-0,5
48	-75,0	-7,2	NOK	OK	-77,2	-4,4	SI	OK	SI	-79,8	-1,3	SI	NOK	-82,3	-0,6	SI	SI	SI	4,8	-5,9	5,1	-3,8

Tabela 3 - Valores medidos nos pontos fixos, parte 2, medidas qualitativas e quantitativas.

Fonte – Autoria própria

Fazendo uma análise do nível de potência recebido nos 48 pontos conforme gráfico 1 apresentado abaixo, o sistema de transmissão utilizando antena de transmissão de polarização horizontal (antena A) apresenta uma maior variação entre os valores de recepção horizontal e recepção vertical. Já quando o sistema de transmissão utilizou antena de polarização elíptica (antena B) os valores de recepção (dBm) estão muito próximos, tanto na recepção horizontal como na recepção vertical, demonstrados gráfico 2.

Nesta primeira análise é possível perceber que o sinal de TV digital tanto numa recepção (horizontal) quanto na outra (vertical), porém quando usando uma antena na polarização elíptica, esta possui mais componentes verticais em relação apenas antena só na polarização horizontal, tendo, portanto, uma maior intensidade de sinal na polarização vertical também.

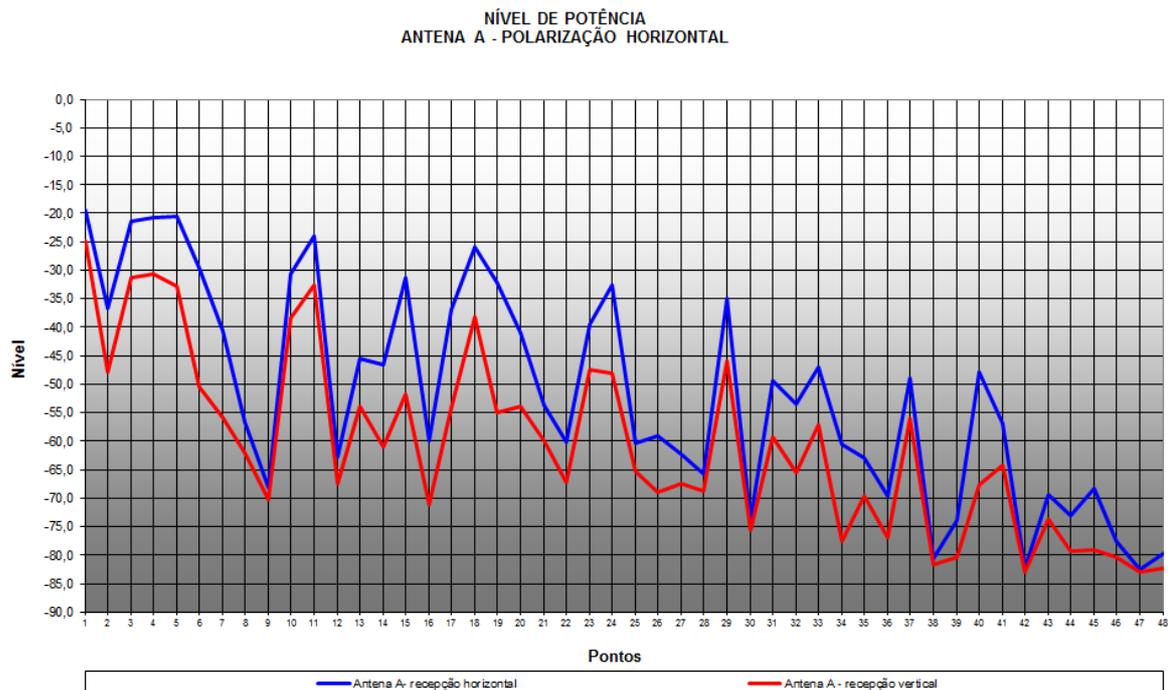


Gráfico 1 – Relação entre os pontos e o valor do nível de potência recebida (dBm) nos 48 pontos fixos medidos, quando a antena A de polarização Horizontal estava transmitindo

Fonte – Autoria própria

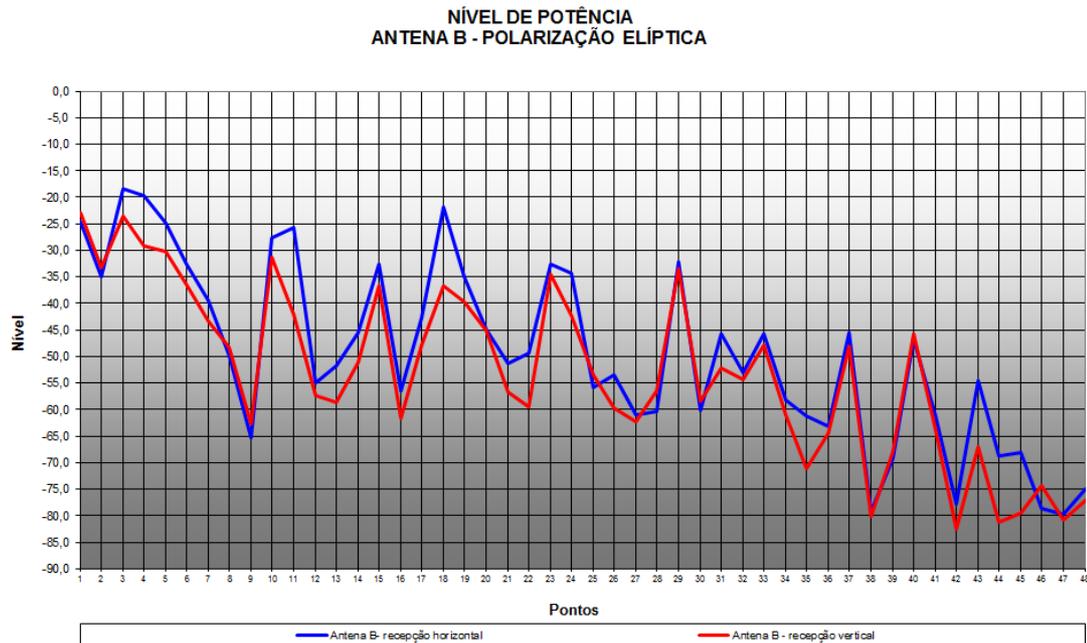


Gráfico 2 – Relação entre os pontos e o valor do nível de potência recebida (dBm) nos 48 pontos fixos medidos, quando a antena B de polarização elíptica estava transmitindo

Fonte – Autoria própria

Fazendo uma relação da média do nível recebido pelas duas antenas (polarização horizontal e polarização elíptica), conforme gráfico 3, com a antena recebendo na recepção horizontal, foi dividido em 3 diagnósticos:

- 1) Primeiro nos 48 pontos, uma média geral,
- 2) Média só nos 30 pontos em Maringá,
- 3) E nos 18 pontos dos municípios.

Com os valores encontrados é possível verificar que embora as antenas tenham componentes horizontais de propagação a antena com a polarização elíptica resulta em ligeiramente superior o nível recebido em relação à antena com polarização apenas horizontal.

Na relação da média geral, 48 pontos, com antena de polarização elíptica, o sistema apresentou um nível médio de recepção de -49,4 dBm, já a antena na polarização apenas horizontal, apresentou um nível médio de -51,6 dBm, ou seja, a antena com polarização elíptica é 2,2 dB melhor em relação a antena na polarização horizontal.

Esta relação se mantém quando comparado apenas os pontos medidos em Maringá, 30 pontos, sendo que a antena de polarização elíptica é 1,8 dB melhor em relação a antena apenas na polarização horizontal.

Quando analisados os pontos medidos nos municípios ao redor de Maringá, 18 pontos, a relação de comparação se mantém melhor para a antena na polarização elíptica em 2,9 dB.

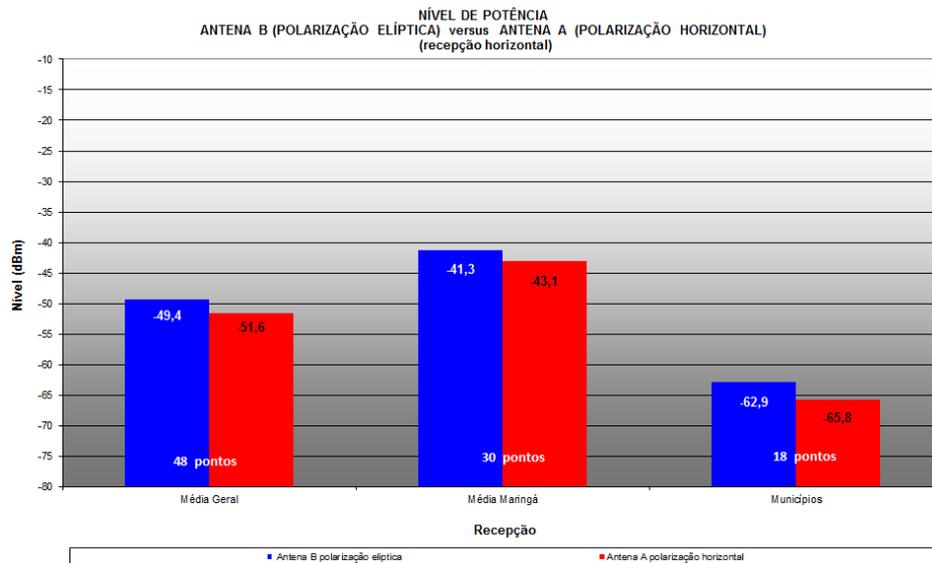


Gráfico 3 – Nível médio recebido com a antena na polarização elíptica e na polarização horizontal, nos 48 pontos, somente em Maringá e apenas nos municípios, recepção na horizontal.

Fonte – Autoria própria

Agora, olhando a média do nível recebido pelas duas antenas (polarização horizontal e polarização elíptica), conforme gráfico 4, com a antena recebendo na recepção vertical, temos um valor bem superior da antena na polarização elíptica, com 7,5 dB melhor na média geral dos 48 pontos, 8,5 dB melhor quando isolados apenas os pontos de Maringá, 6,5 dB melhor nos pontos realizados nos municípios próximos a Maringá.

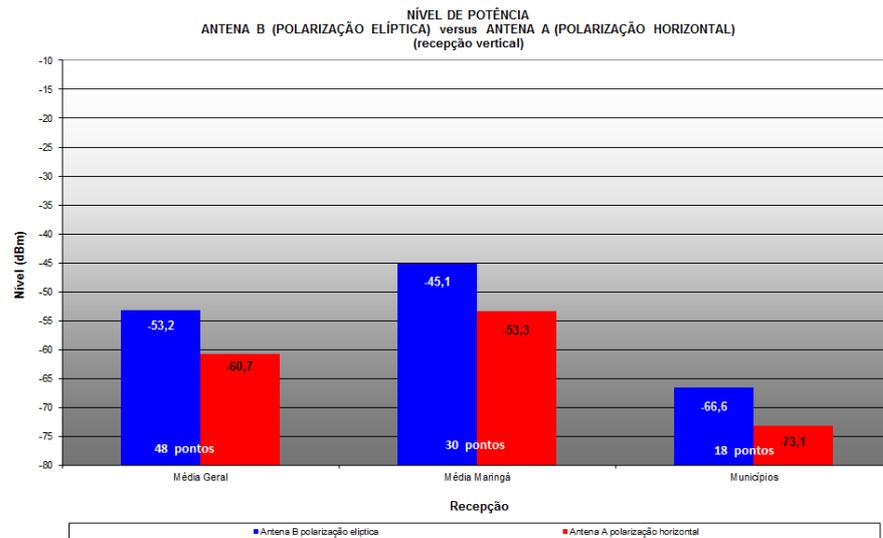


Gráfico 4 – Nível médio recebido com a antena na polarização elíptica e na polarização horizontal, nos 48 pontos fixos, somente em Maringá e apenas nos municípios, recepção na vertical.

Fonte – Autoria própria

Partindo para comparação de qualidade subjetiva de sinal nas duas antenas de transmissão, gráfico 5, com a antena na recepção horizontal, na média dos 48 pontos, é possível abrir o sinal (OK) imagem e áudio em perfeito estado, em 1 minuto de observação, não apresentam nenhum tipo de problema, em 43 destes pontos com a antena de polarização elíptica, representando 90% dos pontos e 40 pontos com a antena de polarização horizontal representando 83% dos pontos. Ou seja, usando a antena de polarização elíptica passamos a receber em 3 novos pontos, tendo mais 7% de pontos com imagem perfeita.

Analisando apenas os pontos em Maringá, a transmissão com a polarização elíptica tem 25% de vantagem em relação a antena com polarização horizontal. Já nos municípios a diferença é apenas 1 ponto a mais.

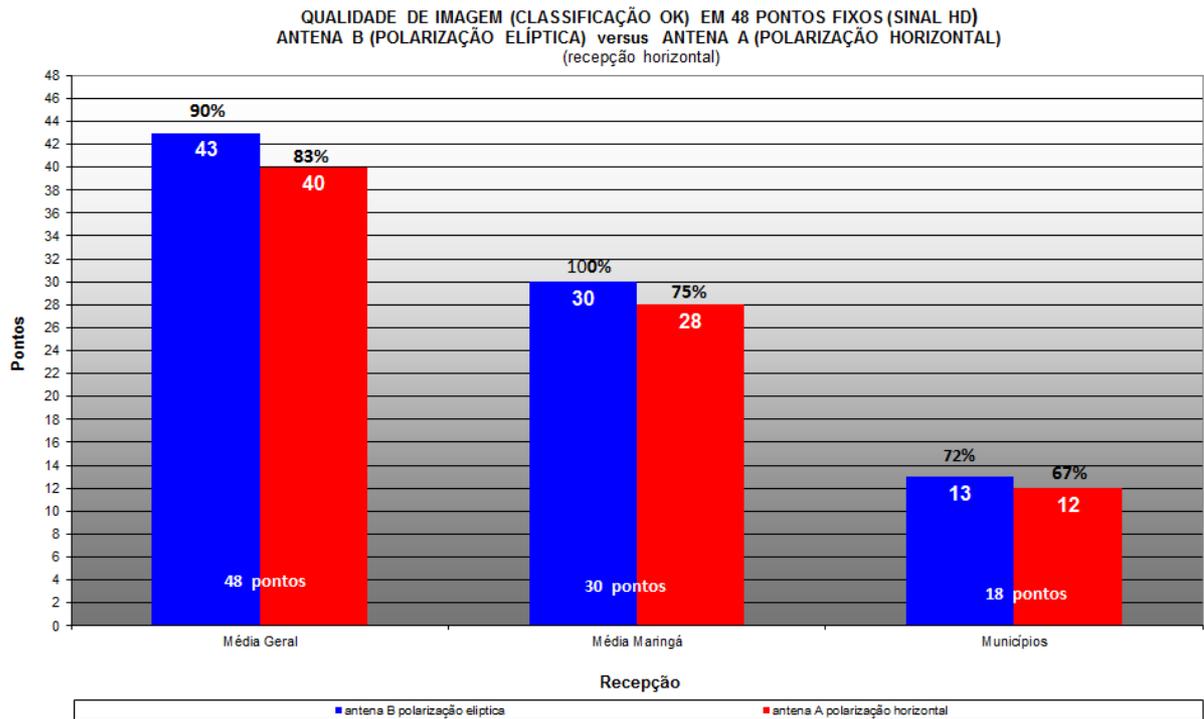


Gráfico 5 – Total de pontos com classificação OK na polarização elíptica e na polarização horizontal, nos 48 pontos fixos, somente em Maringá e apenas nos municípios, recepção na horizontal.

Fonte – Autoria própria

Na análise da qualidade dos sinais nos pontos (OK) nos dois tipos de antena de transmissão, com a antena recebendo verticalmente, na média dos 48 pontos, apenas os pontos em Maringá e também nos municípios, o índice apresenta vantagem expressiva para a antena de polarização elíptica, conforme gráfico 6.

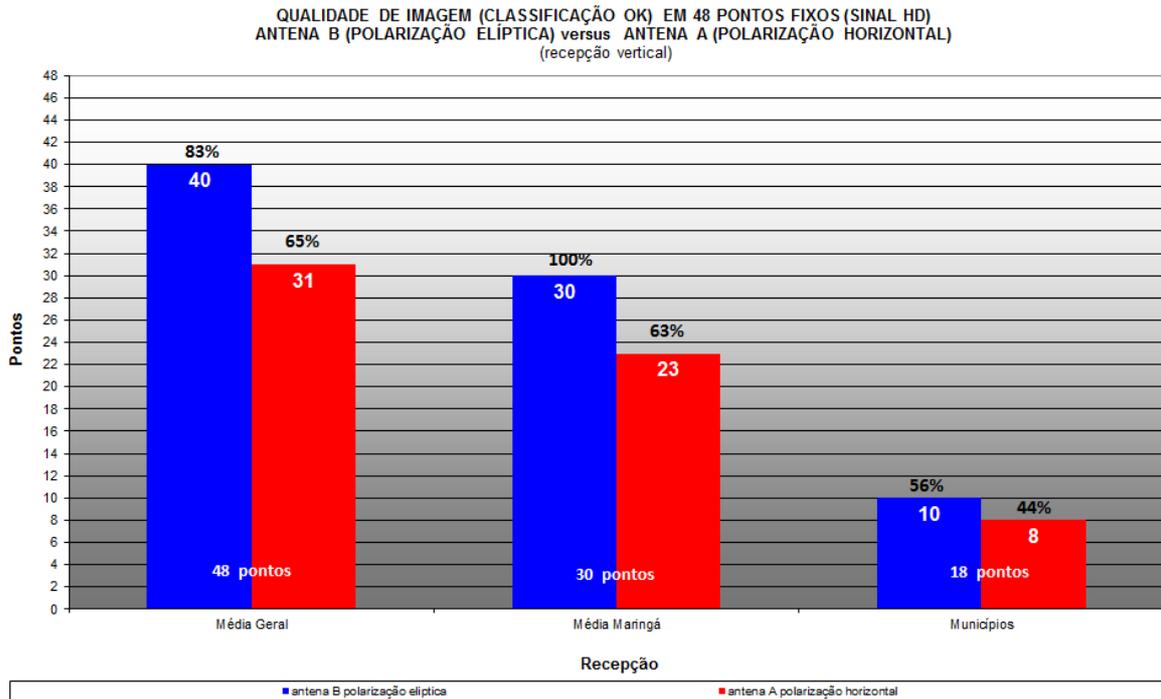


Gráfico 6 – Total de pontos com classificação OK na polarização elíptica e na polarização horizontal, nos 48 pontos fixos, somente em Maringá e apenas nos municípios, recepção na vertical.

Fonte – Autoria própria

O mesmo efeito ocorre na qualidade dos pontos recebidos (classificação OK) nas duas antena de transmissão, utilizando a recepção do sistema portátil, segundo gráfico 7.

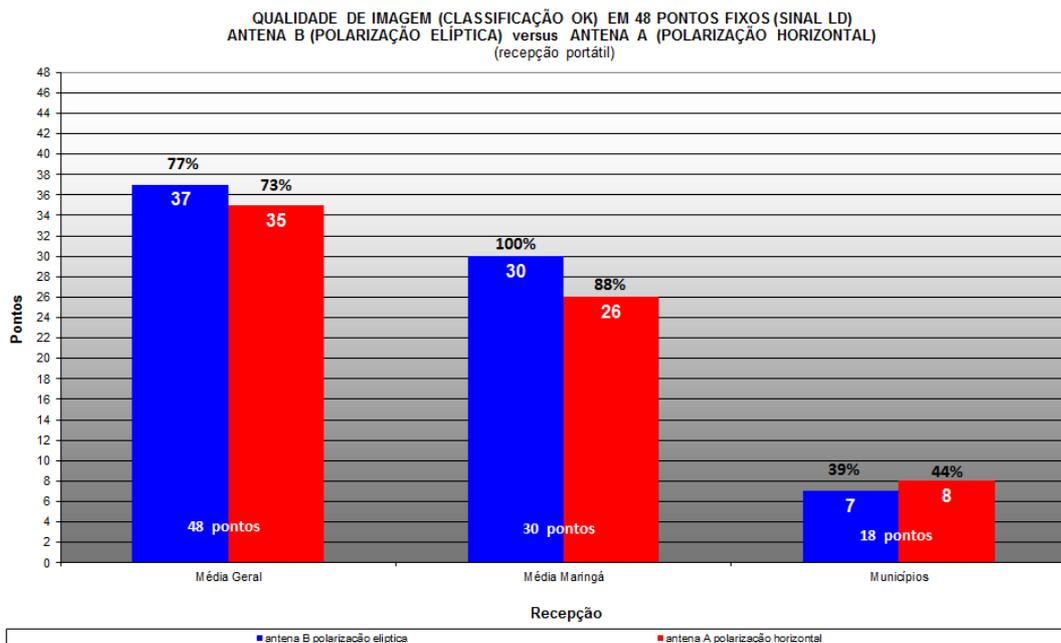


Gráfico 7 – Total de pontos com classificação OK na polarização elíptica e na polarização horizontal, nos 48 pontos fixos, somente em Maringá e apenas nos municípios, recepção portátil.

Fonte – Autoria própria

Como as duas antenas possuem componentes na polarização horizontal e apenas a antena de polarização elíptica, também componentes na polarização vertical, os resultados esperados eram que as duas antenas tivessem o mesmo comportamento quando recebidos na antena de recepção na horizontal e tivessem comportamentos distintos recebendo na antena de recepção vertical.

Através dos dados acima apresentados é possível perceber que nos pontos fixos a antena de polarização elíptica apresenta desempenho superior à antena de polarização horizontal.

3.4.2 Análise dos Pontos Móveis

Foram realizadas medidas em movimento em 3 locais:

- 1) Pontos medidos nas ruas no Centro de Maringá, próximo aos prédios, onde há maior incidência de multipercurso.
- 2) Pontos medidos ao longo da Avenida Colombo, em Maringá.
- 3) Pontos medidos na rodovia que liga Maringá a Marialva.

Na captura das informações quando o sistema de transmissão estava usando a antena apenas com a polarização horizontal, antena A, foram medidos 1274 pontos no centro de Maringá, 417 pontos na Avenida Colombo e 204 pontos na Rodovia Maringá – Marialva, totalizando 1895 pontos amostrados.

Já quando foi realizado a captura usando a antena de transmissão com polarização elíptica, antena B, foram medidos 1282 pontos no Centro, 464 pontos na Avenida Colombo e 250 pontos na Rodovia Maringá – Marialva, totalizando 1996 pontos medidos.

A diferença do número e localização dos pontos é devido à impossibilidade de manter a mesma velocidade no carro, parada no semáforo, entre outros. Devido a grande quantidade de pontos pode ser desconsiderada esta diferença para fins de comparação.

Com base nas medidas captadas foram colocados os registros numa planilha e foi feito o seu processamento. Em função de serem muitos dados, as tabelas com as informações completas encontram-se de posse dos alunos que elaboraram este estudo para qualquer dúvida ou questionamento adicional.

Fazendo uma relação da média do nível recebido na região central de Maringá, na Avenida Colombo e também na rodovia que liga Maringá a Marialva, tendo a

recepção portátil no carro em movimento, usando as duas antenas (polarização horizontal e polarização elíptica), destaca-se uma diferença expressiva na polarização elíptica em relação à polarização horizontal, como ocorreu nos pontos fixos, conforme apresentado no gráfico 8.

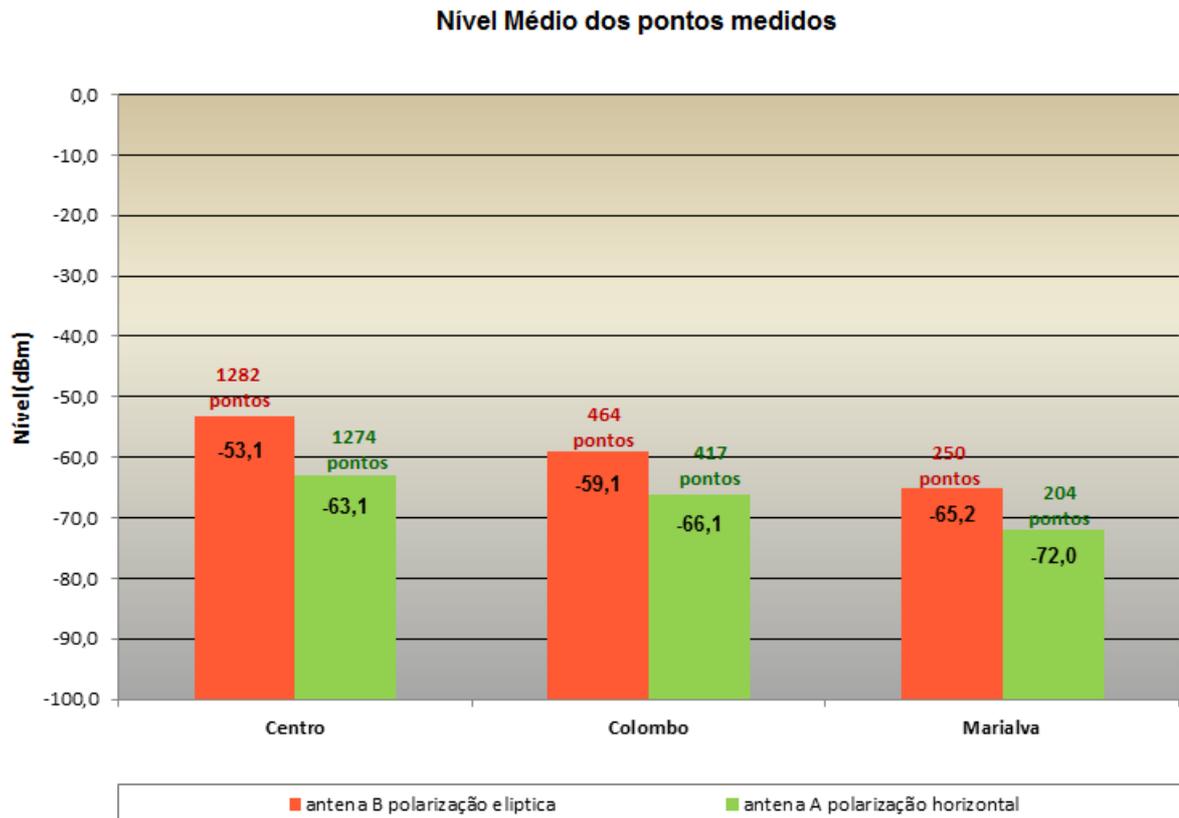


Gráfico 8 – Nível médio medido na polarização elíptica e na polarização horizontal, regiões em movimento, recepção em movimento (sistema portátil).

Fonte – Autoria própria

No Centro de Maringá, próximo aos prédios, onde há maior incidência de multipercurso, com mais ou menos 1200 pontos amostrados, o nível médio recebido com a antena de transmissão na polarização elíptica foi de -53,1 dBm enquanto com a antena de polarização horizontal este nível médio é de -63,1 dBm, ou seja, um nível de potência recebida maior 10 dB na antena de polarização elíptica.

Na Avenida Colombo, com amostragem de 400 pontos aproximadamente a antena com a polarização elíptica é melhor 7 dB em relação a polarização horizontal, assim como na Rodovia Maringá-Marialva, com uma média de 220 pontos medidos.

Partindo para comparação de qualidade subjetiva de sinal nas duas antenas de transmissão, ainda tendo como referência valores de nível de potência recebido, gráfico 9, recebendo em movimento o sinal portátil, foi realizado a soma de todos os pontos medidos cujos valores são inferiores ao nível de recepção de -75 dBm.

O nível de -75 dBm foi atribuído como um valor de referência para nível de recepção limite obtenção do sinal digital com imagem e áudio em perfeito estado, no sistema portátil, não apresentando nenhum tipo de problema, como blocagem, *slice* ou congelamento da imagem.

Foi somado todos os pontos medidos com valores acima de -75 dBm, que teriam maior probabilidade de apresentar algum problema no áudio ou vídeo, fazendo com que o sinal deixe de ser recebido com qualidade naquele pontos em questão.

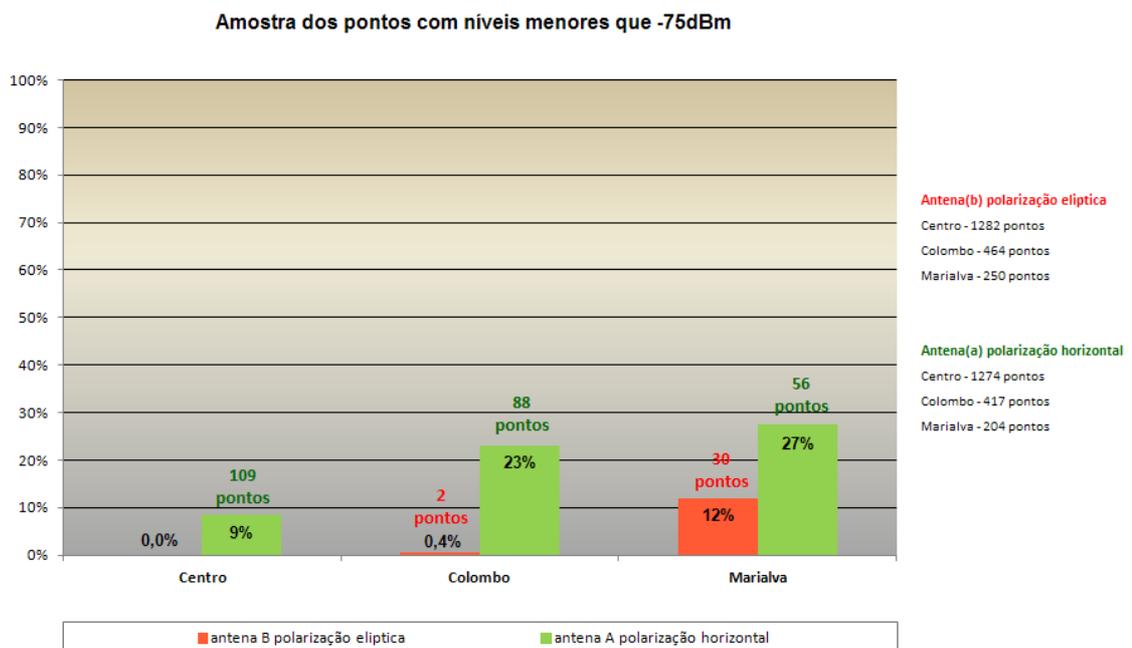


Gráfico 9 – Percentual de pontos com valores abaixo de -75 dBm na polarização elíptica e na polarização horizontal, recepção em movimento (sistema portátil).

Fonte – Autoria própria

Avaliando o gráfico apresentado, no Centro de Maringá, nenhum ponto, dos 1200 pontos amostrados tem seu nível inferior a -75 dBm, ou seja, nenhum ponto teve maior probabilidade de apresentar problema de qualidade, quando a transmissão do sinal estava com a antena na polarização elíptica. Já quando o sistema estava na antena de polarização horizontal 9% dos pontos, 109 pontos, tiveram os níveis abaixo de -75 dBm e estariam blocando ou não tendo sinal naquele local.

Na Avenida Colombo 0,4 % dos pontos, 2 pontos, tiveram nível abaixo de -75 dBm na polarização elíptica, enquanto 23% dos pontos, 88 pontos, tiveram nível abaixo de -75 dBm na polarização horizontal.

Na rodovia Maringá – Marialva, dos aproximadamente 220 pontos medidos, 12% dos pontos, 30 pontos, tiveram nível abaixo de -75 dBm na polarização elíptica, enquanto 27% dos pontos, 56 pontos, tiveram nível abaixo de -75 dBm na polarização horizontal.

Complementando os números, foi realizada uma plotagem dos pontos medidos através do software Google Earth, usando um *range* de escala de 10 níveis, sendo a cor azul maior que -35dBm e cinza abaixo de -75 dBm.

As regiões mais críticas seriam as regiões onde os pontos ficam com azul claro (-70 a -75 dBm) e cinza abaixo de -75 dBm.

Na região da Rodovia Maringá – Marialva, com a transmissão apenas na polarização horizontal os pontos apresentaram os níveis, conforme plotado figura 14 abaixo.

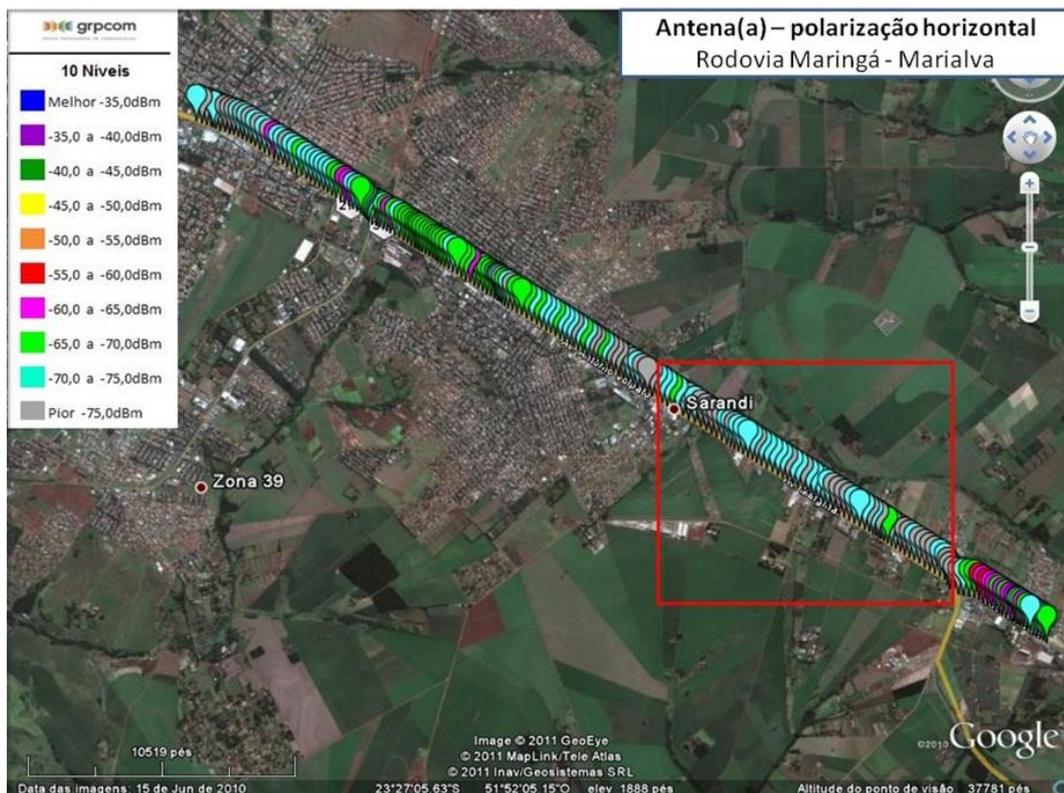


Figura 14 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena A, região Maringá – Marialva

Fonte – Autoria própria

Na região da Rodovia Maringá – Marialva, com a transmissão na polarização elíptica a os pontos apresentaram os níveis, conforme demonstrado na figura 15.

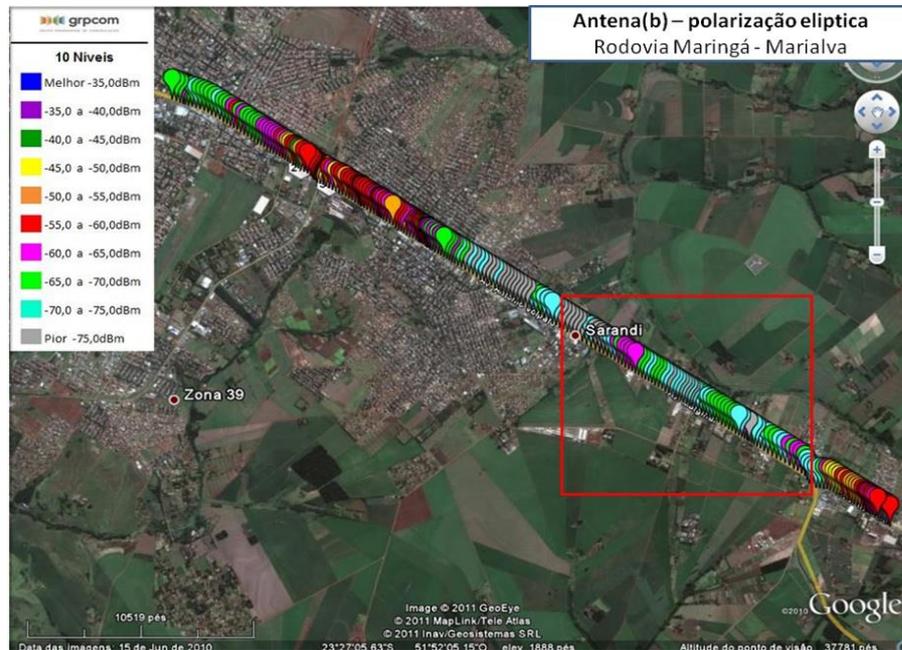


Figura 15 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena B, região Maringá – Marialva

Fonte – Autoria própria

Aproximando a visualização na região em vermelho, região crítica, demonstrada nas figuras 16 e 17.



Figura 16 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena A, região Maringá – Marialva (zoom região crítica)

Fonte – Autoria própria

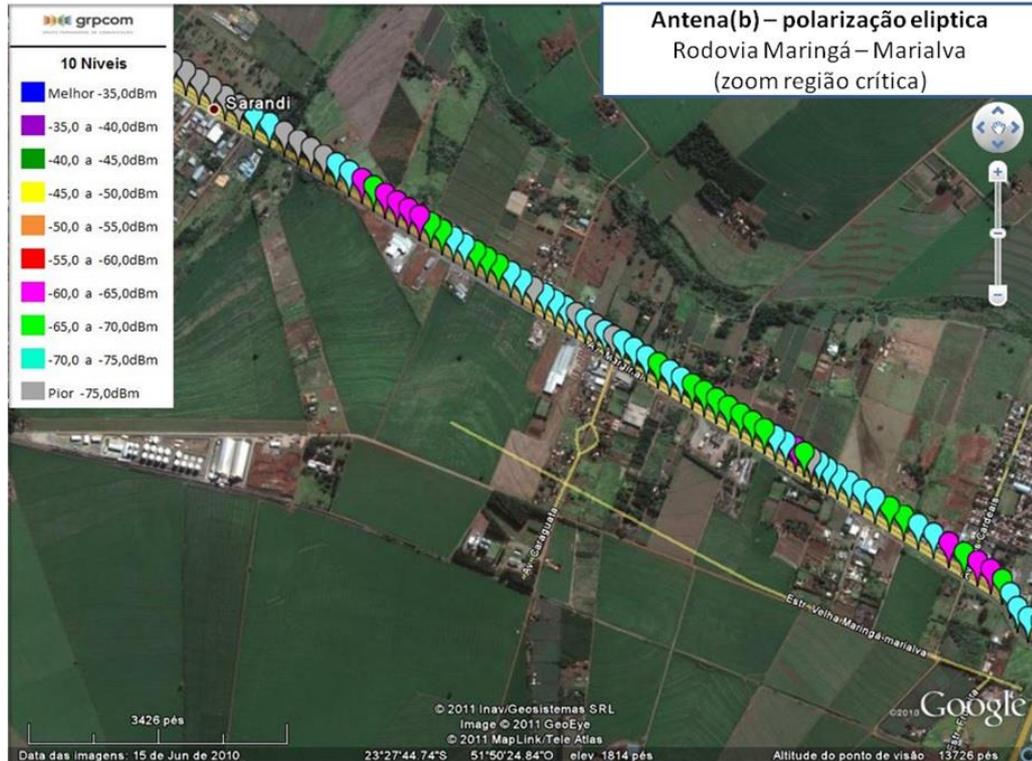


Figura 17 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena B, região Maringá – Marialva (zoom região crítica)

Fonte – Autoria própria

Analisando os pontos plotados, o nível recebido nesta região com a antena de transmissão elíptica é superior em relação à antena com polarização horizontal e conseqüentemente com maior facilidade de recepção e menor probabilidade de receber com problemas de qualidade de vídeo e áudio.

Analisando agora a região da Avenida Colombo, primeiro apenas com a polarização horizontal e depois com a antena na polarização elíptica os níveis recebidos em cada ponto são demonstrados conforme figuras 18 e 19 abaixo.

Aproximando a visualização na região em vermelho, região crítica, demonstrada nas figuras 20 e 21.

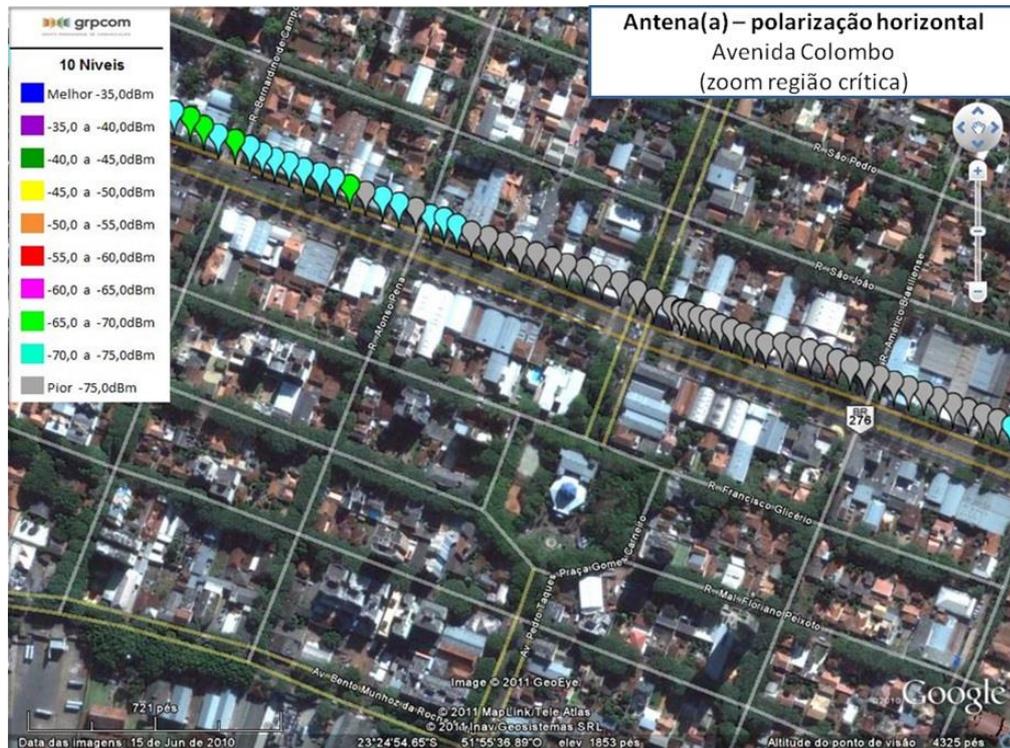


Figura 20 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena A, região Avenida Colombo (zoom região crítica)

Fonte – Autoria própria

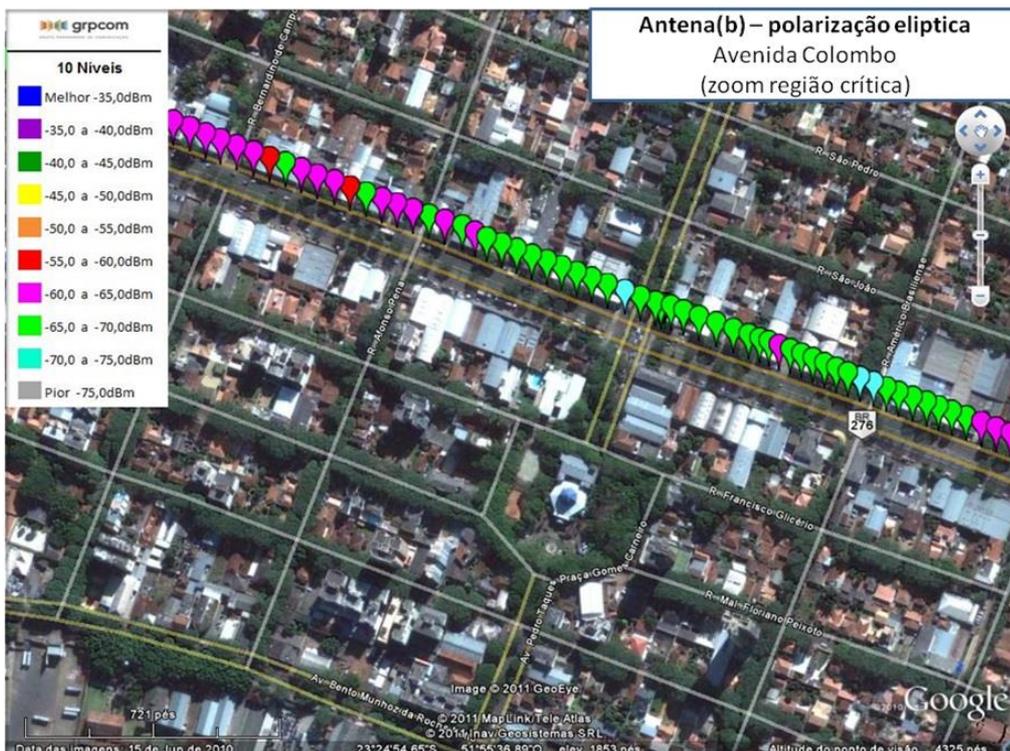


Figura 21 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena B, região Avenida Colombo (zoom região crítica)

Fonte – Autoria própria

Analisando a região Central de Maringá, primeiro com a polarização horizontal e depois com a antena na polarização elíptica, os níveis recebidos em cada ponto são demonstrados conforme figuras 22 e 23 abaixo.

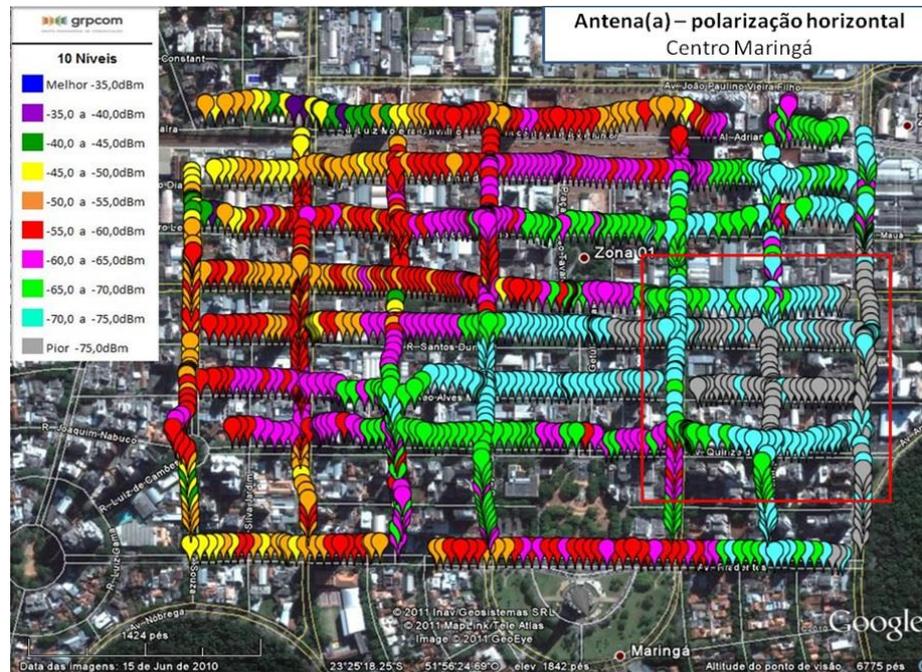


Figura 22 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena A, Centro Maringá

Fonte – Autoria própria

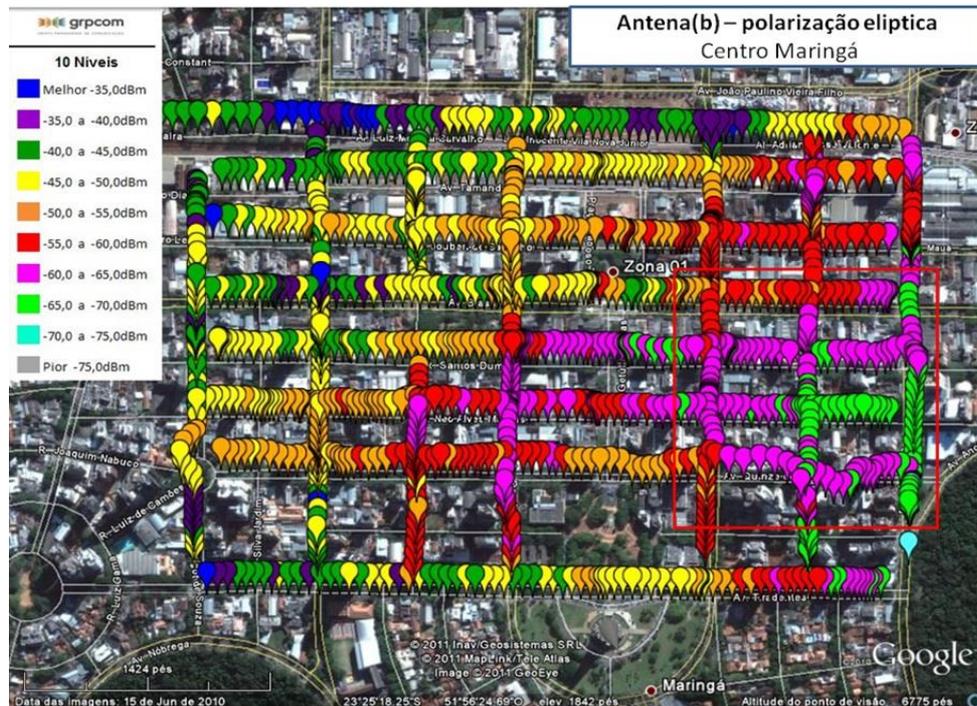


Figura 23 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena B, Centro Maringá

Fonte – Autoria própria

Aproximando a visualização na região em vermelho, região crítica, demonstra-
da nas figuras 24 e 25.

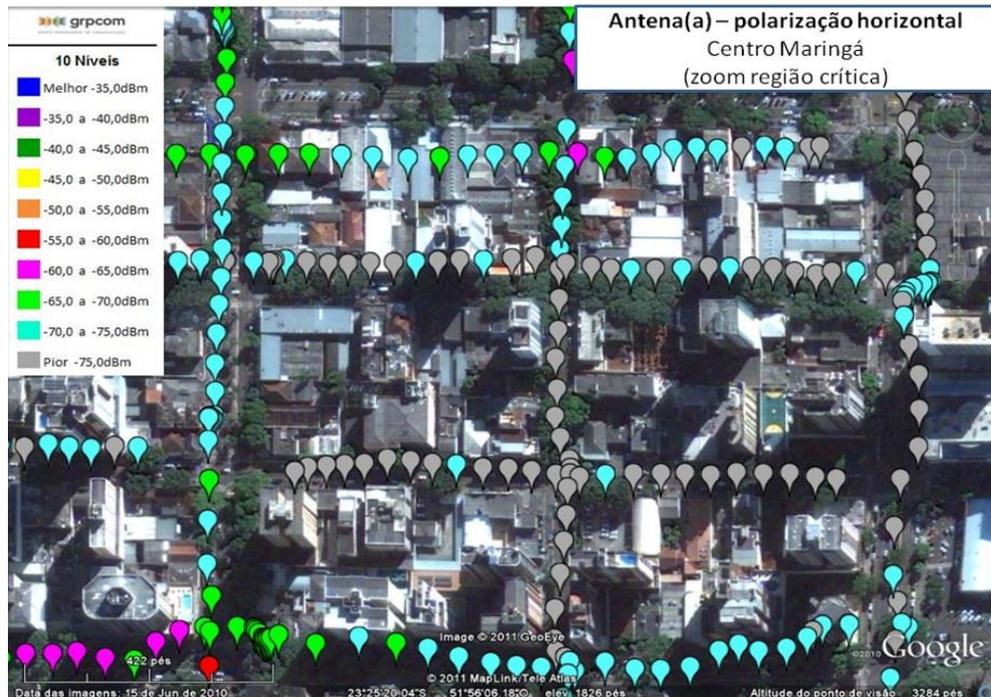


Figura 24 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena A, Centro Maringá (zoom região crítica)

Fonte – Autoria própria

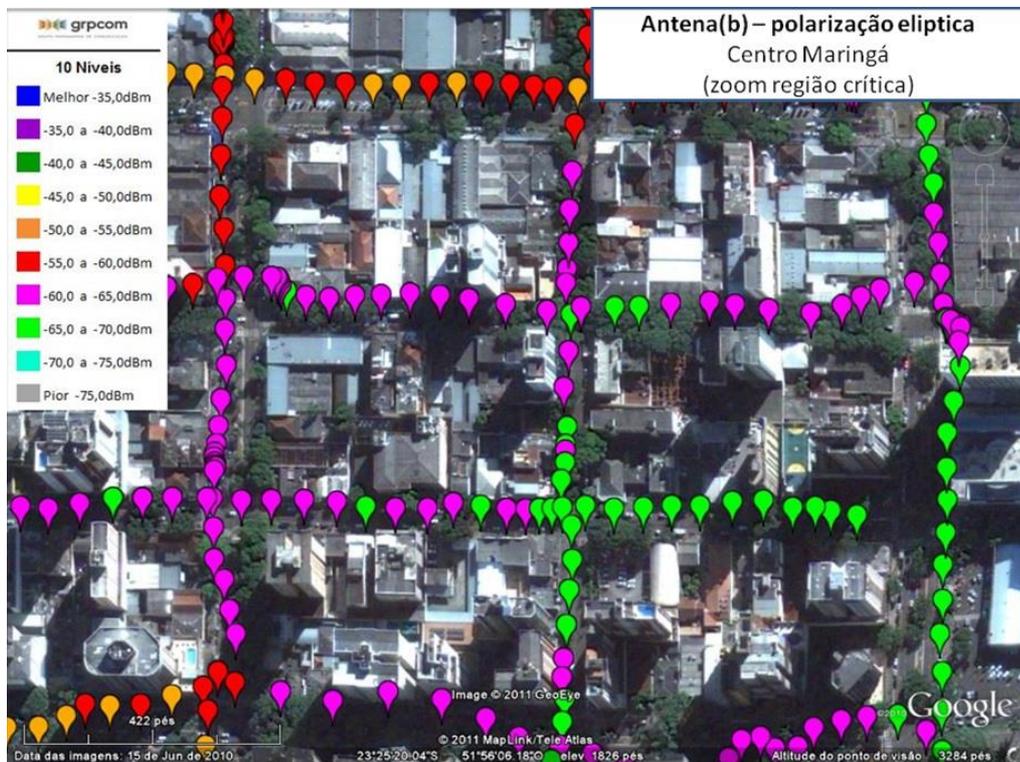


Figura 25 – Imagem de satélite Google Earth com a indicação dos níveis de potência recebida de cada ponto medido, antena B, Centro Maringá (zoom região crítica)

Fonte – Autoria própria

Verificando os pontos plotados, em todas as 3 regiões, Rodovia Maringá – Marialva, Avenida Colombo e também na região Central da cidade de Maringá com muitos prédios, o nível recebido nesta região com a antena de transmissão elíptica é superior em relação ao caso com a antena com polarização horizontal e conseqüentemente ocorre maior facilidade de recepção deste sinal quando a antena de transmissão é elíptica.

4. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Estudar a recepção da TV Digital em função da transmissão de sinal com antena na polarização elíptica e outra antena com polarização horizontal trouxe dados medidos em campo sobre a utilização de uma ou outra antena, e os benefícios desta utilização.

Os conceitos gerais sobre Televisão Digital e a área de antenas são muitos e já estão consolidados, porém ainda há poucos estudos que se aprofundem no tema das vantagens e desvantagens de ter uma antena transmitindo apenas na polarização horizontal ou utilizando a polarização elíptica.

Conforme resultados analisados, utilizar uma antena de transmissão com polarização elíptica, na região de Maringá/PR, apresenta um nível de sinal recebido e qualidade de sinal melhor em relação à transmissão em polarização apenas horizontal. Ou seja, através da polarização elíptica o sinal recebido tem o nível recebido mais intenso, facilitando a captação e recepção deste sinal.

Através dos resultados foi possível verificar um maior preenchimento do sinal nas regiões com bastante obstrução, como prédios e com bastantes obstáculos, deixando o sinal mais robusto e facilitando a recepção, principalmente utilizando o sistema móvel.

Para a região de Maringá, caso medido em campo, a decisão da utilização de uma antena com polarização elíptica traz melhores resultados na recepção em relação a utilização apenas na polarização horizontal.

Uma recomendação para os próximos trabalhos poderia ser utilizado os dados medidos e apresentados neste documento para investigar as prováveis causas e explicações dos níveis de recepção com a antena de transmissão elíptica e horizontal. Quais seriam as possíveis explicações à luz da teoria de propagação.

Outro trabalho seria investigar a melhor relação de potência inserida na polarização horizontal e na polarização vertical na antena elíptica, usando a mesma potência irradiada, com o sistema de transmissão, cabo, antena e transmissões semelhantes. Neste trabalho a relação utilizada foi 70% de potência na polarização horizontal e 30% na relação vertical. E se mudasse estes percentuais, qual seria o resultado? O que melhor se aplicaria para a tecnologia de televisão digital?

Para cada região a ter implantada a TV Digital, deverá haver uma discussão de qual melhor alternativa a respeito da polarização da sua antena de transmissão em função da topografia, ocupação do solo, localização do site de transmissão em

relação ao núcleo urbano e o que se deseja atingir, quando ênfase ao serviço de alta definição ou na recepção portátil.

5. REFERÊNCIAS

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Normas de Apresentação de Trabalhos Acadêmicos do DAELN (NATELN)**, Curitiba, 2012.

ANATEL. Disponível em < <http://anatel.gov.br> > Acesso em 20 de março de 2013.

KATHREIN MOBILCOM BRASIL. Disponível em: <http://www.kathrein.com.br> > Acesso em 13 de abril de 2013.

TRANSTEL CONTI. Disponível em < <http://www.transtelconti.com.br> > Acesso em 15 de abril de 2013.

TVGLOBODIGITAL.COM-14.08.2009. Disponível em: < <http://www.tvglobodigital.com> > Acesso em 20 de março de 2013.

RIO, Luiz Gonzaga; PERRI, Eduardo Barbosa. **Engenharia de antenas**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

ESTEVES, Luiz Claudio. **Antenas: Teoria básica e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980.

FREDERICO, José. Eficiência energética e cuidados com a infraestrutura. **Revista de SET**. São Paulo, Ano XXII – Nº 127/128, Pag. 29.

TELECO. Disponível em < <http://www.teleco.com.br> > Acesso em 16 de Abril de 2013.

O QUE É TILT ELÉTRICO E MECÂNICO EM ANTENAS (E COMO USAR)? Disponível em < <http://www.telecomhall.com/br/> > Acesso em 16 de Abril de 2013.

Aramando A. G. Jr. "METROLOGIA: Parte 1". UFSC, Santa Catarina. 2002.

PROF. DR. LEONEL MENDES, Luciano. Apresentação sobre TV Digital. Inatel.

DONZELLI, Valderez de Almeida. **Polarização Elíptica: Influência no desempenho de cobertura da TV Digital**. 2011. 47 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Mackenzie, São Paulo, 2011.