

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

WILTON DO NASCIMENTO RIBEIRO

**SELEÇÃO DE UM MODELO DE ANTENA PARA RECEPÇÃO DE
SINAIS DE TV DIGITAL ATRAVÉS DE METODOLOGIA
MULTICRITÉRIO**

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

Setembro de 2016

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

WILTON DO NASCIMENTO RIBEIRO

SELEÇÃO DE UM MODELO DE ANTENA PARA RECEPÇÃO DE SINAIS DE TV
DIGITAL ATRAVÉS DE METODOLOGIA MULTICRITÉRIO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, da Universidade Candido Mendes – Campos/RJ, para obtenção do grau de MESTRE EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Orientador: Prof. Milton Erthal Júnior, D.Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Setembro de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca da **UCAM – CAMPOS** 006/2018

Ribeiro, Wilton do Nascimento.

Seleção de um modelo de antena para recepção de sinais de TV Digital através de metodologia multicritério. / Wilton do Nascimento Ribeiro. – 2016.

86 f.; il.

Orientador: Milton Erthal Júnior.

Dissertação de Mestrado em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional – Universidade Candido Mendes – Campos. Campos dos Goytacazes, RJ, 2016.

Referências: f. 63-69

1.Sistema Digital de Televisão. 2. Análise multicritério . I. Universidade Candido Mendes – Campos. II. Título.

CDU – 65.012.123:621.397

Bibliotecária Responsável: Flávia Mastrogirolamo CRB 7ª-6723

WILTON DO NASCIMENTO RIBEIRO

SELEÇÃO DE UM MODELO DE ANTENA PARA RECEPÇÃO DE SINAIS DE TV
DIGITAL ATRAVÉS DE METODOLOGIA MULTICRITÉRIO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, da Universidade Candido Mendes – Campos/RJ, para obtenção do grau de MESTRE EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Aprovado em 28 de setembro de 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Milton Erthal Júnior, D. Sc. - Orientador
Universidade Candido Mendes

Prof. Aldo Shimoya, D. Sc.
Universidade Candido Mendes

Prof^a. Suzana da Hora Macedo, D. Sc.
Instituto Federal Fluminense

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Setembro de 2016

Dedico este trabalho aos meus pais, Wilson e Maria Luiza, por todos os ensinamentos e educação que me proporcionaram.

À Bárbara, pelos anos de partilha de sonhos, companheirismo e incentivos.

Aos meus filhos, Nicolas e Enzo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sua infinita fidelidade comigo.

Ao Instituto Federal Fluminense (IFF) pelo apoio à capacitação.

À minha esposa, Bárbara pelo apoio em todos os momentos, desde a decisão de cursar o mestrado até a conclusão do curso.

Aos meus filhos, Nicolas e Enzo, pelo carinho e paciência neste período.

A amiga e comadre, Suélly sempre solícita e disposta a colaborar, apoiar e incentivar a realização deste trabalho.

Aos parentes e amigos que oraram por mim e prestaram apoio durante esta caminhada.

Ao professor orientador D. Sc. Milton Erthal Júnior, por acreditar neste trabalho e partilhar seus conhecimentos.

A todos os professores do mestrado MPOIC da Universidade Candido Mendes (UCAM) pela dedicação ao ensino.

Aos colegas de curso pelo convívio agradável, neste período de estudo, e por ter força de vontade para ir adiante e vencer mais este obstáculo.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Meu agradecimento e profundo respeito a todos.

A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.

Nelson Mandela

RESUMO

SELEÇÃO DE UM MODELO DE ANTENA PARA RECEPÇÃO DE SINAIS DE TV DIGITAL ATRAVÉS DE METODOLOGIA MULTICRITÉRIO

Com a substituição do sistema analógico pelo sistema digital como uma nova forma de transmissão dos sinais de televisão, uma boa recepção se torna essencial para atender os espectadores. Esta realidade apresenta uma preocupação em relação ao modelo de antena de recepção do sinal digital de TV que atenda às necessidades do usuário deste tipo de entretenimento. Neste novo sistema, a exibição de sinais captados com baixos níveis é improvável, pois ocorrerá a digitalização da imagem, popularmente conhecida como congelamento de quadros, podendo em alguns casos o aparelho de TV ou o *Setop-box* sinalizar ao telespectador a ausência do sinal. Com o objetivo de verificar a melhor opção de antena de recepção do sinal digital para televisão aberta, dentre muitas disponíveis no comércio, este trabalho propõe um estudo de campo e laboratorial para definir quais modelos devem ser adquiridos para a área central do município de Campos dos Goytacazes – RJ. A indicação dos modelos foi definida através de métodos de auxílio multicritério à decisão, usando, especificamente, modelagens com os métodos Electre III e AHP. Após um levantamento bibliográfico acerca do assunto, os critérios importantes a serem considerados na análise foram definidos: nível de sinal recebido, qualidade de sinal, custo e ganho. Para estabelecer os pesos a serem adotados para cada critério elaborou-se um questionário fechado que foi aplicado à cinco especialistas da área de Telecomunicações. As alternativas de ação consistiram em cinco antenas, disponíveis para venda no mercado local, para realizar o estudo: duas *indoors*, duas *outdoors*, e uma que opera em ambas condições (*indoor* e *outdoor*). Antenas do tipo *indoor* são destinadas para instalações em ambientes internos e antenas do tipo *outdoor* são destinadas a instalações em ambientes externos. Um pré-teste indicou os procedimentos a serem adotados no experimento, que incluiu a obtenção dos níveis e da qualidade do sinal em quatro orientações cartesianas, para cada canal digital já operante na cidade. Os dados coletados receberam tratamento estatístico (médias aritméticas). Os dados coletados neste trabalho foram tabulados em planilha Excel®, onde foram obtidas as médias aritméticas e posteriormente submetidos a análise utilizando *software* que realizaram os métodos de multicritérios utilizados neste trabalho, afim de obter a alternativa que melhor atenda o telespectador. Os modelos *outdoors* foram superiores aos modelos *indoor* quanto ao nível e qualidade do sinal. A melhor direção de apontamento varia de acordo com cada modelo analisado. O Método AHP, usado para a distribuição dos pesos dos critérios e para definir a melhor alternativa, indicou que o modelo 5, com 29% de prioridade global, deve ser escolhido. O método ELECTRE III apresentou como primeira opção o mesmo modelo definido pelo método AHP, e seguindo os demais modelos a seguinte ordem: modelos 4 e 6, modelo 1, modelo 3 e modelo 2 como última opção. As metodologias aplicadas nesta obra corroboram para uma maior eficiência de captação do sinal digital, através da instalação de antenas eficientes e disponíveis no mercado local e seu direcionamento. Este aspecto é especialmente importante no município de Campos dos Goytacazes, onde as transmissões de sinais televisivos são descentralizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Telecomunicações. TV Digital. Pesquisa operacional. AHP. Electre III.

ABSTRACT

SELECTION OF AN ANTENNA MODEL FOR TV SIGNALS DIGITAL RECEPTION BY MULTICRITERIA METHODOLOGY

With the replacement of analogue by digital system as a new form of transmission of television signals, good reception it becomes essential to meet the audience. This reality presents a concern for the antenna pattern of receipt of the digital TV signal that meets the needs of the user of this type of entertainment. In this new system, the signal display captured with low levels is unlikely, since occur scanning image, popularly known as freeze frames, and in some cases the TV or the Setop-box signal to the viewer the absence of the signal. In order to check the best digital signal reception antenna option for broadcast television, among many commercially available, this work proposes a field study and laboratory to determine which models must be purchased for the downtown of the Campos dos Goytacazes - RJ. The indication of the models was defined by multiple criteria decision aid methods, using specifically with modeling methods ELECTRE III and AHP. After a literature review on the subject, the important criteria to be considered in the analysis were defined: received signal level, signal quality, cost and gain. To establish the weights to be adopted for each criterion was elaborated a closed questionnaire was applied to five experts of the Telecommunications area. The action alternatives consisted of five dishes, available for sale in the local market, to conduct the study: two indoors, two outdoors and one that operates in both conditions (indoor and outdoor). indoor type antennas are designed for installations in indoor and outdoor type of antennas are designed for installation in outdoor environments. A pre-test indicated the procedures to be adopted in the experiment, which included obtaining the levels and signal quality in four Cartesian guidelines for each digital channel already operating in the city. The collected data were statistically processing (arithmetic mean). The data collected in this study were tabulated in Excel® spreadsheet, where they obtained the arithmetic means and then subjected to analysis using software that performed the advanced methods used in this work, in order to obtain the alternative that best meets the viewer. The billboards models were higher than indoor models on the level and signal quality. The best direction of pointing varies with each model analyzed. The AHP method, used for the distribution of the weights of the criteria and to define the best alternative, indicated that the model 5, with 29% overall priority should be chosen. The ELECTRE III method presented as the first option the same model defined by AHP, and following the other models in the following order: models 4:06, Model 1, Model 3 and Model 2 as a last option. The methodologies used in this work corroborate greater collection efficiency of the digital signal by installing efficient and antennas available in the local market and its direction. This is particularly important in the city of Campos dos Goytacazes, where the television signal transmissions are decentralized.

KEYWORDS: Telecommunications. Digital TV. Operational Research. AHP. Electre III.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1:	Estrutura de Macrofluxo do Processo Decisório	25
FIGURA 2:	Estrutura Hierárquica de um problema de Decisão.	26
FIGURA 3:	Fluxo do método Electre III	29
FIGURA 4:	Composição de um sistema de comunicação wireless	31
FIGURA 5:	Onda Eletromagnética	32
FIGURA 6:	Polarização Linear	33
FIGURA 7:	Diagrama polar destacando os lóbulos de irradiação	35
FIGURA 8:	Diagrama retangular destacando o ângulo de maior potência de um sinal.	35
FIGURA 9:	Diagrama tridimensional da distribuição espacial da potência do sinal.	36
FIGURA 10:	Modelo de Antena Yagi.	37
FIGURA 11:	Modelo de Antena Log-Periódica.	37
FIGURA 12:	Tela do Analisador de espectro na frequência do canal físico 36	41
FIGURA 13:	Apresenta a antena Antena 5 instalada no suporte de testes no laboratório tele II.	42
FIGURA 14:	Qualidade do sinal recebido no ch 36.	43
FIGURA 15:	Modelo hierárquico proposto	50
FIGURA 16:	Matrizes de avaliação das alternativas estudadas a luz dos critérios estabelecidos.	52
FIGURA 17:	Prioridade global	53

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1:	Comparativo entre os sistemas de TV Analógico e Digital Adotados no Brasil.	16
TABELA 1:	Quantidade de emissoras de TV no Brasil	15
TABELA 2:	Lista de Canais de TV Digital no Município de Campos dos Goytacazes	18
TABELA 3:	Escala fundamental de SAATY	27
TABELA 4:	Antenas adquiridas	40
TABELA 5:	Dados obtidos com a antena Log Periódica (Antena 5)	44
TABELA 6:	Dados obtidos com a antena DTV-1000 (Antena 1)	45
TABELA 7:	Dados obtidos com a antena MXT MDTV 600 (Antena 2)	46
TABELA 8:	Dados obtidos com a antena Intelbras AI 1000 (Antena 3)	47
TABELA 9:	Dados obtidos com a antena Plasmatic Senior HD (Antena 4)	48
TABELA 10:	Dados obtidos com a antena MXT MDTV 600 (Antena 6)	48
TABELA 11:	Valores médios para os critérios Nível e Qualidade de Sinal	49
TABELA 12:	Avaliação das alternativas à luz dos 4 critérios estudados no problema	50
TABELA 13:	Porcentagem de peso dos critérios usados no problema, segundo a visão de cinco especialistas	51
TABELA 14:	Razão de consistência dos critérios	51
TABELA 15:	Pesos atribuídos a cada critério proposto	51
TABELA 16:	Matriz de prioridades Locais	52
TABELA 17:	Avaliação das alternativas à luz dos 4 critérios estudados no problema	53
TABELA 18:	Limiares de preferência e indiferença	54
TABELA 19:	Matriz de ordenação	54
TABELA 20:	Concordância global	55
TABELA 21:	Matriz de credibilidade	55
TABELA 22:	<i>Ranking</i> de ordenações e classificação final	56
TABELA 23:	Comparação dos resultados entre os métodos aplicados	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERT	Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ATSC	Advanced Television System Committee
Ch Power	Channel Power
dBi	Decibel isotrópico
DBm	Decibel miliWatt
DEMO	Demonstração
DTV	Digital Television
DVB	Digital Video Broadcasting
ELECTRE	Elimination et Choix Traduisant la Reallité
HD	High Definition
Hz	Hertz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFF	Instituto Federal Fluminense
IRC	Índice da Razão de Consistência
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting
ISDB-T	Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial
ISDB-Tb	Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial Brazilian
PAL	Phase Alternating Line
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
RIT	Rede Internacional de Televisão
RJ	Rio de Janeiro
SBT	Sistema Brasileiro de Televisão
SD	Standard Definition
SOBRAPO	Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	18
1.2	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	19
1.3	OBJETIVOS	20
1.3.1	Objetivo geral	20
1.3.2	Objetivos específicos	20
1.4	METODOLOGIA DA PESQUISA	20
1.4.1	Delimitação do estudo	21
1.4.2	Contribuição	21
1.5	JUSTIFICATIVA	22
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	PESQUISA OPERACIONAL	23
2.2	MULTICRITÉRIO	24
2.3	MÉTODO AHP	26
2.4	MÉTODO ELECTRE III	28
2.5	TELEVISÃO NO BRASIL	29
2.6	CONCEITOS BÁSICOS SOBRE ANTENAS	31
2.6.1	Yagi	36
2.6.2	Log-periódica	37
3.	METODOLOGIA	39
4.	RESULTADOS	44
4.1	MEDIÇÕES DE SINAIS	44
4.2	AHP	49
4.3	ELECTRE III	53
5.	DISCUSSÕES	57
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	62

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
APÊNDICE A	68
APÊNDICE B	71

1. INTRODUÇÃO

Segundo Ferrari (1998) comunicação é o ato da transmissão de informações de uma pessoa a outra, que pode ser feita de forma direta ou codificada, através de sinais visuais ou sonoros, aumentando sua velocidade e as distâncias. Atualmente as informações são geradas de diversos pontos do planeta, até mesmo, de partes distantes da galáxia e estes conhecimentos adquiridos devem ser repassados para a sociedade, aumentando assim o grau de conhecimento e cultura dos membros pertencentes a esta. Para este fim, a tecnologia de comunicação vem sofrendo grandes mudanças, fazendo com que deixe de ser algo simples, para se tornar vital na sociedade moderna (NASCIMENTO, 2000).

As Telecomunicações têm o objetivo de atender às necessidades da comunicação humana à distância. Os usuários trocam informações através de equipamentos terminais compatíveis, que possibilitem a ampliação dos canais de comunicação (MEDEIROS, 2007).

Dentre as várias tecnologias de comunicações destaca-se o sistema de televisão, que ao longo de algumas décadas desempenha um papel importante na sociedade (COELHO JUNIOR, 2008). Este meio de comunicação é capaz de gerar novos conceitos e opiniões, aumentando a interação entre os integrantes da sociedade.

Segundo Amorim (2008), a televisão (TV) tem forte impacto na cultura e no comportamento social dos brasileiros. O hábito de assistir TV alterou valores e impôs costumes, formando nas diferentes camadas da sociedade brasileira uma forte relação de interdependência. De acordo com Dores (2015), a televisão exerce um papel importante na sociedade brasileira, pois está presente na maioria dos lares e é uma das principais fontes de informações no Brasil.

Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o serviço de televisão por radiodifusão é de significativa importância, uma vez que, a taxa de penetração dos televisores nos domicílios brasileiros é de 96,88%, segundo dados da Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e TV (PORTAL ABERT, 2014).

No ano de 2014 foram registradas 542 emissoras geradoras de TV no Brasil, que geram conteúdo próprio, e 11.308 emissoras retransmissoras de TV, que retransmitem sem nenhuma modificação o sinal de uma geradora (PORTAL TELECO, 2015). A Tabela 1 mostra a evolução da quantidade de emissoras no Brasil desde 2008 até 2014.

Tabela 1. Quantidade de emissoras de TV no Brasil entre os anos de 2008 e 2014

Ano	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Geradoras	492	498	512	514	519	541	542
Retransmissoras	10.044	10.208	10.403	10.506	10.471	10.513	11.308

Fonte: modificada de teleco.com.br/tv.asp (2015)

A televisão no Brasil teve sua pré-estreia no dia 3 de abril de 1950, com a apresentação de Frei José Mojica, padre e cantor mexicano com pequeno alcance e em 18 de setembro do mesmo ano o empresário Assis Chateaubriand inaugurou a primeira emissora de TV do Brasil, a TV TUPI de São Paulo (ALENCAR, 2007, p.27-28). Os testes visando à migração para um sistema colorido tiveram início em 1961 (MONTEZ; BECKER, 2005), e a transição para o modelo de TV em cores ocorreu em 1972, após muitas discussões e pressões pela adoção de um padrão estrangeiro, o padrão escolhido foi o alemão PAL¹. Na década de 1990 surgiram no Brasil as primeiras emissoras de televisão por assinatura.

¹ **PAL:** uma forma de codificação da cor usada nos sistemas de transmissão televisiva.

Desde o surgimento da TV preto e branco o fascínio por este serviço vem acompanhando a sua evolução. O passar dos anos trouxe grandes evoluções como a inserção de cores às imagens, trazendo realidade para o telespectador, a adição do sistema estéreo no áudio, a inclusão das legendas, com o *Closed Caption*, eram apenas mais tecnologia agregando valores a um produto que rapidamente se consolidou no mundo. Porém essa evolução era limitada pelo sinal analógico que não permitia aumentar a resolução da imagem fazendo com que esta evolução não acarretasse em uma impactante revolução nos sistemas de TV analógica.

A atualização das transmissões de sinais de televisão, tornando estes digitais ocorre em todos os países, no Brasil, este avanço tecnológico vem ocorrendo de forma lenta. O segmento de serviços de entretenimento e informação sofre forte expansão, a implantação desta tecnologia faz com que a TV Aberta (sinal isento de mensalidade para acessar a programação), tenha uma melhoria na qualidade de imagem, além de outros benefícios como a interatividade entre o telespectador e a programação (SILVA JÚNIOR, 2012).

O Quadro 1 compara as tecnologias de transmissão de TV adotadas no Brasil, o padrão analógico PAL-M, sistema a cores de linhas de fase alternadas e o Sistema Integrado de Transmissão Digital Terrestre brasileiro (ISDBT-Tb).

Quadro 1. Comparativo entre os sistemas de TV Analógico e Digital

FATOR	TV ANALÓGICA (PAL-M)	TV DIGITAL (ISDBT-TB)
Resolução	525 linhas	SD (480)
		HD (720)
		Full HD (1080)
Áudio	Estéreo (2 canais de áudio)	<i>Surround</i> (6 canais de áudio)
Programação	Única	Múltipla (Até 6 canais SD's)
Recursos	<i>Closed Caption</i>	<i>Closed Caption</i>
		Interatividade
		Mobilidade

Fonte: Adaptado de SILVA (2008)

Pode-se observar que o sistema digital possui uma diversidade de resoluções superior ao sistema analógico, assim como os recursos, que apesar de compartilharem o “*Closed Caption*” o novo sistema garante outros atrativos. Quanto ao áudio, o sistema *Surround*, apresenta uma melhor qualidade, visto que, o som é distribuído através de seis canais de áudio e o Estéreo opera apenas com dois canais. Em relação à programação, existe a possibilidade de até seis canais virtuais operarem através de um mesmo canal físico.

Um aspecto determinante para este momento de transição foi à implantação do sinal de transmissão digital, através do decreto nº 5.820/2006 (BRASIL, 2006), que estabeleceu as diretrizes para as emissoras e retransmissoras operarem com este sistema. A lei define a conclusão do *switch off* (desligamento do sinal analógico) previsto para dezembro de 2018 (PORTAL DO MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES, 2015).

No estado do Rio de Janeiro, segundo dados disponibilizados pelo ministério das comunicações existem 20 emissoras geradoras e 428 emissoras retransmissora (PORTAL MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES, 2015). Em 2013 a emissora INTERTV iniciou a transmissão com sinal digital nesta cidade. No ano seguinte as emissoras RECORD CAMPOS, Rede BANDEIRANTES e SBT passaram a ofertar o sinal digital e oferecer sua programação com mais qualidade para a população. Atualmente, no município de Campos dos Goytacazes existe a disposição da população 17 canais de televisão aberta, no entanto, apenas 4 destes operam com o sinal digital (PORTAL BRASIL SAT DIGITAL, 2015).

A população do município busca uma imagem de melhor qualidade em suas residências, levando a uma crescente procura por antenas que recebem o sinal digital.

O município de Campos dos Goytacazes em breve terá à disposição da sua população o sinal da Rede Legislativa de TV Digital, através de acordo de cooperação técnica firmado entre a câmara municipal e a rede, que proporcionará a transmissão de 4 canais digitais com padrão *Standard Definition (SD)* através de um único canal físico. Os canais a serem disponibilizado serão TV Câmara, TV Senado, TV Alerj e TV Câmara Campos, sendo que este projeto ainda está em fase de

captação de recursos (PORTAL DA CAMARA DE VEREADORES DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, 2015).

A Tabela 2 mostra as emissoras que possuem concessão para transmitirem suas programações através do sinal digital no município de Campos dos Goytacazes – RJ.

Tabela 2. Lista de Canais de TV Digital no Município de Campos dos Goytacazes

Canal Virtual	Canal Físico	Emissora	Frequência Inicial (MHz)	Frequência Final (MHz)	Status
2.1	15	Band Rio Interior	476	482	Disponível
4.1	42	CNT RJ	638	642	Autorizado
8.1	36	Inter TV Planície	602	608	Disponível
12.1	38	Record Campos	614	620	Disponível
26.1	24	SBT Interior RJ	530	536	Disponível
29.1	28	Record News	554	560	Autorizado
39.1	55	RIT	716	722	Autorizado
45.1	44	Rede Mundial	650	656	Autorizado
53.1	52	Rede 21	698	704	Autorizado

Fonte: Adaptado de *Line-up* (2015).

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Um título proposto para uma dissertação de mestrado pode apresentar uma visão incompleta sobre como o assunto será apresentado. Embora em termos acadêmicos haja necessidade de se definir muito bem os limites do assunto exposto, na verdade, escrever uma dissertação se torna uma oportunidade ímpar de o mestrando se colocar acerca de tudo o que estudou e pesquisou.

Logo, o estudo de caso foi realizado por meio de observações feitas no próprio ambiente de trabalho. É nele que transparece boa parte da experiência adquirida no contato com o orientador, com o corpo docente, com os colegas de curso, enfim, com todos os que de alguma forma depositaram e ampliaram os conceitos utilizados para a confecção deste trabalho.

1.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Na recepção do sistema analógico é possível a exibição de um canal de TV captado com baixo nível e/ou qualidade de sinal, ou seja, a imagem e o áudio serão exibidos para o telespectador com imperfeições.

A qualidade da recepção dos sinais deve-se a alguns fatores como as características da propagação das ondas eletromagnéticas, pelo fato das emissoras transmitirem seus sinais de pontos independentes ao invés de uma transmissão em ponto único, o que ocasiona boa recepção de canais em detrimento de outros e também o modelo de antena apropriado ao padrão de transmissão.

A aquisição de uma nova antena para recepção do sinal digital, é um assunto relevante e desafiador, uma vez que existem aspectos que devem ser levados em consideração, tais como: modelos e tipos de antenas (internas ou externas), a distância dos pontos de transmissão até o local de recepção e o custo destes equipamentos, que podem variar de acordo com a necessidade de cada usuário. Nos estabelecimentos especializados em Campos dos Goytacazes - RJ, as antenas destinadas à recepção do sinal digital de televisão possuem um custo que varia em média de R\$ 30,00 a R\$ 150,00 no ano de 2015.

Logo, este trabalho parte do princípio de que grande parte da população não compreende as características que são importantes na hora de adquirir uma nova antena. Assim, o mercado tende a induzir os consumidores a adquirir produtos caros e algumas vezes desnecessários à realidade de cada um, sendo imprescindível à consulta com um especialista que tende a reduzir os riscos de uma aquisição malsucedida.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Selecionar o melhor modelo de antena de recepção de sinais de televisão aberta, para atender a área central do município de Campos dos Goytacazes – RJ, através de uma análise de multicritério.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir os principais modelos de antenas disponíveis no mercado local e avaliar a performance destas quanto à recepção multicanal;
- Avaliar a qualidade nos níveis de sinais de TV Digital Terrestre aberta, na área central da cidade de Campos dos Goytacazes – RJ;
- Definir critérios, subcritérios e seus pesos para a matriz de decisão;
- Avaliar a melhor alternativa de antena interna e externa para a localidade estudada e;
- Comparar os resultados obtidos com a utilização de duas metodologias multicritério (AHP e ELECTRE III).

1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este estudo é caracterizado como de natureza predominantemente qualitativa. Quanto aos objetivos, caracterizam-se como exploratórios, visto que buscaram gerar *insights* e descobrir a melhor opção de antena para sinais digitais de TV disponíveis, o que diz respeito ao problema do estudo. As técnicas utilizadas foram a pesquisa bibliográfica, documental e a experimental.

De maneira geral, o trabalho de pesquisa se inicia pelo levantamento das bases bibliográficas, mas atualmente também são consideradas, para a coleta de

informações, consultas em artigos científicos, meios eletrônicos, periódicos técnicos, teses e dissertações.

Para justificar a escolha desta metodologia, apresenta-se um levantamento a respeito dos aspectos e conceitos teóricos e práticos relacionados à TV digital.

A análise qualitativa se baseou nas seguintes etapas: a) pesquisa com especialistas da área de telecomunicações, através de um questionário fechado, aplicado via web; b) pesquisa instrumental para coletas de dados e; c) aplicação de métodos de análise multicritério à decisão.

O estudo de campo foi realizado no laboratório de Sistemas de TV dos Cursos Técnico e Superior de Telecomunicações do Instituto Federal Fluminense do *campus* Campos Centro, situado na cidade de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, a fim de identificar um equipamento adequado para atender o usuário, possibilitando que este possa obter um sinal digital de TV aberta com qualidade.

1.4.1 Delimitação do estudo

Os conceitos relacionados aos temas tratados nesta dissertação revelam-se passíveis de aplicação em contexto educacional e ao mercado de trabalho, direcionado à área de telecomunicações. Este estudo foi desenvolvido em uma única instituição de ensino, focado nas características necessárias para obter um bom desempenho das antenas de recepção dos sinais de TV digital.

1.4.2 Contribuição

O presente trabalho almeja dispor de informações que visaram contribuir para auxiliar os consumidores na escolha do melhor modelo de antena, que atenta à captação do sinal digital, referente à TV aberta, especificamente na cidade de Campos dos Goytacazes – RJ. Esse estudo provocará no município reflexões acerca do processo de aquisição.

1.5 JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica pelo fim das transmissões dos sinais analógicos de televisão por radiodifusão, que segundo o Ministério das Comunicações do Brasil de acordo com o cronograma de *switch off*, pode ocorrer entre 2015 a 2018. Para a cidade de Campos dos Goytacazes – RJ a data limite será outubro de 2017 e a população que não se adaptar à nova realidade não usufruirá mais do serviço.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 apresenta a introdução, as considerações iniciais, a problemática da pesquisa, os objetivos que descrevem sua importância e ressaltam os pontos de motivação, a justificativa do tema para o desenvolvimento da pesquisa, a metodologia empregada e, por fim, a estrutura da obra em estudo.

O Capítulo 2 discorre sobre a revisão de literatura com conceitos e características dentro do contexto do assunto de Pesquisa Operacional e Multicritério.

O Capítulo 3 retratou a metodologia executada durante o estudo de campo.

O Capítulo 4 apresentou os resultados das medições de sinais referentes às antenas *indoor* e *outdoor*, gerando um paralelo mostrando as características de cada uma, assim como os resultados de cada método multicritério utilizado nesta obra.

O Capítulo 5 trouxe as discussões dos resultados encontrados durante os testes.

O Capítulo 6 foi reservado para as considerações finais, além de direcionar a discussão para uma reflexão de continuidade em pesquisas e estudos para trabalhos futuros.

Por fim, o Capítulo 7 apresentou as referências estudadas para a confecção deste trabalho.

Apresentam-se, como Apêndices, o questionário aplicado aos especialistas que atuam na área de telecomunicações (Apêndice A), e o artigo publicado que apresenta o resultado dos testes iniciais (Apêndice B).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PESQUISA OPERACIONAL

Durante a Segunda Guerra Mundial, cientistas foram convocados para estudar problemas de estratégias e de tática, cujo objetivo era decidir sobre a utilização de recursos militares, limitados, de maneira mais eficaz surgindo assim a Pesquisa Operacional (PO), (LISBOA, 2002).

De acordo com a Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, a pesquisa é como uma ciência aplicada para a resolução de problemas reais, tendo como foco a tomada de decisões, aplica conceitos e métodos de várias áreas científicas na concepção, planejamento ou operação de sistemas. Sendo usada para avaliar linhas de ação alternativas e encontrar as soluções que melhor servem aos objetivos dos indivíduos ou organizações.

A pesquisa operacional mostra-se uma ferramenta de importância ímpar para tomada de decisão, podendo ser aplicada nas áreas de logística, militar, empresarial e tecnológica, visando uma solução de maior eficácia para o fim desejado.

A capacidade de tomar decisões é o que diferencia o ser humano dos outros animais. Esta afirmação é atribuída a grandes filósofos como Platão e Aristóteles (LADEIRA, 2014).

2.2 MULTICRITÉRIO

A análise de multicritério à decisão pode ser entendida como um conjunto de técnicas e métodos que auxiliam ou apoiam pessoas e organizações na tomada de decisões, através de uma variedade de critérios que influenciam os processos decisórios (LADEIRA, 2014).

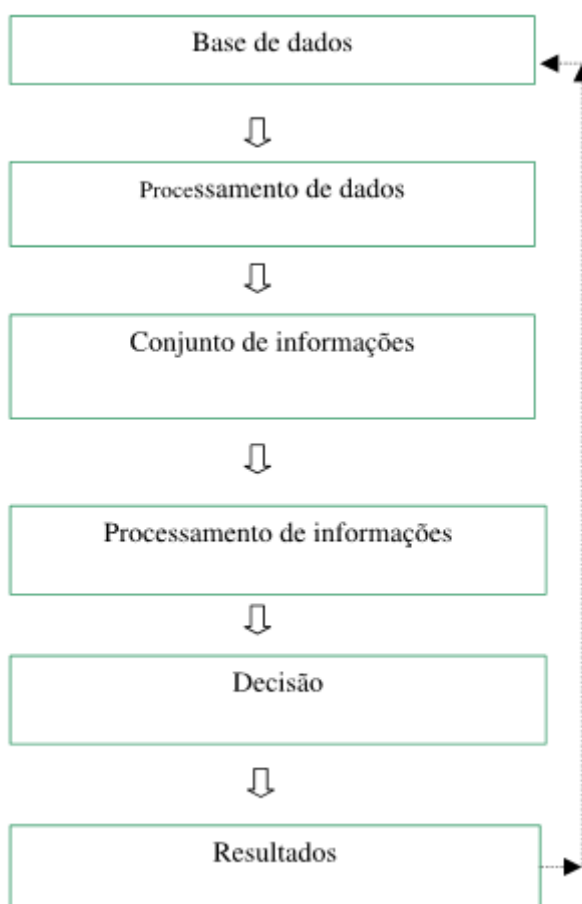
Os métodos de auxílio multicritério à decisão surgiram na década de 1970, sendo a área de maior evolução dentro da pesquisa operacional, baseando-se no fato científico para apoiar a resolução de problemas complexos (MENDES, 2013).

Para Costa (2006) os principais elementos que atuam na teoria da decisão são classificados como:

- Decisor, que pode ser uma ou um grupo de pessoas responsáveis pela tomada de decisão;
- Analista que também pode ser uma ou um grupo de pessoas de caráter consultivo que estruturam, analisam, argumentam e orientam o decisor de acordo com o problema tema deste processo;
- Alternativa viável definida como curso, direção, ou estratégia de ação que pode ser adotado pelo decisor, extraída de “n” alternativas possíveis;
- Cenário “estado da natureza” projetado para o futuro, podendo ser otimista, pessimista ou moderado, sendo associado probabilidades de ocorrência do mesmo;
- Critério definido como propriedade ou variável através da qual a alternativa é avaliada;
- Atributo sendo o valor do desempenho da alternativa à luz do critério e;
- Tabela de pagamentos que é definida como uma tabela com valores de retorno das alternativas.

Ainda Costa (2006) cita que o processo decisório é composto por etapas, conforme mostra a Figura 1, onde é possível perceber que a partir de uma base de dados existente realiza-se uma ou mais etapas de processamento da informação, extraindo uma base ou conjunto de informações que ao serem processadas geram um resultado denominado decisão. Esta realimenta o processo sendo inserido na base de dados para uma nova etapa que se faça necessária.

Figura 1. Estrutura de Macrofluxo do Processo Decisório.



Fonte: Costa (2006).

De acordo com as etapas apresentadas na Figura 1, podem surgir paradigmas e pressupostos que devem ser superados e reconhecidos. Quanto aos paradigmas deve se ter em mente que a decisão não pode ser subjetiva e deve ser imparcial escolhendo a alternativa ótima para o processo.

Enquanto, os pressupostos devem se basear em critérios objetivos e transparentes, o que dentro de políticas públicas passa por um processo técnico-político, também deve considerar opiniões e julgamentos de diferentes agentes

técnicos. Assim o processo se torna mais isento de preferência do decisor ou de um analista influente dentro do processo de decisão.

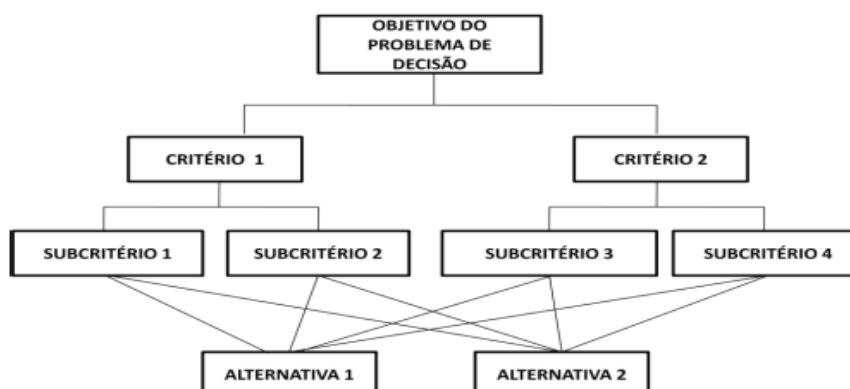
Dentre os métodos multicritérios difundidos, duas vertentes, chamadas escolas, se destacam a francesa e a americana, com vários métodos a serem utilizados. A primeira escola tem como destaque o método da família *Electre* (*Elimination et Choix Traduisant la Reallité*), já na segunda escola citada pode-se destacar o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (ALMEIDA, 2014).

2.3 MÉTODO AHP

O método AHP foi idealizado por Thomas L. Saaty, na década de 1970 nos Estados Unidos sendo mais utilizado e mais conhecido em multicritério (MENDES, 2013). Segundo Almeida (2014), o método visa obter a alternativa mais viável a luz de vários critérios para determinado grupo analisado.

Este método propõe que o problema de decisão seja estruturado em partes, representando em níveis hierárquicos, o que facilita a sua compreensão e proporciona visualizar a sua estruturação através de um modelo formal (TCHEMRA, 2009).

Figura 2. Estrutura Hierárquica de um problema de Decisão.



Fonte: Tchemra (2009).

A Figura 2 define um modelo de estrutura hierárquica de um problema decisório, onde o topo da estrutura representa o objetivo da decisão, seguido de tantos níveis de critérios e subcritérios necessários para dar suporte a esta decisão.

Pode-se verificar que no nível mais baixo encontram-se as alternativas que são influenciadas pelos níveis superiores.

Após a construção do modelo hierárquico do problema, cabe ao decisor e aos analistas, se houver, executar uma comparação par a par de cada elemento de mesmo nível hierárquico, obtendo assim uma matriz de decisão. Neste momento o decisor representa a partir de uma escala predefinida, a preferência entre os elementos comparados sob influência do nível imediatamente superior (SILVA, 2005).

Para esta escala de preferência entre os elementos, existe um modelo proposto por Saaty (1991), apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Escala Fundamental de Saaty (1991)

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Igual importância.	Os elementos (critérios ou subcritérios) contribuem igualmente para o objetivo.
3	Preponderância Pequena de um elemento sobre o outro.	A experiência e o julgamento favorecem levemente um critério em relação ao outro.
5	Preponderância grande ou essencial.	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um critério em relação ao outro.
7	Preponderância muito grande de um elemento sobre o outro.	Um critério é muito fortemente favorecido em relação ao outro.
9	Preponderância absoluta de um elemento sobre o outro.	A evidência favorece totalmente um critério em relação ao outro
2,4,6, 8	Valores intermediários.	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Fonte: Moretti (2008)

Após esta etapa é calculado o Índice da Razão de Consistência (IRC), que valida os pesos atribuídos entre as alternativas, uma vez que este teste de consistência é adquirido através de uma matriz de paridade, sendo o índice menor que 10% considera aceitáveis os pesos atribuídos. Caso esta razão seja superior ao valor adotado, o julgamento dos atributos deve ser refeito (BESTEIRO et al., 2009).

2.4 MÉTODO ELECTRE III

No Electre III a decisão a ser tomada ocorre através de comparações entre as alternativas montando uma ordenação, das mais vantajosas para as menos preferidas, sem gerar insatisfação com os critérios julgados importantes (GENERINO, 2006).

A técnica de auxílio multicritério à decisão Electre III pode ser usada quando existir mais de um decisor, adotando pesos aos decisores, critérios ou função de compromisso (CORDEIRO NETTO et al. 1993). Utilizando dados qualitativos e quantitativos este método permite várias alternativas em uma mesma ordem, devido à característica da indiferença (GENERINO, 2006).

Para Generino (2006) este método se baseia em comparações entre alternativas, eliminando as menos vantajosas e indicando as preferidas conforme a maioria dos critérios, sem produzir níveis de descontentamento inaceitáveis em algum critério julgado importante.

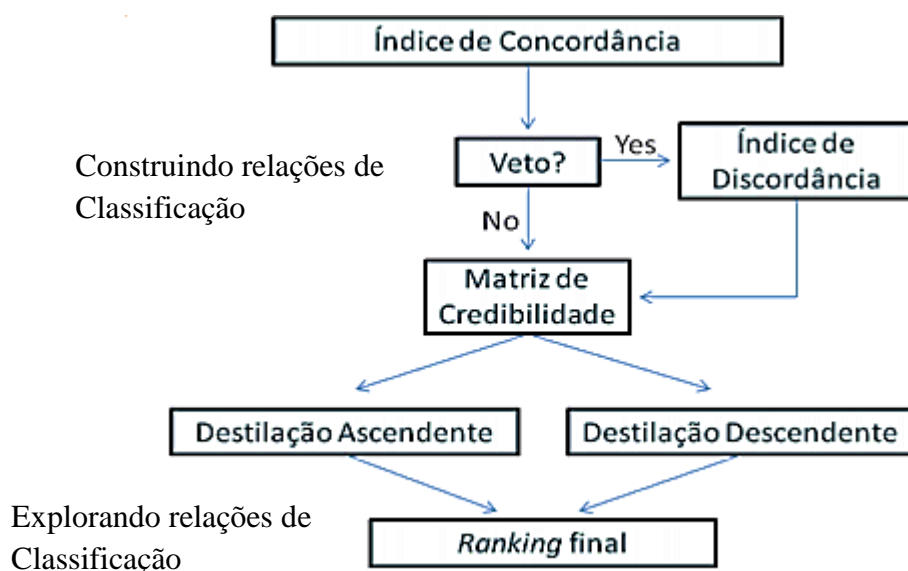
Quando o decisor compara mais de uma ação, o Electre III pode agir por quatro formas: i) preferência por uma; ii) indiferença entre elas; iii) recusa e; iv) incapacidade de comparação. As relações são repassadas por situações de preferência, indiferença e incompatibilidade. Este método utiliza os limiares p (preferência), q (indiferença) e v (veto), porém requer mais parâmetros para obter a ordenação, os critérios precisam receber pesos, dando um sentido de preferência entre eles (VINCKE, 1992).

Para a elaboração do Electre III se faz necessário a utilização de equações que são divididas em etapas ou a utilização do *software* ELECTRE III-IV, desenvolvido pela LAMSADE – *Université Paris Dauphine*.

Mendonça, Infante e Valle (2010) apontam que o Electre III depende da construção e exploração das relações de sobre a classificação das alternativas em duas fases. A primeira fase apresenta a construção de relações de classificação, em que as alternativas são emparelhadas e comparadas par a par, e classificadas dentro dos limiares dados pelo analista da decisão, enquanto a segunda fase apresenta a exploração das relações de classificação, em que as duas pré-

classificações são construídas com dois procedimentos antagonistas (destilação ascendente e descendente). A combinação das duas pré-classificações resulta no resultado final. A Figura 3 apresenta as fases que compõem o método Electre III através de fluxograma.

Figura 3. Fluxo do método Electre III.



Fonte: Giannoulis e Ishizaka (2010)

Segundo Hashemi (2015) a principal vantagem deste método é a participação direta do decisor no processo, podendo ser considerado como um método de interação, pois prevê a possibilidade da participação direta de um decisor para analisar tanto os critérios qualitativos, quanto os quantitativos em diferentes níveis de ambiguidade. O autor, ainda, ressalta que uma dificuldade na aplicação do presente método é a determinação dos limiares.

2.5 TELEVISÃO NO BRASIL

Em 1939 durante a Feira Internacional de Amostras, na cidade do Rio de Janeiro, ocorreu a primeira transmissão de televisão em circuito fechado (ALENCAR, 2007).

A primeira transmissão de TV aberta no Brasil ocorreu em 03 de abril de 1950, quando ocorreu a pré-estreia no saguão da editora Diários Associados e São

Paulo da TV TUPI (CAMARGO, 2009). Para Salatiel (2010) no início os programas eram ao vivo e caracterizados por improvisação e experimentação em linguagem, adaptada do rádio e teatro (SALATIEL, 2010).

Já na década de 1970 a Globo se torna a primeira emissora a operar em rede no país, ou seja, transmitiu a mesma programação para cidades diferentes do Brasil (SALATIEL, 2010) e ainda neste ano ocorreu a transmissão ao vivo e a cores da Copa do Mundo de futebol ocorrida no México, fato este que impulsionou a venda de aparelhos de televisão abrangendo aproximadamente 25 milhões de telespectadores (ALENCAR, 2007, p. 32). Contudo, no território brasileiro não havia, até este momento da história, ocorrido transmissões a cores produzidas nacionalmente. Somente em 1972 a primeira transmissão a cores foi gerada no Brasil, onde a TV Difusora de Porto Alegre transmitiu a Festa da Uva de Caxias, no Rio Grande do Sul (MANO, 2011).

A década de 1980 trouxe o fim da primeira emissora do país, que não teve sua concessão renovada pelo governo devido à grave crise financeira que atravessava, levando a atrasos salariais e a greve de cerca de dois mil funcionários. As emissoras do grupo foram adquiridas posteriormente por empresários como Silvio Santos e Adolpho Bloch, fundadores do SBT (Sistema Brasileiro de Televisão) e Rede Manchete, respectivamente. Esta última realizou a primeira transmissão nacional com áudio estéreo, fato que ocorreu no ano de 1987 em caráter experimental (ALENCAR, 2007, p. 33).

No final da década de 1990, mais precisamente no ano de 1999 a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) iniciou os estudos dos sistemas de televisão digital, com a cooperação de algumas instituições nacionais, para avaliar tecnicamente os padrões de transmissão americanos, ATSC (*Advanced Television Systems Committee*), europeu, DVB (*Digital Video Broadcasting*) e japonês, ISDB (*Integrated Services Digital Broadcasting*), a fim de definir o melhor padrão a ser adotado no Brasil (TAVARES, 2001).

Definiu-se que o padrão brasileiro de televisão digital seria embasado no modelo japonês, o Serviço Integrado de Transmissão Digital Terrestre (ISDB-T - *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*). Esse padrão é o mais novo entre as opções estudadas e atende mais satisfatoriamente as necessidades

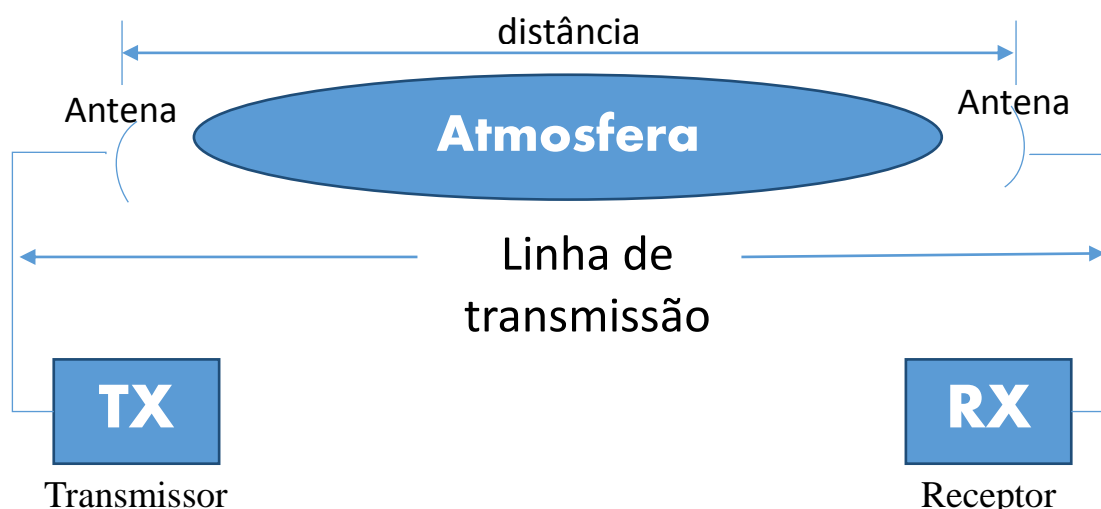
brasileiras. Uma destas é a transmissão em canal aberto para dispositivos portáteis. Criou-se então o modelo ISDB-Tb, onde foram introduzidas melhorias para áudio, vídeo e interatividade (TONIETO, 2006).

2.6 CONCEITOS SOBRE ANTENAS

Para conhecer os tipos de antenas primeiramente se faz necessário diferenciar as antenas como *indoor* e *outdoor*, sendo o primeiro termo aplicado às antenas que se destinam à instalação de forma interna das edificações, podendo ser instaladas fixas nas paredes internas ou simplesmente em móveis próximos ao aparelho de televisão, enquanto o segundo termo destina-se àquelas que são projetadas para instalações externas às edificações, podendo ser fixadas em paredes, lajes e telhados. As antenas externas ficam sujeitas às intempéries e, portanto, deve-se tomar maiores cuidados na sua instalação para evitar queda de desempenho durante o passar do tempo.

Segundo Frenzel (2013), define antenas como dispositivos que fazem a interface entre o transmissor e o espaço livre e entre o espaço livre e o receptor. Em sistemas de radiopropagação, as antenas são usadas para irradiar ondas eletromagnéticas na transmissão e captar ondas eletromagnéticas na recepção (MEDEIROS, 2007), conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4. Composição de um sistema de comunicação wireless.

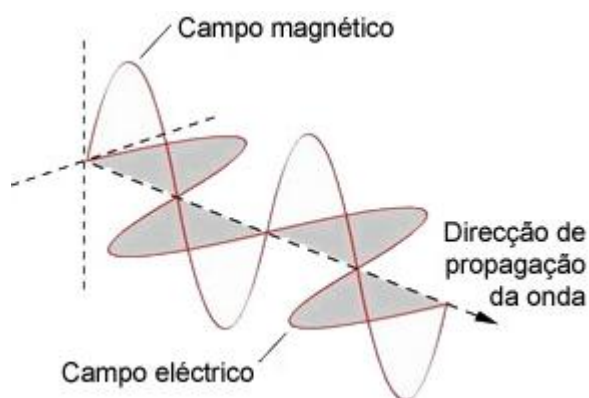


Fonte: Elaborado pelo autor.

Toda a perturbação que se propaga por um meio é chamada de onda, e nesta propagação apenas a energia é transportada, não havendo transporte de matéria (FUKE; KAZUHITO, 2010).

As ondas eletromagnéticas de acordo com Halliday e Resnick (2012), podem ser menos conhecidas, mas são muito usadas; entre elas estão a luz visível e ultravioleta, as ondas sonoras e as ondas de rádio e televisão, as micro-ondas, os raios X e as ondas do radar. As ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material para existir (HALLIDAY e RESNICK, 2012 b), (Figura 5).

Figura 5. Onda Eletromagnética.



Fonte: Adaptado de Nascimento (2000).

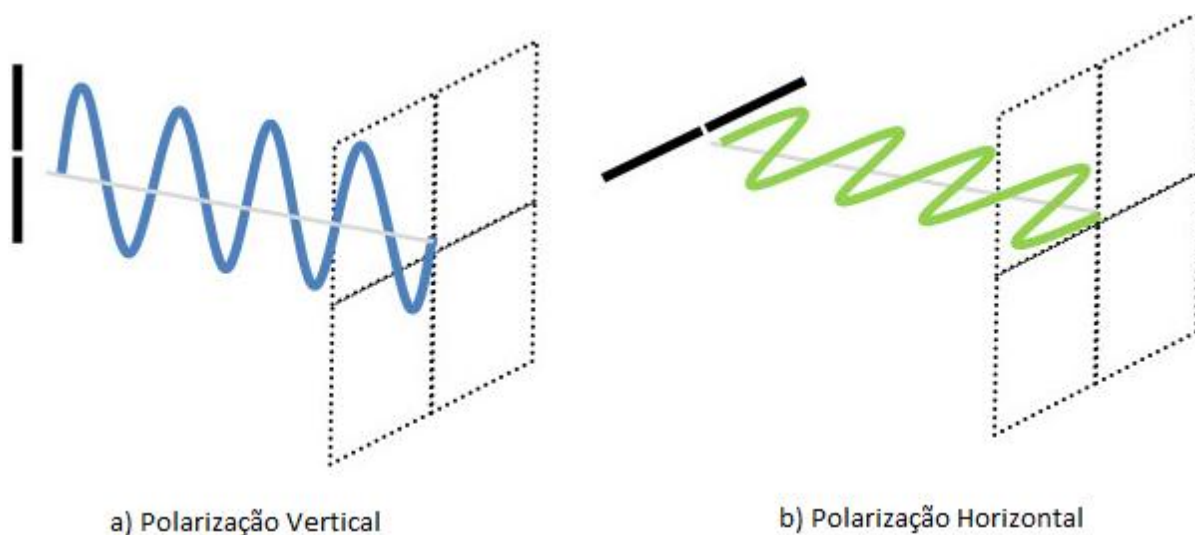
A Figura 5 apresenta a composição da onda eletromagnética, destacando o campo magnético e o campo elétrico e a direção de propagação da mesma.

Assim, como as ondas mecânicas (ondas formadas por deformações materiais), as ondas eletromagnéticas possuem características como: velocidade de propagação, comprimento de onda, amplitude, ciclo, período, polarização da onda e frequência (FUKE; KAZUHITO, 2010).

Pode-se entender frequência como o número de oscilações por unidade de tempo, ou seja, o número de ciclos completos em um determinado intervalo de tempo, medido em Hertz (Hz). O cálculo da frequência de uma onda pode ser realizado utilizando a fórmula matemática $F = 1/T$, onde T representa o período ou intervalo de tempo, medido em segundos (s) (HALLIDAY e RENISCK, 2012 a).

Polarização da onda representa a relação entre a posição do campo elétrico e a superfície da terra. A polarização pode ser linear, vertical e horizontal, como mostra a Figura 6; e não linear, circular e elíptica.

Figura 6. Polarização Linear.



Fonte: Adaptada de PORTAL TELECOMHALL (2011).

Para recepção dos sinais de televisão aberta, se faz necessário uma antena de recepção com as características adequadas para funcionamento deste serviço de radiopropagação, além de outros componentes que fazem parte deste sistema como: as linhas de transmissão, que neste caso é mais comum o uso dos cabos coaxiais; conectores apropriados para a bitola do cabo; e uma haste para elevação do sistema de recepção a fim de adquirir um nível adequado de sinal (ROCHA, 2006).

As antenas disponíveis nos mercados, locais e virtuais têm suas características comparadas à antena isotrópica, que é um modelo hipotético, sem perdas, que irradia ou capta campos eletromagnéticos igualmente em todas as direções (MEDEIROS, 2007).

De acordo com Miyoshi e Sanches (2005) pode-se destacar como as principais características das antenas, de forma geral:

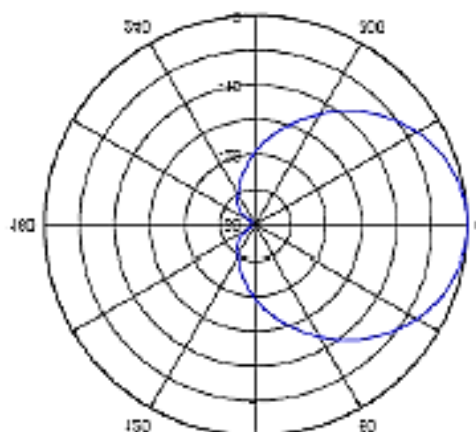
- Faixa de Operação ou Largura de Banda: Intervalo de frequências no qual a antena opera satisfatoriamente, mantendo suas características dentro do especificado.

- Ganho: principal característica de uma antena, medido em dBi, dB isotrópico. Representa a relação entre a energia irradiada pela antena em relação a uma antena isotrópica.
- Polarização: Diretamente relacionada à polarização da onda eletromagnética, conforme representado na Figura 6.
- Diretividade: É a propriedade de uma antena irradiar ou captar mais fortemente um sinal em algumas direções. As antenas que captam ou irradiam com mesma intensidade o sinal em todas as direções são chamadas Omnidirecionais.
- Diagrama de Irradiação: Representação gráfica da potência irradiada pela diretividade de uma antena. Pode ser representado através de diagramas: polar, retangular e tridimensional, sendo o polar o diagrama de mais fácil visualização, o retangular destinado a antenas com elevado índice de diretividade, o que dificulta a identificação do ângulo de maior potência no diagrama polar e por fim o digrama tridimensional que apresenta a energia dissipada ou captada por uma antena.

Através dos diagramas de irradiação é possível detectar os lóbulos, intensidades de recepção e/ou transmissão de uma antena. O lóbulo principal ajuda a definir a diretividade de uma antena, enquanto os lóbulos secundários ou laterais, embora menores, garantem um nível de atuação da antena quando não apontado diretamente para a fonte de sinal. Também é possível identificar o lóbulo traseiro, que representa a intensidade do sinal quando a antena está alinhada em posição totalmente contrária à fonte do sinal, relação frente-costas, e os nullos, que são pontos de interseção onde a antena não terá efetividade na sua funcionalidade.

Os diagramas de irradiação podem ser ilustrados de três formas diferentes, através de gráficos de forma polar, gráficos de forma retangular e gráficos tridimensionais. A Figura 7 ilustra um gráfico de forma polar, onde os lóbulos representam os níveis de intensidade de sinal, o lóbulo principal mostra a maior incidência de sinal.

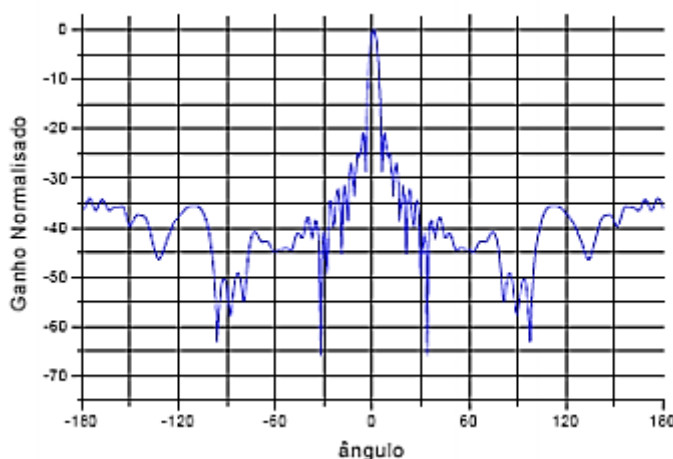
Figura 7. Diagrama polar destacando os lóbulos de irradiação.



Fonte: Camargo (2008).

Observando a Figura 8 pode-se visualizar o gráfico do tipo retangular do diagrama de irradiação de uma antena diretiva. No gráfico o pico de maior incidência é uma parábola com ângulo de abertura estreita, indicando uma antena de alta diretividade, que deve ter um alinhamento preciso ao transmissor ou ponto de irradiação do sinal desejado.

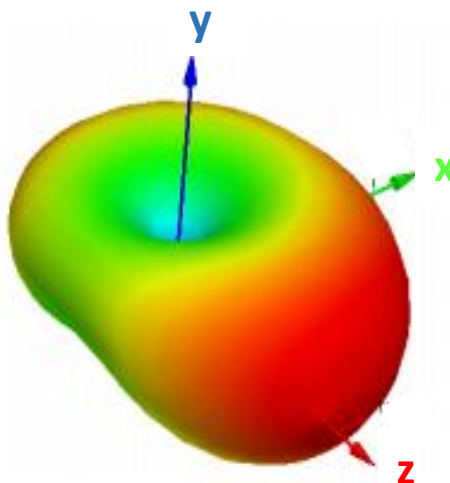
Figura 8. Diagrama retangular destacando o ângulo de maior potência de um sinal.



Fonte: Camargo (2008)

A Figura 9 mostra o gráfico tridimensional do diagrama de irradiação que é interpretado da mesma forma que o gráfico polar, sendo o lóbulo maior o principal, o posterior a este o lóbulo traseiro e os secundários são os lóbulos restantes, porém no gráfico tridimensional a intensidade do sinal também, é representada por cores, varia do vermelho ao azul, onde o vermelho representa o local com maior intensidade de sinal e o azul o local com menor intensidade do sinal desejado.

Figura 9. Diagrama tridimensional da distribuição espacial da potência do sinal.



Fonte: Camargo (2008)

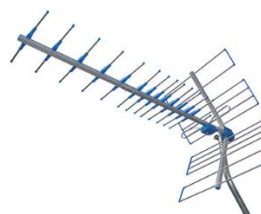
As antenas se diferenciam também quanto à faixa de frequência que operam, *Very High Frequency* (VHF) ou *Ultra High Frequency* (UHF), sendo esta última à faixa utilizada para a transmissão da TV Digital. Algumas antenas são projetadas para operar em ambas as faixas de frequência e outras em apenas um tipo de faixa. Os principais tipos de antenas que recebem o sinal UHF, podem ser vistos nos Tópicos 2.6.1 e 2.6.2:

2.6.1 Yagi

As antenas Yagi são modelos de antenas diretivas, ou seja, necessitam para melhor desempenho serem apontadas na direção da fonte de transmissão do sinal que se deseja captar. Este modelo é composto de elementos com funções definidas, tais como refletor, irradiante e diretores. O elemento irradiante consiste no dipolo de meia onda, o refletor é o elemento responsável por dar o ganho direcional ao conjunto, já os elementos diretores guiam o sinal para o refletor, quanto mais elementos diretores o conjunto tiver maior será ganho desta antena (ROCHA, 2006).

A Figura 10 apresenta um modelo de antena UHF tipo Yagi com refletor composta por 13 elementos projetada para toda a faixa de UHF.

Figura 10. Modelo de Antena Yagi.



Fonte: PROELETRONIC

2.6.2 Log-periódica

Este modelo de antena é apropriado para recepção de ampla largura de banda. O termo Log-Periódica tem origem na propriedade características de radiação que são repetitivas (ou periódicas) em função do logaritmo da frequência de operação dentro de uma faixa de funcionamento (CONTI, 2012)

A Log-periódica possui ganho menor em relação a Yagi, porém este ganho é uniforme em toda a faixa de operação, sendo amplamente utilizada na recepção de TV (ROCHA, 2006, p.41).

A Figura 11 ilustra um modelo de antena Log-periódica recomendada para toda a faixa de UHF.

Figura 11. Modelo de Antena Log-Periódica.



Fonte: AQUÁRIO WIRELESS TECHNOLOGY

Este trabalho apresenta de forma inovadora uma nova concepção para tomada de decisões dentro da área de Telecomunicações. A falta de conhecimento de técnicas que possam ajudar a obter decisões, levam profissionais a indicarem produtos que não seriam as melhores opções dentro do cenário de cada usuário,

levando à perda de credibilidade num mercado competitivo, onde ter domínio do conhecimento pode ser o diferencial.

3. METODOLOGIA

Este trabalho está vinculado ao projeto: “*Análise de Performance da Cobertura de TV Digital em Campos dos Goytacazes*” do Instituto Federal Fluminense (IFF) – *Campus* Centro, que conta com participação de discentes e docentes dos cursos Superior em Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações e Curso Técnico em Telecomunicações, que busca identificar áreas de sombra nas regiões urbana e rurais da referida cidade.

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica para levantamento de informações a respeito da qualidade do serviço de TV digital, buscando obter um núcleo de partida para a pesquisa.

Para avaliar a metodologia multicritério definida para este trabalho foi tomada como base informações obtidas através de critérios, tais como:

- **Nível de sinal recebido pela antena:** Os dados para análise deste item foram obtidos através das medições, utilizando o analisador de espectro;
- **Qualidade de sinal:** Este critério considerara a relação sinal ruído apresentada na recepção dos sinais utilizando o conversor digital;

- **Custo:** Levou em consideração apenas o valor da aquisição das antenas, portanto despesas com mão de obra para instalação não serão atribuídos e;
- **Ganho:** Característica apresentada pelo fabricante.

Após a determinação dos critérios, 5 (cinco) especialistas formados em Telecomunicações responderam o questionário (Apêndice A), cujas informações adquiridas foram utilizadas para atribuir pesos aos critérios.

A fim de definir o melhor modelo de antena disponível para o consumidor no mercado, foram adquiridas 5 (cinco) antenas no comércio local, 2 (duas) do tipo *indoor*, 2 (duas) do tipo *outdoor* e 1 (uma) que pode operar nas duas funções (Tabela 4).

Tabela 4. Antenas adquiridas.

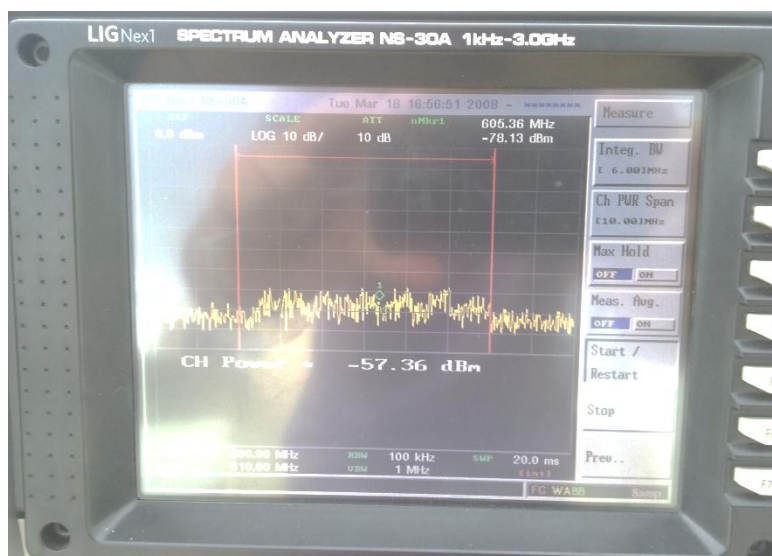
	Aplicação	Custo	Ganho	Modelo / Fabricante	
Antena 1	<i>Indoor</i>	R\$ 41,00	2,5 dBi	DTV-1000 / Aquarius	
Antena 3	<i>Indoor</i>	R\$ 46,00	3 dBi	AI-1000 / Intelbras	
Antenas 2 e 6	<i>Indoor / Outdoor</i>	R\$ 69,00	20 dBi	MDTV-600 / MXT	
Antena 4	<i>Outdoor</i>	R\$ 115,00	12 dBi	Senior HD / Plasmatic	
Antena 5	<i>Outdoor</i>	R\$ 69,00	11 dBi	Log-periódica / Proeletronics	

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A antena MDTV-600, fabricada pela MXT, opera tanto como *indoor* como *outdoor*, o modo em que ela funciona dependerá do local onde será instalada, sendo assim trata-se a antena em modo *indoor* como Antena 2 e Antena 6 em modo *Outdoor*.

Após o levantamento dos critérios e a quantidade de alternativas, definiu-se que os testes seriam realizados em um único ponto, no IFF-Campus Centro, pois está localizado em uma área central da cidade de Campos dos Goytacazes. Para medir a intensidade da potência do sinal optou-se pela utilização do *Spectrum Analyzer*². Este equipamento é próprio do laboratório de televisão dos cursos de Telecomunicações do IFF Campos Centro, o modelo do mesmo é o NS-30A da *Mit Meastech*. Com este equipamento foi possível analisar a intensidade de recepção das portadoras por meio das antenas adquiridas para este trabalho (Figura 12).

Figura 12. Tela do Analisador de espectro na frequência do canal físico 36



Fonte: Própria

Para a verificação de recepção dos sinais medidos pelo analisador de espectro, utilizou-se um conversor de TV Digital modelo DTV-8000 da *Aquarius* conectado a um monitor para verificação de recepção das portadoras. As porcentagens da qualidade de sinal foram consideradas satisfatórias para níveis que

² **Spectrum Analyzer:** um aparelho que mensura e permite visualizar o sinal elétrico no domínio da frequência.

alcançaram mais de 60%, visto a partir de valores abaixo, podem ocorrer digitalização da imagem.

Em dezembro de 2015, foram realizados testes iniciais com o modelo de Antena 5 (*Outdoor*) e um modelo de Antena 1 (*Indoor*), para a definição de um padrão de procedimentos a serem realizados para abastecer os critérios nível de sinal e qualidade de sinal durante os testes (Figura 13).

Figura 13. Apresenta a antena Ant. 5 instalada no suporte de testes no laboratório tele II



Fonte: Própria

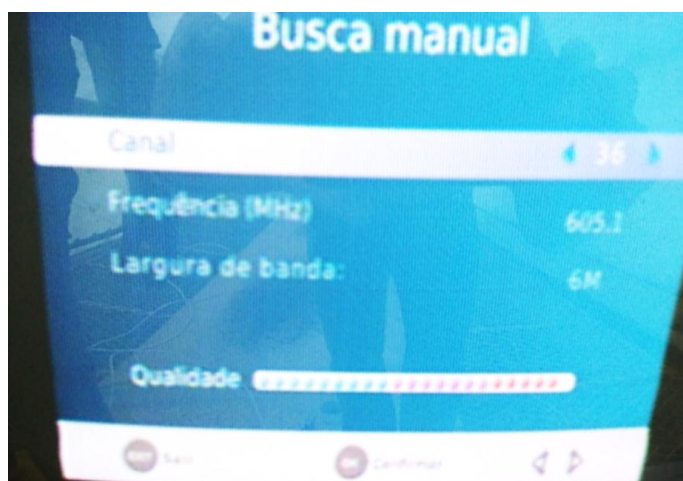
Foi definida a orientação da medição de sinais com a utilização de uma bússola, os níveis de sinais obtidos foram anotados em função de apontamento da antena em relação ao norte, sul, leste e oeste de acordo com a localização do ponto escolhido. Por meio do questionário foi analisado importante pelos especialistas, integrar o critério de qualidade do sinal, sendo encontrado o canal “aberto”, com o nível obtido (Figura 14).

Na Figura 14, foi detectado que o nível de qualidade atente 96%, na frequência de portadora do canal 8.1.

Através do teste piloto os padrões para medições a serem realizadas com as antenas escolhidas para este trabalho foram estabelecidas. Foi proposto que apenas uma medição seria realizada para cada orientação cartesiana, indicada através da bússola, para cada canal, ou seja, em todos os canais verificados foram efetuadas

quatro medições com todas as antenas, totalizando dezesseis medições (Apêndice B).

Figura 14. Qualidade do sinal recebido no ch 36.



Fonte: Própria

Para uma melhor compreensão dos resultados, médias aritméticas e o desvio padrão foram calculados com os dados obtidos dos níveis de sinal e da qualidade de sinal, de todos os canais para cada antena utilizada. Todos os dados obtidos foram inseridos em uma planilha e posteriormente lançados nos *softwares* IPÊ 1.0 e ELETRE III/IV, este último em versão DEMO, para se obter o resultado final.

4. RESULTADOS

4.1 MEDIÇÕES DE SINAIS

No dia 02 de dezembro de 2015 no laboratório de tele II, foi realizado um teste na área externa utilizando a antena Log Periódica – Antena 5, às 18 horas com temperatura de 28° C, nublado e 50% de probabilidade de chuva segundo o site *acuweather.com* (Tabela 5).

Tabela 5. Dados obtidos com a antena Log Periódica (Antena 5)

Modelo	Antena Log Periódica				
Canal	Orientação cartesiana	dBm	Ch Power	Qualidade	Imagem
2.1	Norte	-75,80	-109,3	70%	Sim
	Leste	-74,77	-105,3	85%	Sim
	Sul	-74,19	-104,7	73%	Sim
	Oeste	-74,77	-105,3	69%	Sim
8.1	Norte	-53,22	-28,91	96%	Sim
	Leste	-65,80	-47,41	92%	Sim
	Sul	-58,00	-37,83	89%	Sim
	Oeste	-61,11	-46,95	91%	Sim
12.1	Norte	-71,13	-80,58	86%	Sim
	Leste	-72,13	-103,50	86%	Sim
	Sul	-64,13	-94,66	93%	Sim
	Oeste	-60,00	-92,20	85%	Sim
26.1	Norte	-74,08	-104,60	77%	Sim
	Leste	-74,97	-107,50	86%	Sim
	Sul	-75,80	-106,60	84%	Sim
	Oeste	-74,97	-105,50	80%	Sim

Fonte: Elaborado pelo Autor

Através dos dados obtidos com a antena Log-periódica pode-se verificar que todos os canais tiveram bom desempenho e as imagens puderam ser visualizadas na televisão, sendo o canal 8.1 com maior nível de qualidade de acordo com a média estabelecida. Analisando as porcentagens por orientação cartesiana o canal 8.1 obteve os melhores resultados em quase todas as latitudes e longitudes, porém na latitude Sul o canal 12.1 teve um melhor desempenho.

No dia 03 de dezembro de 2015 no laboratório de tele II, foi realizado um teste na área interna utilizando a Antena1, às 19 horas com temperatura externa de 25° C e interna de 23° C, nublado e 49% de probabilidade de chuva segundo o site *acuweather.com* (Tabela 6).

Tabela 6. Dados obtidos Antena DTV-1000 (Antena 1)

Modelo	Antena Indoor Aquário DTV-1000				
Canal	Orientação cartesiana	dBm	Ch Power	Qualidade	Imagem
2.1	Norte	-75,30	-57,82	30%	Não
	Leste	-77,13	-58,90	42%	Não
	Sul	-75,08	-58,17	27%	Não
	Oeste	-75,63	-58,34	33%	Não
8.1	Norte	-73,47	-104,00	51%	Sim
	Leste	-75,30	-105,80	82%	Sim
	Sul	-74,80	-105,30	77%	Sim
	Oeste	-75,33	-105,80	62%	Sim
12.1	Norte	-76,44	-106,90	22%	Não
	Leste	-74,25	-104,70	39%	Não
	Sul	-74,25	-104,70	41%	Sim
	Oeste	-73,66	-104,10	28%	Não
26.1	Norte	-76,38	-106,90	15%	Não
	Leste	-75,80	-106,30	28%	Não
	Sul	-75,66	-106,10	25%	Não
	Oeste	-75,52	-106,00	18%	Não

Fonte: Elaborado pelo Autor

Analisando as porcentagens obtidas, apresentadas na Tabela 6, três canais tiveram níveis de sinal similares, os canais 2.1, 12.1 e 26.1, não atingindo uma qualidade satisfatória para que o conversor reproduzisse suas programações, dessas apenas o canal 12.1 obteve imagem na latitude Sul. Também podemos observar através dados obtidos com a antena DTV-1000 que apenas o canal 8.1, obteve desempenho satisfatório.

No dia 10 de março de 2016 no laboratório de tele II, foi realizado um teste na área interna utilizando a Antena 2, às 15:45 horas com temperatura externa de 34° C e interna de 23° C, ensolarado e 1% de probabilidade de chuva segundo o site *acuweather.com* (Tabela 7).

Tabela 7. Dados obtidos Antena MXT MDTV 600 (Antena 2)

Modelo	Antena MXT MDTV 600 Indoor				
Canal	Orientação cartesiana	dBm	Ch Power	Qualidade	Imagem
2.1	Norte	-74,61	-57,35	0%	Não
	Leste	-77,05	-57,40	0%	Não
	Sul	-74,86	-57,83	0%	Não
	Oeste	-75,77	-57,60	0%	Não
8.1	Norte	-67,11	-45,15	74%	Sim
	Leste	-66,11	-45,50	82%	Sim
	Sul	-67,80	-49,30	51%	Sim
	Oeste	-67,80	-49,65	60%	Sim
12.1	Norte	-71,58	-56,00	52%	Sim
	Leste	-70,55	-55,72	51%	Sim
	Sul	-73,55	-55,64	45%	Sim
	Oeste	-72,27	-56,10	47%	Sim
26.1	Norte	-74,63	-57,40	0%	Não
	Leste	-74,86	-56,95	0%	Não
	Sul	-75,08	-57,41	0%	Não
	Oeste	-75,25	-57,70	0%	Não

Fonte: Elaborado pelo Autor

Analisando as porcentagens obtidas com a antena 2, as portadoras obtiveram níveis de sinal próximos comparadas entre si. Ao se analisar a qualidade, apenas duas emissoras tiveram sua programação reproduzida no televisor, sendo que o canal 12.1 apresentou imagem em apenas duas direções cartesianas, enquanto o canal 8.1 mesmo obtendo na direção sul porcentagem abaixo do considerado ideal, não apresentou problemas na visualização.

No dia 14 de março de 2016 no laboratório de tele II, foi realizado um teste na área interna utilizando a Antena 3, às 20:00 horas com temperatura externa de 26° C e interna de 23° C, céu limpo e 42% de probabilidade de chuva segundo o site *acuweather.com* (Tabela 8).

Tabela 8. Dados obtidos Antena Intelbras AI 1000 (Antena 3)

Modelo		Antena Indoor Intelbras AI 1000			
Canal	Orientação cartesiana	dBm	Ch Power	Qualidade	Imagem
2.1	Norte	-75,47	-57,75	0%	Não
	Leste	-75,69	-57,80	0%	Não
	Sul	-76,30	-57,70	0%	Não
	Oeste	-74,80	-57,56	0%	Não
8.1	Norte	-75,80	-56,80	51%	Sim
	Leste	-73,88	-56,80	71%	Sim
	Sul	-76,36	-57,01	60%	Sim
	Oeste	-74,61	-57,40	80%	Sim
12.1	Norte	-75,52	-56,90	42%	Sim
	Leste	-75,52	-57,54	60%	Sim
	Sul	-74,27	-56,92	0%	Sim
	Oeste	-75,80	-57,60	0%	Não
26.1	Norte	-76,52	-58,00	0%	Não
	Leste	-75,05	-57,50	0%	Não
	Sul	-75,00	-57,64	0%	Não
	Oeste	-76,58	-58,30	0%	Não

Fonte: Elaborado pelo Autor

Através dos dados obtidos com a esta antena, pode-se observar que apenas o canal 8.1 apresentou bom desempenho. O canal 12.1 em duas direções cartesianas apresentou qualidade na recepção do sinal.

No dia 17 de março de 2016 na área externa do laboratório de tele II, foram realizados os testes com as antenas: Pasmatic HD Senior – Antena4 (Tabela 9) e MXT MDTV 600 – Antena 6 (Tabela 10). Com início às 14:50 horas com temperatura de 29° C, parcialmente ensolarado e 55% de probabilidade de chuva segundo o site *acuweather.com*.

Através dos dados obtidos com a antena 4 pode-se verificar que todos os canais tiveram bom desempenho e as imagens puderam ser visualizadas na televisão, sendo o canal 8.1 com maior nível de qualidade. Analisando as porcentagens por orientação cartesiana os canais 2.1, 8.1 e 12.1 obtiveram os melhores resultados na direção oeste, enquanto canal 26.1 apresentou melhor qualidade quando a antena apontava a direção leste.

Tabela 9. Dados obtidos com a antena Plasmatic Senior HD (Antena 4)

Modelo		Antena Plasmatic Senior HD			
Canal	Orientação cartesiana	dBm	Ch Power	Qualidade	Imagem
2.1	Norte	-75,30	-105,80	68%	Sim
	Leste	-75,30	-104,70	71%	Sim
	Sul	-72,22	-54,31	80%	Sim
	Oeste	-73,44	-103,90	85%	Sim
8.1	Norte	-54,25	-83,33	88%	Sim
	Leste	-62,16	-92,69	82%	Sim
	Sul	-62,58	-43,60	85%	Sim
	Oeste	-65,61	-96,13	94%	Sim
12.1	Norte	-57,72	-88,25	77%	Sim
	Leste	-69,13	-99,66	80%	Sim
	Sul	-68,77	-97,88	77%	Sim
	Oeste	-67,86	-98,38	82%	Sim
26.1	Norte	-76,88	-106,50	60%	Sim
	Leste	-73,08	-106,20	65%	Sim
	Sul	-76,50	-107,00	57%	Sim
	Oeste	-76,00	-105,50	51%	Sim

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 10. Dados obtidos com a antena MXT MDTV 600 (Antena 6).

Modelo		Antena MXT MDTV 600 <i>Outdoor</i>			
Canal	Orientação cartesiana	dBm	Ch Power	Qualidade	Imagem
2.1	Norte	-73,91	-103,90	75%	Sim
	Leste	-69,08	-50,65	68%	Sim
	Sul	-73,77	-56,80	45%	Sim
	Oeste	-71,08	-51,43	65%	Sim
8.1	Norte	-43,77	-74,30	80%	Sim
	Leste	-35,16	-65,69	94%	Sim
	Sul	-33,30	-20,82	88%	Sim
	Oeste	-39,77	-20,85	85%	Sim
12.1	Norte	-54,38	-83,75	74%	Sim
	Leste	-61,36	-91,88	77%	Sim
	Sul	-47,41	-76,96	74%	Sim
	Oeste	-50,94	-33,37	80%	Sim
26.1	Norte	-72,30	-102,70	57%	Sim
	Leste	-57,80	-88,41	68%	Sim
	Sul	-62,27	-95,44	51%	Sim
	Oeste	-66,78	-45,25	68%	Sim

Fonte: Elaborado pelo Autor

Podemos verificar que a antena MXT 600, operando em modo outdoor, apresentou qualidade satisfatória em todas as direções de apontamento, mesmo ocorrendo variações entre os níveis de sinal obtidos. Ainda pode-se destacar que apenas duas portadoras obtiveram melhor qualidade em uma direção.

Com base nestes resultados, foram calculados médias aritméticas e o desvio padrão dos dados obtidos para os critérios Nível de sinal e Qualidade de sinal, conforme mostra a Tabela 11. Estes valores que abasteceram os modelos multicritérios.

Tabela 11. Valores médios para os critérios Nível e Qualidade de sinal.

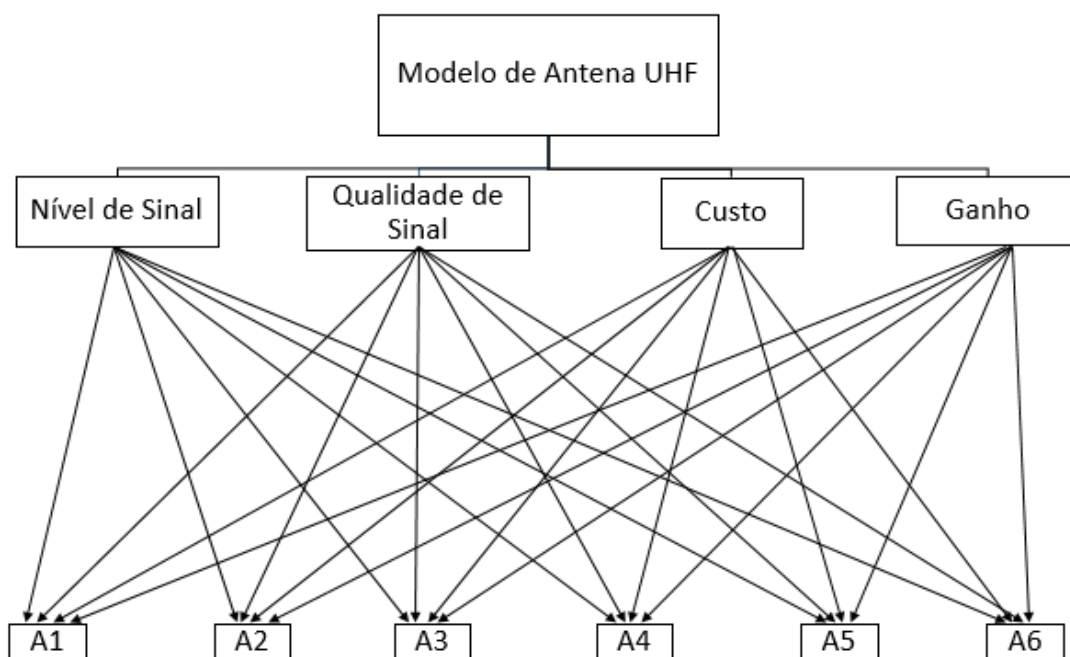
Modelo de Antenas	Nível de sinal ($\bar{x} \pm \sigma$)	Qualidade de sinal ($\bar{x} \pm \sigma$)
Antena 1	75 ± 0,35	33 ± 0,04
Antena 2	73 ± 0,44	25 ± 0,07
Antena 3	76 ± 0,23	11 ± 0,14
Antena 4	71 ± 2,06	77 ± 0,02
Antena 5	71 ± 2,81	84 ± 0,02
Antena 6	59 ± 1,78	71 ± 0,04

Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.2 AHP

Para obter os resultados com o método AHP, foi elaborada a estrutura hierárquica do modelo proposto nesta obra (Figura 15).

Figura 15. Modelo hierárquico proposto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Definidos os critérios, a matriz de decisão foi estruturada com todos os dados pertinentes, apresentados na Tabela 12, a fim de alcançar o objetivo proposto.

Tabela 12. Avaliação das alternativas à luz dos 4 critérios estudados no problema.

	Nível de Sinal	Qualidade de Sinal	Custo	Ganho
Antena 1	75	33	41	2.5
Antena 2	73	25	69	20
Antena 3	76	11	46	3
Antena 4	71	77	115	12
Antena 5	71	84	69	11
Antena 6	59	71	69	20

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Utilizando o método AHP através do software IPÊ foi possível atribuir os pesos aos critérios estabelecidos. As respostas dos especialistas ao questionário apresentaram a relação de preferência, em percentagem, entre os critérios (Tabela 13).

Tabela 13. Porcentagem de peso dos critérios usados no problema, segundo a visão de cinco especialistas.

	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3	Especialista 4	Especialista 5
Nível de Sinal	13	28	27	28	22
Qualidade de Sinal	61	56	58	56	59
Custo	20	6	6	6	12
Ganho	6	10	9	10	7
Razão de Consistência	0,087	0,088	0,097	0,088	0,034

Fonte: Elaborado pelo Autor

Após inserir todos os dados no *software* foi obtido a razão de consistência de 0,044 de acordo com o julgamento (Tabela 14), que segundo a teoria do método aqui utilizado, quando a razão de consistência é menor que 1, maior credibilidade o resultado possui.

Tabela 14. Razão de consistência dos critérios

	Nível de Sinal	Qualidade de Sinal	Custo	Ganho
Nível de Sinal	1	1/3	4	6
Qualidade de Sinal	3	1	5	7
Custo	1/4	1/5	1	2
Ganho	1/6	1/7	1/2	1
Razão de Consistência	0,044			

Fonte: Elaborado pelo Autor

Posteriormente a toda a análise, os pesos foram atribuídos aos critérios (Tabela 15).

Tabela 15. Pesos atribuídos a cada critério proposto.

Critério	%	Pesos
Nível de Sinal	29,5	3
Qualidade de Sinal	54,7	5
Custo	9,9	1
Ganho	5,9	1

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O método AHP também foi utilizado para obter o resultado proposto por este trabalho, estabelecendo qual das antenas testadas pode ser escolhida pelo consumidor de acordo com os critérios estabelecidos. A razão de consistência obtida pelos critérios na análise das alternativas à luz de cada critério estabelecido é apresentada na Figura 16.

Figura 16. Matrizes de avaliação das alternativas estudadas a luz dos critérios estabelecidos.

Nível de Sinal							Qualidade de Sinal						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6		A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	1	1	1	3	3	9	A1	1	3	5	1/7	1/9	1/7
A2	1	1	1/3	3	3	9	A2	1/3	1	3	1/7	1/9	1/7
A3	1	3	1	3	3	9	A3	1/5	1/3	1	1/9	1/9	1/9
A4	1/3	1/3	1/3	1	1	9	A4	7	7	9	1	1/3	1
A5	1/3	1/3	1/3	1	1	9	A5	9	9	9	3	1	3
A6	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1	A6	7	7	9	1	1/3	1
Razão de Consistência 0,056							Razão de Consistência 0,091						
Custo							Ganho						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6		A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	1	5	3	9	5	5	A1	1	1/9	1	1/7	1/7	1/9
A2	1/5	1	1/5	9	1	1	A2	9	1	9	5	5	1
A3	1/3	5	1	9	5	5	A3	1	1/9	1	1/7	1/7	1/7
A4	1/9	1/9	1/9	1	1/5	1/5	A4	7	1/5	7	1	1	1/5
A5	1/5	1	1/5	5	1	1	A5	7	1/5	7	1	1	1/5
A6	1/5	1	1/5	5	1	1	A6	9	1	7	5	5	1
Razão de Consistência 0,071							Razão de Consistência 0,078						

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 16 retrata a matriz das prioridades locais, que representa o desempenho de cada alternativa à luz dos critérios.

Tabela 16. Matriz de prioridades locais

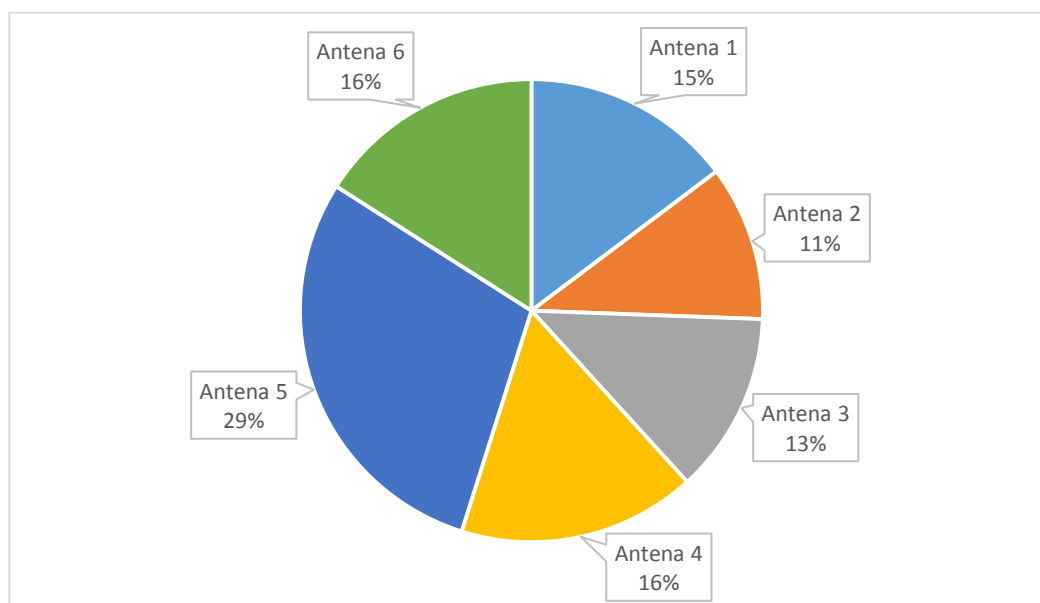
Alternativas	Nível de Sinal	Qualidade de Sinal	Custo	Ganho
A1	0,25	0,07	0,42	0,03
A2	0,21	0,04	0,10	0,35
A3	0,31	0,02	0,30	0,30
A4	0,10	0,22	0,02	0,12
A5	0,10	0,43	0,02	0,12
A6	0,03	0,22	0,08	0,35

Fonte: Elaborado pelo autor.

Utilizando o *software* IPÊ, foi obtido o resultado dentro de todos os critérios: Nível, Qualidade, Custo e Ganho. Assim como a decisão final obtida através do

software. A Figura 17 retrata a prioridade global obtida através do método AHP, tendo como destaque a alternativa 5 com 29% da preferência entre os modelos estudados.

Figura 17 – Prioridade global.



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.3 Electre III

Definidos os critérios, com seus pesos relativos e as alternativas, a matriz de decisão foi estruturada com todos os dados pertinentes, Tabela 17, a fim de alcançar o objetivo proposto.

Tabela 17. Avaliação das alternativas à luz dos 4 critérios estudados no problema.

	Nível de Sinal	Qualidade de Sinal	Custo	Ganho
Antena 1	75	33	109	2.5
Antena 2	73	25	81	20
Antena 3	76	11	104	3
Antena 4	71	77	35	12
Antena 5	71	84	81	11
Antena 6	59	71	81	20
Pesos	3	5	1	1

Fonte: Elaborado pelo Autor

Foi feita uma correção nos valores do critério custo, inseridos no modelo Electre III, uma vez que as alternativas neste atributo são comparadas entre si pelo menor custo. Foi adotado o valor de R\$ 150 como referência e então subtraído o custo real de cada antena adquirida, obtendo assim a relação de maior valor para o produto com custo mais baixo.

Para cada critério valores de limiares de preferência e indiferença foram adotados neste estudo. O limiar de veto não foi utilizado nesta abordagem. Estes valores são atribuídos como um limite que o decisor adota para relação de preferência, indiferença ou veto, a partir do qual pode-se destacar uma alternativa em comparação com outra, Tabela 18.

Tabela 18. Limiares de preferência e indiferença.

Critério	Limiar de Preferência (p)		Limiar de indiferença (q)	
	α	β	α	B
Nível de Sinal	6	6	3	3
Qualidade de Sinal	5	5	1	1
Custo	10	10	5	5
Ganho	3	3	1	1

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com dados coletados e inseridos no *software* obteve-se a matriz de ordenação como mostra a Tabela 19. Nesta tabela pode-se identificar três condições representadas, I, P e P⁻. Onde I representa indiferença no comparativo entre as alternativas analisadas, P significa que uma alternativa tem preferência comparada a outra e por fim P⁻ que representa a subordinação de uma alternativa em comparação com outra.

Tabela 19. Matriz de ordenação.

	Antena 1	Antena 2	Antena 3	Antena 4	Antena 5	Antena 6
Antena 1	I	P	P	P ⁻	P ⁻	P ⁻
Antena 2	P ⁻	I	P	P ⁻	P ⁻	P ⁻
Antena 3	P ⁻	P ⁻	I	P ⁻	P ⁻	P ⁻
Antena 4	P	P	P	I	P ⁻	I
Antena 5	P	P	P	P	I	P
Antena 6	P	P	P	I	P ⁻	I

Fonte: Elaborado pelo Autor

A Tabela 20 apresenta a matriz de concordância global obtido pelo método electre III.

Tabela 20. Concordância Global.

Concordância global						
C	Antena 1	Antena 2	Antena 3	Antena 4	Antena 5	Antena 6
Antena 1	1,00	0,90	1,00	0,40	0,40	0,40
Antena 2	0,40	1,00	0,90	0,50	0,50	0,50
Antena 3	0,50	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40
Antena 4	0,81	0,80	0,78	1,00	0,40	0,80
Antena 5	0,79	0,90	0,76	1,00	1,00	0,90
Antena 6	0,60	0,70	0,60	0,20	0,20	1,00

Fonte: Elaborado pelo Autor

Como não foram utilizados valores de veto nesta análise, a matriz de credibilidade, apresentada na Tabela 21 apresenta os valores iguais aos de concordância.

Tabela 21. Matriz de credibilidade.

Matriz de credibilidade (δ_s)						
δ_s	Antena 1	Antena 2	Antena 3	Antena 4	Antena 5	Antena 6
Antena 1	1,00	0,90	1,00	0,40	0,40	0,40
Antena 2	0,40	1,00	0,90	0,50	0,50	0,50
Antena 3	0,50	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40
Antena 4	0,81	0,80	0,78	1,00	0,40	0,80
Antena 5	0,79	0,90	0,76	1,00	1,00	0,90
Antena 6	0,60	0,70	0,60	0,20	0,20	1,00

Fonte: Elaborado pelo Autor

A Tabela 22 apresenta os resultados das ordenações otimista (*Descending Distillation*), pessimista (*Ascending Distillation*) e a classificação final do modelo.

Tabela 22. *Ranking* de ordenações e classificação final.

<i>Descending Distillation</i>		<i>Ascending Distillation.</i>		Classificação final.	
<i>Ranking</i>	Ordenação	<i>Ranking</i>	Ordenação	<i>Ranking</i>	Ordenação
1	Antena 5	1	Antena 1 Antena 4 Antena 5 Antena 6	1	Antena 5
2	Antena 4 Antena 6	2	Antena 2	2	Antena 4 Antena 6
3	Antena 1 Antena 2 Antena 3	3	Antena 3	3	Antena 1
				4	Antena 2
				5	Antena 3

Fonte: Elaborado pelo Autor

5. DISCUSSÕES

O método AHP utilizado para definição de pesos dos critérios de acordo com a visão dos especialistas da área de telecomunicações trouxe confiabilidade aos dados aplicados neste trabalho.

Segundo SAATY, a grande vantagem do método AHP é permitir que o usuário atribua, intuitivamente, pesos relativos para múltiplos critérios, ou múltiplas alternativas para um dado critério, ao mesmo tempo em que realiza uma comparação par a par entre os mesmos. Isso permite que, mesmo quando duas variáveis são incomparáveis, com os conhecimentos e a experiência das pessoas, pode-se reconhecer qual dos critérios é mais importante (SAATY, 1991).

O AHP tem um resultado direto, podendo ser utilizado em qualquer tomada de decisão, onde o tomador de decisão possa ser capaz de comparar as opções, segundo critérios previamente estabelecidos (JORDÃO; PEREIRA, 2006).

Para NETO (2015) o método AHP apresenta muita sensibilidade ao conjunto de alternativas, por isso não é diretamente indicado para ordenação, mas sim para escolha ou seleção dentro de um determinado contexto, sendo importante sua utilização na alocação de prioridades.

A análise pelo método AHP trouxe algumas considerações importantes, sendo possível detectar qual a melhor opção de acordo com cada critério e a melhor opção global. Ao analisarmos as alternativas dentro do critério nível de sinal, a antena 3

apresentou o melhor rendimento, porém quando analisamos os resultados apenas do critério qualidade a mesma antena obteve o pior resultado entre os modelos. Neste critério a antena 5 se apresenta como a melhor opção. A antena 1 obteve a preferência dentro do critério Custo, enquanto no critério Ganho, a melhor alternativa foi o modelo híbrido, tratado como antena 2 e 6, em função da sua possibilidade de instalação, indoor ou outdoor.

De maneira global o método AHP retrata a antena 5 como a melhor opção, ou seja, dentro da análise multicritério proposta esta alternativa seria a indicada. Porém na impossibilidade de aquisição deste modelo, por falta no mercado por exemplo, o método deveria ser novamente feito descartando este modelo, o que ao final da nova análise pode gerar um resultado totalmente diferente para as outras alternativas.

O método Electre III foi utilizado neste trabalho para estabelecer um ranking, classificação, entre os modelos de antenas analisados. Foi escolhido este método de multicritério pois seu resultado é aceito mesmo que alguma alternativa analisada não possa ser uma opção de aquisição, diferentemente do método AHP.

Uma aplicação deste método foi apresentada por Barreto (2015), onde o mesmo classificou livros didáticos e conteúdos programáticos da disciplina de eletrônica industrial do curso técnico em eletrotécnica do IFF Campos Centro, obtendo resultado aceitável pelos decisores do processo.

De acordo com o resultado obtido através do método Electre III, analisando as condições de cada linha de alternativas por colunas da matriz de ordenação, verifica-se que a Antena 2 superou apenas a Antena 3 sendo superada pelas outras alternativas. A Antena 1 apresentou dois pontos de preferência, um sobre a Antena 1 e Antena 3, apresentando subordinação a três antenas. Todas as alternativas subordinam a Antena 3. A Antena 4 e a Antena 6 obtiveram os mesmos resultados, pontos de preferência, quando comparada com a Antena 1, Antena 2 e Antena 3, foram indiferentes para elas mesmas e obteve subordinação quando comparada com a Antena 5. Esta última superou todas as alternativas.

Considerando apenas as antenas do tipo *indoor*, a Antena 1 supera as outras duas alternativas, Antena 2 e Antena 3. Na comparação dos modelos *outdoor*, nota-se que a Antena 5 subordina a Antena 4 e a Antena 6. Observa-se também na

Matriz de Ordenação que todas as antenas *indoors* apresentaram subordinação as alternativas *outdoor*.

Se o decisor considerar apenas a ordenação otimista a Antena 5 seria a melhor opção, a Antena 4 e a Antena 6 poderiam ser uma alternativa caso a aquisição da primeira opção não seja possível, a Antena 1 é a alternativa menos apropriada e a Antena 2 e a Antena 3 seriam a pior opção. Porém especulando a utilização do resultado obtido na ordenação pessimista o consumidor pode adquirir qualquer uma das alternativas Antena 4, Antena 5 e Antena 6, pois as três são, segundo esta ordenação, uma boa opção de escolha. A Antena 1 pode ser uma possibilidade caso as primeiras opções não sejam encontradas. A Antena 2 seria a opção menos apropriada no caso em questão e Antena 3 é a pior opção dentre as alternativas propostas.

Um fato interessante que ocorre em ambas as ordenações e que as alternativas do modelo *outdoor*, Antena 4, Antena 5 e Antena 6 sempre aparecem como melhores opções sobre as do modelo *indoor*, Antena 1, Antena 2 e Antena 3. Isso ocorre devido ao desempenho das antenas do modelo externo superar o outro modelo, interno, como mostrou a matriz de ordenação.

Considerando o resultado final, onde a melhor alternativa é a Antena 5 que ocupa o primeiro nível de classificação. As alternativas Antena 4 e Antena 6 foram classificadas no segundo nível, podendo assim ser uma opção de escolha para o decisor. A Antena 1 ocupa o terceiro nível, podendo ser uma opção apenas na falta das outras três alternativas. A Antena 2 por estar no quarto nível é a opção menos provável e a alternativa que ocupa o último nível de classificação é considerada a pior opção para o consumidor. Analisando os resultados, seja na ordenação otimista quanto na pessimista, as antenas do modelo *outdoor* se apresentam como as melhores opções em comparação com as do modelo *indoor*.

A Tabela 23 apresenta o ranking obtido através dos métodos multicritério adotados neste projeto, AHP e Electre III. Comparando os resultados obtidos uma mesma antena foi detectada como uma opção que atende todos os critérios estabelecidos nesta pesquisa.

Tabela 23 – Comparação dos resultados entre os métodos aplicados

Ranking	AHP	ELECTRE III
1	5	5
2	4; 6	4; 6
3	1	1
4	2	3
5	3	2

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como foi mencionado anteriormente as alternativas Antena 2 e Antena 6 tratam-se de uma mesma antena que pode funcionar tanto como *indoor* como *outdoor*, sua função vai depender do local, interno ou externo, que esta será instalada. Observando os resultados apenas deste equipamento quando esta trabalha de modo *outdoor* seu desempenho supera ela mesma em modo *indoor*.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta de forma inovadora uma nova concepção para tomada de decisões dentro da área de Telecomunicações. A decisão constitui um grande desafio para executivos e líderes, seja no setor público ou privado. Especialmente quando a subjetividade e os julgamentos de valor agregam complexidade ao ambiente desafiador. A falta de conhecimento de técnicas que possam ajudar a obter decisões, levam técnicos a indicarem produtos que não seriam as melhores opções dentro do cenário de cada usuário, levando a perda de credibilidade num mercado competitivo, onde ter domínio do conhecimento pode ser o diferencial.

A análise multicritério se mostrou uma ferramenta importante na tomada de decisão, que embora pareça simples, pode acarretar em um grande descontentamento do usuário por adquirir um produto que não atenda às necessidades. Embora não tenha sido encontrado nas bases pesquisadas, trabalhos relacionados a análise multicritério na área de Telecomunicações, esta ferramenta se apresenta com eficiência, trazendo maior credibilidade e precisão nas escolhas de equipamentos na área, tornando as decisões menos intuitivas e mais coerentes.

Em consulta aos especialistas da área foram definidos os modelos de antenas que seriam utilizadas nesta análise, buscando analisar modelos *indoor* e *outdoor*, com ganhos e estruturas diferentes, onde após os testes pode-se verificar a superioridade de desempenho dos modelos *outdoor*.

Ainda junto aos especialistas foram obtidos os critérios e o peso dos mesmos para serem inseridos na matriz de decisão. Para todos os consultados o critério mais importante foi a qualidade de sinal, o menos importante foi o custo de cada antena, detalhados no corpo deste trabalho.

Dentro desta análise, ressaltamos que todos os sinais medidos na área central com os modelos *outdoor* atenderam aos níveis de qualidade esperados, não sendo percebido durante os testes qualquer problema de digitalização ou perda de sinal. Quanto aos testes *indoor*, apenas uma portadora apresentou desempenho satisfatório, enquanto as outras 3 portadoras medidas tiveram desempenho abaixo das expectativas.

6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros podem-se enumerar:

- Realização de testes em outras regiões do município de Campos dos Goytacazes, buscando obter um modelo de antena adequado para cada localidade;
- Elaborar um levantamento estatístico com os dados obtidos para controle da qualidade da recepção dos sinais de TV Digital e;
- Aplicação de outros métodos de auxílio multicritério à decisão para comparação de resultados e determinação do método mais eficaz nessa área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, M. S. de. *Televisão digital*. São Paulo: Érica, 2007.

ALMEIDA, R. C. *Avaliação da gestão de uma empresa através do gerenciamento da manutenção (CMMS) e auxílio multicritério*. Campos dos Goytacazes, 2014.

AMORIM, E. de. História da TV brasileira. São Paulo: Centro Cultural São Paulo, 2007. 123 p. (Coleção Cadernos de Pesquisa; v.11). Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/45550502/AMORIM-2008-Historia-TV-Brasileira>>. Acesso em: 15 set. 2015.

ANTÔNIO FILHO. *Telejornalismo Campista: A História da TV aberta*, em Campos dos Goytacazes. Rio de Janeiro: Autografia, 2015. 113 p.

AQUÁRIO WIRELESS TECHNOLOGY. Disponível em: < [http://www.aquario.com.br/?action=produto&id=42#!prettyPhoto\[gallery2\]/0/](http://www.aquario.com.br/?action=produto&id=42#!prettyPhoto[gallery2]/0/)> Acesso em: 20 de jun. 2015.

BARRETO, W. de S. *Seleção de livros e conteúdo programático de disciplina por auxílio multicritério à decisão*. 2015. 105 f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional) – Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes. 2015.

BESTEIRO, A. M. et al. *A Utilização do método AHP para traçar, como ferramenta para o auxílio a decisão de um candidato, a escolha de um curso de engenharia*. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (SEGeT), 2009. Resende.

BRASIL. Decreto 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, Brasília, DF, 30 jun. 2006. Seção 1, p. 51.

CAMARGO, C. *História da Televisão*. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/pdf/2397-historia-da-televisao.htm>>. Acesso em 18 ago. 2015.

CAMARGO, T. F. de. *Estudo de antenas planares para aplicações em 2,4 GHz*. 2008. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.

COELHO JUNIOR, H. *Sistema de Transmissão no Padrão Brasileiro de TV Digital*. Disponível em: <<http://www.midiacom.uff.br/~debora/fsmm/trab-2008-2/transmissao.pdf>>. Acesso em 18 ago. 2015.

CONTI, D.S.J. Tipos de Antenas e Suas Propriedades Parte 1. *Revista Saber Eletrônica*, ano 48, n. 46, mai-jun. 2012.

CORDEIRO NETTO, O. M. et al. Métodos multicritério aplicada ao planejamento de recursos hídricos: o caso da escolha de um sítio de barragem de regularização no Sudoeste da França. Parte 1 – Discussão Teórica. In: *Congresso da ABRH*, 1993; Gramado-RS. **Anais...**

COSTA, H. G. *Auxílio Multicritério à Decisão: Método AHP*. Rio de Janeiro: Abepro, 2006.

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: Evolução & Revolução*. 12. ed. São Paulo: Érica, 1998.

FRENZEL, L. E. *Fundamentos de Comunicação Eletrônica: Linhas, Micro-ondas e Antenas*. 3. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. ISBN 978-85-8055-155-6.
FUKE, L. F.; KAZUHITO, Y. *Física para o ensino médio: terminologia, óptica e ondulatória*. São Paulo: Saraiva, 2010. v. 2.

GENERINO, R. C. M. *Contribuição da abordagem multicritério na seleção de alternativas de reuso de água: aplicação em um caso de irrigação agrícola e*

paisagística no Distrito Federal. 2006. 202 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.

GIANNOULIS, C.; ISHIZAKA, A. A Web-based decision support system with ELECTRE III for a personalised ranking of British universities. **Decision Support Systems**, v.48, Issue 3, p. 488-497, February 2010.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. *Fundamentos da física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica*. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biase. Rio de Janeiro: LTC, 2012, v. 2.(a).

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. *Fundamentos da física: Eletromagnetismo*. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biase. Rio de Janeiro: LTC, 2012, v. 3.(b).

HASHEMI, S. S, et al. Multicriteria group decision making with ELECTRE III method based on interval-valued intuitionistic fuzzy information. *Applied Mathematical Modelling*, v. 40, n. 2, p. 1554–1564, 15 jan. 2015

JORDÃO, B. M. da C.; PEREIRA, S. R. *A análise multicritério na tomada de decisão: O Método Analítico Hierárquico de T. L. Saaty*. Coimbra: Instituto Superior de Engenharia de Coimbra - Departamento de Engenharia Civil, 2006.

LADEIRA, R. C. *Aplicação de uma metodologia para seleção farmacoeconômica de medicamentos anti-hipertensivos por gestores da área de saúde*. 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional) – Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2014.

LISBOA, E. F. A. *Apostila de Pesquisa Operacional*. Disponível em: <<http://www.ericolisboa.eng.br/cursos/apostilas/po/index.htm>>. Acesso em: 13 set. 2015.

MANO, L. *Primeira transmissão pública de TV a cores no Brasil*. Disponível em: <http://www.jblog.com.br/hojenahistoria.php?itemid=25926&c_atid=152>. Acesso em: 15 set. 2015.

MARTINS, K. K. *A Influência da Televisão na Formação dos Jovens Brasileiros*. Disponível em: <<http://www.sbs.com.br/e-talks/a-influencia-da-televisao-na-formacao-dos-jovens-brasileiros/>>. Acesso em: 13 set. 2015.

MEDEIROS, J. C. O. *Princípios de Telecomunicações: Teoria e Prática*. São Paulo: Érica, 2007.

MEGRICH, A. *Televisão digital: princípios e técnicas*. São Paulo: Érica, 2009.

MENDES, L. F. R. *Análise multicritério para universalização dos serviços elétricos em domicílios rurais isolados da região Norte Fuminense*. 2013. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2013.

MENDONÇA, F. M.; INFANTE, C. E. D. de C.; VALLE, R. A. B. do. Aplicação do método electre III na avaliação de desempenho de redes de empresas produtoras de artesanato: o caso da região de Minas Gerais. *Symposium*, Ed. 16, v.8, n. 2, p 65-81, jul-dez 2010.

MIYOSHI, E. M.; SANCHES, C. A. *Projetos de Sistemas de Rádio*. São Paulo: Érica, 2005.

MONTEZ, C.; BECKER, V. *TV Digital Interativa: conceitos, desafios e perspectivas para o Brasil*. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2005. 160p.

MORETTI, G. N.; SAUTTER, K. D.; AZEVEDO; J. A. M. ISO 14001 *implementar ou não?* Uma proposta para a tomada de decisão. *Eng. Sanit. Ambient.* 2008, v.13, n.4, p. 416-425. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n4/a10v13n4.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

NASCIMENTO, J. do; *Telecomunicações*. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000. ISBN 85.356.1113-0.

NETO, A. R.da S. *Priorização de plataforma offshore para manutenção preventiva de telecomunicações através do método AHP*. 2015. 106f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa Operacional e Inteligência Artificial) - Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2015.

PORTAL ANATEL. *Consulta Entidades Outorgadas*. Disponível em: <<http://sistemas.anatel.gov.br/siscom/consulta/default.asp>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

PORTAL ABERT. *O crescimento socioeconômico do Brasil e a Radiodifusão*. Disponível em: <<http://www.abert.org.br/web/index.php/dados-do-setor/estatisticas/radiodifusao-socioeconomico>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

PORTAL BRASIL SAT DIGITAL. Lista de canais terrestres: *Listando canais de Campos dos Goytacazes - RJ*. Disponível em: <http://www.portalbsd.com.br/novo/terrestres_channels.php?channels=127>. Acesso em: 20 fev. 2014.

PORTAL DA CAMARA DE VEREADORES DE CAMPOS DOS GOYTACAZES. *TV Câmara em sinal aberto e na Rede Legislativa*. Disponível em: <http://www.camaracampos.rj.gov.br/tv-camara-em-sinal-aberto-e-na-rede-legislativa-digital>. Acesso em: 22 ago. de 2015.

PORTAL DO MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES. *Dados do Setor de Radiodifusão*. Disponível em: <<http://www.mc.gov.br/dados-do-setora>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

PORTAL DO MINISTERIO DAS COMUNICAÇÕES. *TV Digital*. Disponível em: <<http://www.mc.gov.br/tv-digital>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

PORTAL LINE UP BRASIL. *Lista de canais terrestres: Listando canais de Campos dos Goytacazes – RJ*. Disponível em: <<http://lineup-br.com/cidade.php?idC=95>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

PORTAL MELHOR ANTENA. *Introdução sinal de TV Aberta: Frequências, canais, VHF e UHF*. Disponível em: <<http://www.melhorantena.com.br/introducao-sinal-tv-aberta-frequencias-canais-vhf-e-uhf/>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

PORTAL TELECO. *Rádio e TV*. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tv.asp>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

PORTAL TELECO. *Fim da TV Analógica*. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tvdigital_desligamento.asp>. Acesso em: 18 jun. 2015.

PORTAL TELECOMHALL. Disponível em: <<http://www.telecomhall.com/what-is-antenna.aspx>>. 2011. Acesso em: 18 jun. 2015.

PROELETRONIC. Disponível em: <<http://www.proeletronic.com.br/produtos/antena-uhf-yagi-banda-total/>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

ROCHA, S. *Antenas e Propagação*. Rio de Janeiro: Studium Telecom. 2006. 1. ed. ISBN 978-85-908626-1-1.

SAATY, T.L. *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo: Editora Makron, 1991.

SALATIEL, J. R. *60 anos da TV no Brasil: Da improvisação ao vivo à era digital*. Disponível em: <<http://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/60-anos-da-tv-no-brasil-da-improvisacao-ao-vivo-a-era-digital.htm>>. Acesso em: 15 set. 2015.

SILVA, G. M. *TV Analógica x TV Digital*. 2008. Disponível em: <<http://meuartigo.brasilecola.com/atualidades/tv-analogica-x-tv-digital.htm>>. Acesso em: 13 set. 2015.

SILVA JÚNIOR, R.A. *TV digital: introdução ao sistema de televisão digital*. Santa Rita do Sapucaí: Inatel, 2012.

SILVA, R. M. da. Considerações Sobre Métodos de Decisão Multicritério. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO ITA, 11., 2005. São José dos Campos.

SITE OFICIAL DA TV DIGITAL BRASILEIRA. *Diferenças entre TV Digital aberta e TV Digital por assinatura*. Disponível em: <<http://dtv.org.br/index.php/veja-tambem/item/16-diferencas-entre-tv-digital-aberta-e-tv-digital-por-assinatura>>. Acesso em: 18 de jun. 2015.

SOBRAPO. *Pesquisa Operacional*. Disponível em: <http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php>. Acesso em: 18 jul. 2015.

TAVARES, W. M. L. *Implantação da televisão Digital no Brasil*. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/arquivos-pdf/pdf/108553.pdf>>. Acesso em 15 set. 2015.

TCHEMRA, A. H. *Tabela de Decisão Adaptativa na Tomada de Decisões Multicritério*. São Paulo, 2009.

TONIETO, M. T. *Sistema brasileiro de TV Digital – SBTVD uma análise política e tecnológica na inclusão social*. 2006. 267 f. Dissertação (Mestrado Profissional em

Ciências da Computação) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2006.

VINCKE, P. Multicriteria decision-aid. Inglaterra: John Wiley & Sons Ltd. 1992.

APÊNDICE A

Questionário de apoio para elaboração de critérios para escolha de antenas UHF para a cidade de Campos dos Goytacazes.

Meu nome é Wilton Ribeiro sou docente do IFF Campos Centro e atualmente estou coordenando o curso técnico de Telecomunicações. Este questionário faz parte do minha dissertação de mestrado em pesquisa operacional e inteligência computacional da UCAM Campos. Após este levantamento, serão adquiridas alguns modelos de antenas para realização de testes que terão por objetivo desenvolver uma metodologia multicriterial para apoiar na escolha do modelo de antena ideal para atender à população do município.

Abaixo seguem alguns critérios importantes para considerar ao adquirir uma antena de UHF. Estas informações podem ser obtidas através de dados fornecidos pelos fabricantes do produto ou com técnicos especializados.

Custo da antena;
Nível de Sinal;
Qualidade de sinal (SNR ou %);
Ganho;
Modelo (Yagi, Log Periódica, Boca de jacaré, Espinha de peixe...)

Comparando os critérios entre eles, aponte o que você considera mais importante.

- Custo
- Nível de Sinal

Informe na escala abaixo o quanto o critério escolhido anteriormente é preferível, seguindo a escala de Saaty (1- Igual importância; 3 - Moderadamente importante; 5 - Forte importância ; 7 - Importância muito forte; 9 - Extremamente importante; 2,4,6,8 - valores intermediários)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Igual importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente importante

- Custo
- Qualidade de sinal

Informe na escala abaixo o quanto o critério escolhido anteriormente é preferível, seguindo a escala de Saaty (1- Igual importância; 3 - Moderadamente importante; 5 - Forte importância ; 7 - Importância muito forte; 9 - Extremamente importante; 2,4,6,8 - valores intermediários)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Igual importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente importante

Custo

Ganho

Informe na escala abaixo o quanto o critério escolhido anteriormente é preferível, seguindo a escala de Saaty (1- Igual importância; 3 - Moderadamente importante; 5 - Forte importância ; 7 - Importância muito forte; 9 - Extremamente importante; 2,4,6,8 - valores intermediários)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Igual importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente importante

Nível de sinal

Qualidade de sinal

Informe na escala abaixo o quanto o critério escolhido anteriormente é preferível, seguindo a escala de Saaty (1- Igual importância; 3 - Moderadamente importante; 5 - Forte importância ; 7 - Importância muito forte; 9 - Extremamente importante; 2,4,6,8 - valores intermediários)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Igual importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente importante

Nível de sinal

Ganho

Informe na escala abaixo o quanto o critério escolhido anteriormente é preferível, seguindo a escala de Saaty (1- Igual importância; 3 - Moderadamente importante; 5 - Forte importância ; 7 - Importância muito forte; 9 - Extremamente importante; 2,4,6,8 - valores intermediários)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Igual importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente importante

Qualidade de sinal

Ganho

Informe na escala abaixo o quanto o critério escolhido anteriormente é preferível, seguindo a escala de Saaty (1- Igual importância; 3 - Moderadamente importante; 5 - Forte importância ; 7 - Importância muito forte; 9 - Extremamente importante; 2,4,6,8 - valores intermediários)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Igual importância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente importante

Agradeço a sua participação

ENVIAR

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. Denunciar abuso - Termos de Serviço - Termos Adicionais

Google Forms

APÊNDICE B

Avaliação de dois modelos de antenas UHF para recepção de sinais de TV digital no município de Campos dos Goytacazes, RJ

Wilton do Nascimento Ribeiro

**(Instituto Federal Fluminense (IFF) / Universidade Candido Mendes (UCAM) –
wribeiro@iff.edu.br)**

Milton Erthal Junior

(Universidade Candido Mendes (UCAM) – miltonerthal@hotmail.com)

Resumo: No Brasil, as transmissões dos sinais de TV aberta vem sofrendo grandes mudanças, deixando de ser propagados de forma analógica para digital, porém esta alteração obriga os telespectadores a adquirirem antenas que recepcionem este novo tipo de radiopropagação. Devido a existência de vários modelos deste equipamento de recepção, se faz necessário verificar a eficiência quanto ao nível de sinal captado, que resulta na qualidade da imagem recebida. Este trabalho analisou vários aspectos técnicos de dois tipos de antenas, uma indoor e outra outdoor, verificando o nível de sinal dos canais digitais operantes na cidade de Campos dos Goytacazes através do Spectrum analyzer, aparelho que mensura e permite a visualização do nível de sinal elétrico no domínio da frequência e por meio de um conversor digital que permite a verificação da qualidade da recepção. Com os dados obtidos foram realizadas as médias da qualidade do nível de sinal das duas antenas para cada canal digital disponível na cidade, comparando estas com as orientações cartesianas e com o canal, afim de responder o questionamento proposto.

Palavras-chave: TV digital, antena, sinal digital, qualidade, medições.

1 INTRODUÇÃO

O ser humano em sua essência vive em sociedade e para manter o convívio entre seus semelhantes utiliza a comunicação como meio de transmitir as informações entre si. Atualmente as informações obtidas pela humanidade são geradas de diversas partes necessitando que a comunicação evolua juntamente com a tecnologia que a permite acontecer (NASCIMENTO, 2000).

Entre as tecnologias existentes, que auxiliam a evolução humana, destacam-se as Telecomunicações, que têm por objetivo atender às necessidades da comunicação à distância. As trocas de informações através desta tecnologia ocorrem por meio de equipamentos terminais compatíveis, que possibilitam a ampliação dos canais de comunicação (MEDEIROS, 2007), onde a televisão possui um forte impacto.

No Brasil a televisão é um importante veículo de comunicação e entretenimento, uma vez que este meio faz parte da cultura do país e atinge um

grande número de pessoas sem exigir muito esforço para a disseminação da informação ocorra (MARTINS, 2009).

Esta tecnologia que permite a comunicabilidade através de imagens e sons, vem passando por modificações nos últimos anos, deixando de ser transmitida de forma analógica para ser irradiada de forma digital, melhorando a qualidade do serviço para o consumidor final, o telespectador (MARTINS, 2009).

A obrigatoriedade da transição digital pela TV aberta foi estabelecida pelo decreto nº 5.820/2006 (BRASIL, 2006), que prevê o desligamento do sinal analógico em dezembro de 2018 (MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES, 2015), isso faz com que todas as emissoras e retransmissores operantes no Brasil tenham que se adequar, assim como os telespectadores, que necessitaram adquirir equipamentos que recebam e decodifiquem o sinal digital.

Para recepção dos sinais de televisão aberta, se faz necessário uma antena de recepção com as características adequadas para funcionamento deste serviço de radiopropagação (ROCHA, 2006). Este equipamento de recepção pode ser encontrado em lojas especializadas em duas características importantes: *indoor* e *outdoor*. O primeiro termo aplicado às antenas que se destinam a instalação de forma interna das edificações, e o segundo destina-se aquelas que são projetadas para instalações externas.

No município de Campos dos Goytacazes, estado do Rio de Janeiro, 17 canais de TV aberta possuem concessão de transmissão segundo o site lineup-br³, destes 4 já disponibilizam o sinal digital para a população, fazendo com que estes comecem a procurar as antenas que melhor se adaptam as suas necessidades.

Este artigo tem como objetivo comparar as médias da qualidade de sinal em ambas antenas de todos os canais digitais disponíveis no referido município, através das medições realizadas com o analisador de espectro e conversor digital em todas as orientações cartesianas obtendo assim o melhor modelo para a recepção do sinal digital.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A TV TUPI foi a primeira emissora a realizar uma transmissão de TV aberta no Brasil ocorreu em 03 de abril de 1950, porém nem todas as cidades tiveram acesso (CAMARGO, 2009). Na década de 1970 a Globo se torna pioneira na transmissão da mesma programação para todo o país (SALATIEL, 2010) e nesta mesma década, ocorreu a transmissão ao vivo e a cores, levando a população a adquirir aparelhos de televisão com essa tecnologia (ALENCAR, 2007 p. 32).

Devido a evolução desta tecnologia de comunicação, na década de 1990, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) com a cooperação de algumas instituições nacionais, iniciou uma pesquisa para averiguar qual seria o melhor

³ www.lineup-br.com

padrão de sinal digital a ser implantado no Brasil. Foram avaliados os padrões de transmissão americano, ATSC, europeu, DVB e japonês, ISDB (TAVARES, 2001), chegando à conclusão que o padrão brasileiro de televisão digital seguiria o modelo japonês, o Serviço Integrado de Transmissão Digital Terrestre (ISDB-T - *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*).

Esse padrão é o mais novo entre as opções estudadas e atende mais satisfatoriamente as necessidades brasileiras. Uma destas é a transmissão em canal aberto para dispositivos portáteis. Criou-se então o modelo ISDB-Tb, onde foram introduzidas melhorias para áudio, vídeo e interatividade (TONIETO, 2006).

Nesta mudança de transmissão analógica para digital, as emissoras e retransmissoras tiveram que adquirir novos equipamentos assim como os telespectadores, comprando antenas que possuem a característica que capturem a faixa de frequência utilizada na transmissão do sinal digital.

Podemos definir antena como sendo um dispositivo que fazem a interface entre o transmissor e o espaço livre e entre o espaço livre e o receptor (FRENZEL, 2013). Estes equipamentos são usados para irradiar ondas eletromagnéticas na transmissão, ou seja, emitir o sinal, e captar ondas eletromagnéticas na recepção (MEDEIROS, 2007), conforme apresentado na Figura 1.

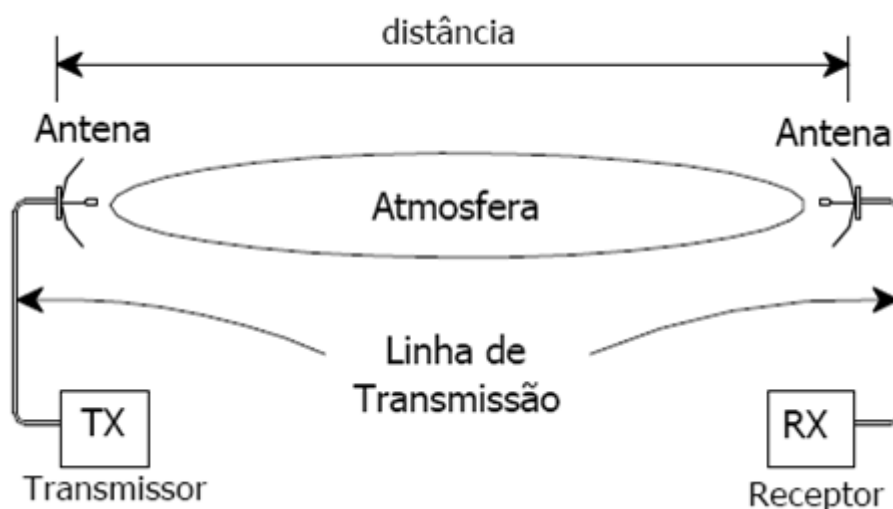


Figura 1. Composição de um sistema de comunicação wireless.

Fonte: Autor Desconhecido.

Toda a perturbação que se propaga por um meio é chamada de onda, e nesta propagação apenas a energia é transportada, não havendo transporte de matéria (FUKE; KAZUHITO, 2010).

Além da antena, outros componentes são necessários para recepção dos sinais de televisão aberta: as linhas de transmissão, que neste caso é mais comum o uso dos cabos coaxiais; conectores apropriados para a bitola do cabo; e uma haste para elevação do sistema de recepção a fim de adquirir um nível adequado de sinal (ROCHA, 2006).

De acordo com Miyoshi e Sanches (2005) podemos destacar como as principais características das antenas, de forma geral:

- Faixa de Operação ou Largura de Banda – Intervalo de frequências no qual a antena opera satisfatoriamente, mantendo suas características dentro do especificado;
- Ganho – principal característica de uma antena, medido em dBi, dB isotrópico. Representa a relação entre a energia irradiada pela antena em relação a uma antena isotrópica.
- Polarização – Diretamente relacionada a polarização da onda eletromagnética, conforme representado na Figura 3.
- Diretividade – É a propriedade de uma antena irradiar ou captar mais fortemente um sinal em algumas direções. As antenas que captam ou irradiam com mesma intensidade o sinal em todas as direções são chamadas Omnidirecionais, o quociente entre a energia da antena em estudo e a energia da antena isotrópica é o valor da diretividade conforme mostra a equação abaixo;

$$D = \frac{\text{Energia da antena em estudo (irradiada ou captada)}}{\text{Energia da antena isotrópica (irradiada ou captada)}}$$

- Diagrama de Irradiação – Representação gráfica da potência irradiada pela diretividade de uma antena. Pode ser representado através de diagramas: polar, retangular e tridimensional, sendo o polar o diagrama de mais fácil visualização, o retangular destinado a antenas com elevado índice de diretividade, o que dificulta a identificação do ângulo de maior potência no diagrama polar e por fim o digrama tridimensional que apresenta a energia dissipada ou captada por uma antena.

Conforme citado neste trabalho, as antenas utilizadas para a captação do sinal de televisão encontram-se disponíveis no mercado brasileiro, seja em lojas físicas ou virtuais. Porém, além de suas características gerais, existem vários tipos de antenas, e estas devem ser compradas de acordo com a necessidade e a característica do local onde será instalada.

As antenas se diferenciam também quanto à faixa de frequência que operam, *Very High Frequency* (VHF) ou *Ultra High Frequency* (UHF), sendo esta última a faixa utilizada para a transmissão da TV Digital. Algumas antenas são projetadas para operar em ambas as faixas de frequência e outras em apenas um tipo de faixa.

3 METODOLOGIA

Este trabalho está vinculado ao projeto: “Análise de Performance da Cobertura de TV Digital em Campos dos Goytacazes” do Instituto Federal Fluminense – Campus Centro, com participação de dez discentes e quatro docentes dos cursos Superior em Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações e Curso

Técnico em Telecomunicações, que busca identificar áreas de sombra nas regiões urbana e rurais da referida cidade.

Foram escolhidas duas antenas para comparação, que segundo especialistas consultados da área de Telecomunicações, são as mais acessíveis a população. Um modelo *indoor*, Aquário DTV-1000; e outro modelo *outdoor*, Log Periódica. Para a execução dos testes, foi necessário uma estrutura de recepção de sinais composta por duas hastes, tubo galvanizado $\frac{3}{4}$ de polegada com 3 metros cada, além de suporte de piso e/ou parede para fixação do kit recepção cuja a altura será em torno de 3 m acima da edificação para as antenas externas, cabos coaxiais rg-06 com no máximo 10 metros de comprimento e conectores tipo F, os custos com todos os materiais utilizados neste trabalho serão financiados pelo projeto já desenvolvido no IFF /Campus: Campo-centro .

Para medir a intensidade da potência do sinal utilizou-se o *Spectrum analyzer*, que para MEDEIROS (2007) é um aparelho que mensura e permite visualizar o sinal elétrico no domínio da frequência. O modelo a ser utilizado é o NS-30A da Mit Meastech, por ser um equipamento próprio do laboratório de televisão dos cursos de Telecomunicações do IFF Campos Centro. Com este equipamento é possível analisar a intensidade de recepção das portadoras por meio de várias antenas adquiridas no comércio local.

Para a verificação de recepção dos sinais medidos pelo analisador de espectro também será utilizado um conversor de TV Digital modelo DTV-8000 da Aquarius conectado a um monitor para verificação de recepção das portadoras. Os dados obtidos no analisador de espectro e do conversor foram inseridos em uma planilha de dados e posteriormente analisados.

Ao final do ano de 2015, junto a dois especialistas da área de telecomunicações, foram realizados testes iniciais com os modelos de antenas previamente escolhidos, afim de obter os dados necessários para analisar a qualidade do sinal recebido.

A orientação da medição de sinais foi definida utilizando uma bússola escolar, os níveis de sinais foram anotados em função de apontamento da antena em relação ao norte, sul, leste e oeste. Outra informação que os especialistas julgaram importante para integrar o critério qualidade de sinal é se o canal foi visualizado, ou seja, se a imagem foi vista na tela da televisão com o nível obtido.

No dia 02 de dezembro de 2015 no laboratório de tele II, foi realizado um teste na área externa utilizando a antena Log Periódica, às 18 horas com temperatura de 28° C, nublado e 50% de probabilidade de chuva segundo o site acuweather.com.

No dia 03 de dezembro de 2015 no laboratório de tele II, foi realizado um teste na área interna utilizando a antena indoor Aquário DTV-1000, às 19 horas com temperatura externa de 25° C, nublado e 49% de probabilidade de chuva segundo o

site *acuweather.com*. A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos com a antena Aquário DTV-1000.

Foi realizada apenas uma medição para cada orientação cartesiana, indicadas através da bússola, para cada canal, ou seja, em todos os canais verificados foram efetuadas quatro medições com ambas as antenas totalizando dezesseis sendo estabelecido uma média de qualidade para cada portadora medida.

A Figura 2 apresenta a antena Log Periódica instalada no suporte de testes no laboratório Tele II, conectada ao analisador de espectro, equipamento responsável pelas medições dos níveis de sinal e potência do canal.



Figura 2. Antena externa Log Periódica.

Fonte: O autor.

Após o posicionamento da antena podemos observar na tela do analisador de espectro a frequência do canal físico 36, com destaque à largura de faixa do canal e as medições de CH. Power e a potência em dBm do canal, conforme mostra a Figura 3.

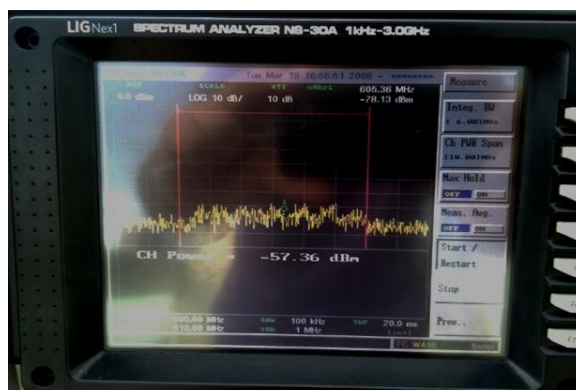


Figura 3. - Tela do Analisador de espectro na frequência do canal físico 36.

Fonte: O autor.

Utilizando um conversor digital observamos a qualidade do sinal recebido nas frequências dos canais 36 e 38 respectivamente. As Figuras 4 e 5 apresentam a qualidade do sinal recebido pelo conversor digital sintonizados nas frequências dos canais 36 e 38 respectivamente.

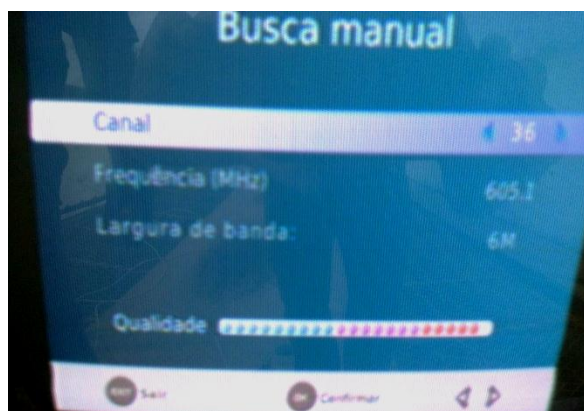


Figura 4. Qualidade do sinal recebido no ch 36.

Fonte: O autor

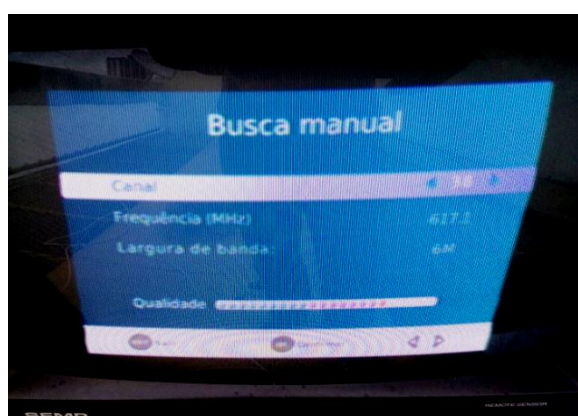


Figura 5. Qualidade do sinal recebido no ch 38.

Fonte: O autor

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Com os dados obtidos através dos testes realizados duas tabelas foram construídas uma para cada modelo de antena utilizada. Ambas apresentam as medições dos níveis de dBm e Ch *power* obtidas através do analisador de espectros sendo estes registrados de acordo com a orientação cartesiana. Também apresentam a porcentagem da qualidade de sinal obtido através do conversor digital. Através destes dados foram obtidos a média, em porcentagem, da qualidade do sinal em cada canal. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos com a antena *outdoor* Log Periódica.

Tabela 1. Resultados obtidos com a antena Log Periódica

Modelo		Antena Log Periódica				
Canal	Orientação cartesiana	DBm	Ch Power	Qualidade	Imagem	Média da Qualidade
2.1	Norte	-75,80	-109,3	70%	Sim	74%
	Leste	-74,77	-105,3	85%	Sim	
	Sul	-74,19	-104,7	73%	Sim	
	Oeste	-74,77	-105,3	69%	Sim	
8.1	Norte	-53,22	-28,91	96%	Sim	92%
	Leste	-65,80	-47,41	92%	Sim	
	Sul	-58,00	-37,83	89%	Sim	
	Oeste	-61,11	-46,95	91%	Sim	
12.1	Norte	-71,13	-80,58	86%	Sim	88%
	Leste	-72,13	-103,50	86%	Sim	
	Sul	-64,13	-94,66	93%	Sim	
	Oeste	-60,00	-92,20	85%	Sim	
26.1	Norte	-74,08	-104,60	77%	Sim	82%
	Leste	-74,97	-107,50	86%	Sim	
	Sul	-75,80	-106,60	84%	Sim	
	Oeste	-74,97	-105,50	80%	Sim	

Fonte: O autor

Para analisarmos as porcentagens da qualidade do nível de sinal foi considerado satisfatório os níveis que alcançaram mais de 60%, visto que valores abaixo pode ocorrer a digitalização da imagem, conhecido como “congelamento”.

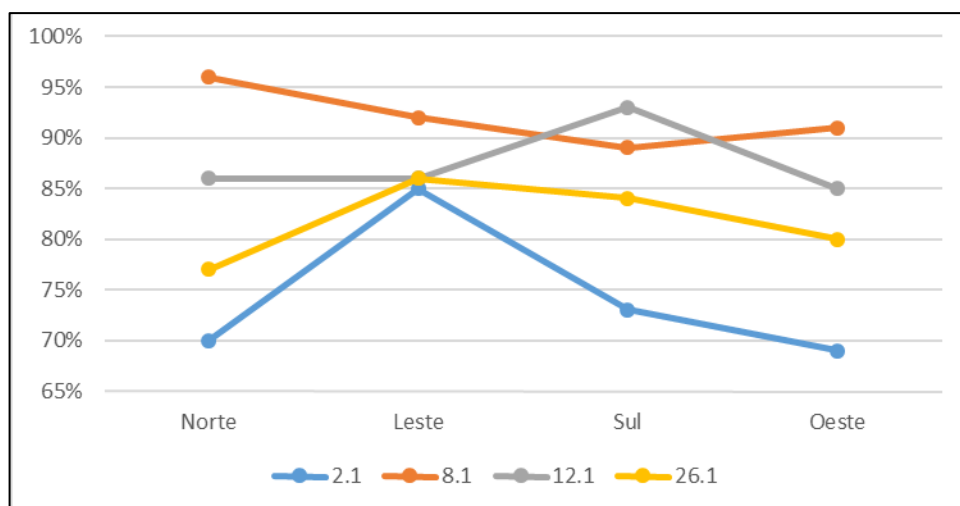
Através dos dados obtidos com a antena Log-periódica pode-se analisar que todos os canais tiveram bom desempenho e as imagens podem ser visualizadas na televisão, sendo o canal 8.1 com maior nível de qualidade de acordo com a média estabelecida. Analisando as porcentagens por orientação cartesiana o canal 8.1 obteve os melhores resultados em quase todas as latitudes e longitudes, porém na latitude Sul o canal 12.1 teve um melhor desempenho, conforme mostra a Figura 6.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos com o teste da Antena *indoor* Aquarius DTV-1000.

Tabela 2. Resultados obtidos Antena DTV-1000

Modelo	Antena Indoor Aquário DTV-1000					
Canal	Orientação cartesiana	dBm	Ch Power	Qualidade	Imagem	Média da qualidade
2.1	Norte	-75,30	-57,82	30%	Não	33%
	Leste	-77,13	-58,90	42%	Não	
	Sul	-75,08	-58,17	27%	Não	
	Oeste	-75,63	-58,34	33%	Não	
8.1	Norte	-73,47	-104,00	51%	Sim	68%
	Leste	-75,30	-105,80	82%	Sim	
	Sul	-74,80	-105,30	77%	Sim	
	Oeste	-75,33	-105,80	62%	Sim	
12.1	Norte	-76,44	-106,90	22%	Não	33%
	Leste	-74,25	-104,70	39%	Não	
	Sul	-74,25	-104,70	41%	Sim	
	Oeste	-73,66	-104,10	28%	Não	
26.1	Norte	-76,38	-106,90	15%	Não	22%
	Leste	-75,80	-106,30	28%	Não	
	Sul	-75,66	-106,10	25%	Não	
	Oeste	-75,52	-106,00	18%	Não	

Fonte: O autor

**Figura 6.** Qualidade de sinal obtida em cada orientação cartesiana obtidos com a antena Log-periódica. Fonte: O autor

Analisando as porcentagens obtidas, três canais tiveram níveis de sinal similares, os canais 2.1, 12.1 e 26.1, não atingindo uma qualidade satisfatória para que o conversor reproduzisse suas programações, dessas apenas o canal 12.1 obteve imagem na latitude Sul. Também podemos observar através dados obtidos com a antena DTV-1000 apenas o canal 8.1, obteve desempenho satisfatório, como mostra a Figura 7.

A Figura 8 apresenta um comparativo das médias da qualidade de sinal obtidas com as antenas por canal digital existente na cidade de Campos dos Goytacazes. Podemos concluir que a antena Log-periódica, *outdoor*, possui níveis de qualidade superiores aos obtidos com a antena Aquário DTV-1000, que possui um nível de qualidade considerado satisfatório apenas no canal 8.1.

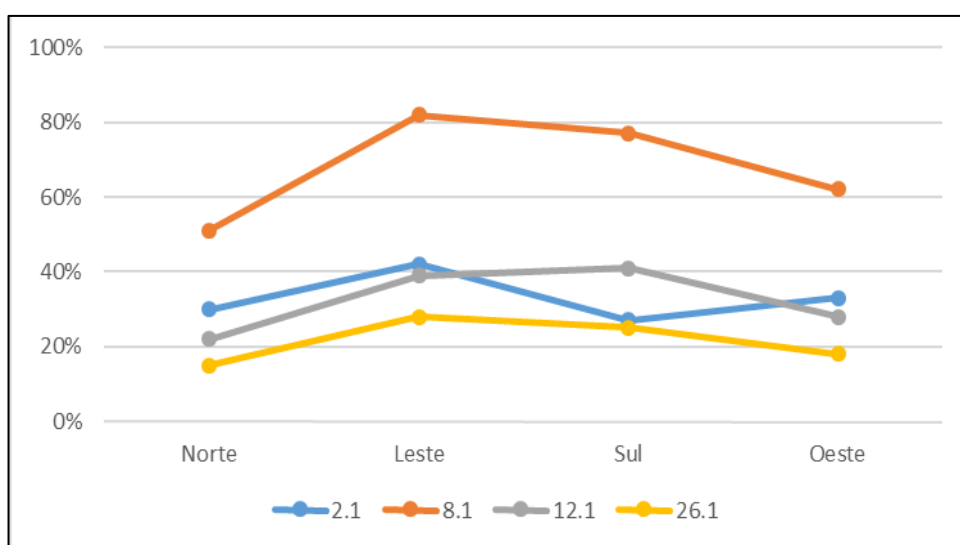


Figura 7. Qualidade de sinal obtida em cada orientação cartesiana obtidos com a antena Aquário DTV-1000.

Fonte: Autor

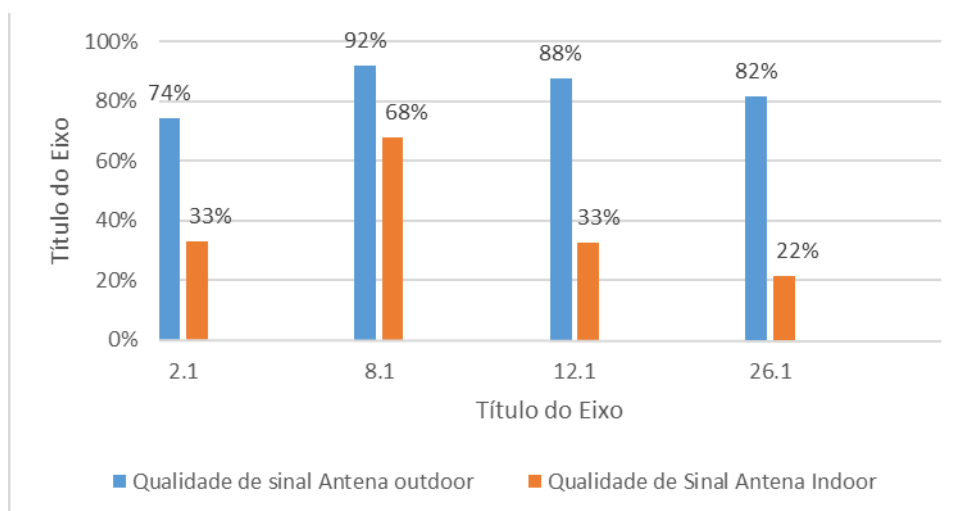


Figura 8. Comparativo da qualidade de sinal obtida por cada antena.

Fonte: Autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as informações obtidas através destes testes, concluiu-se que ambas possuem as características necessários para a recepção do sinal digital. Porém apenas a antena *outdoor* conseguiu captar todos os canais digitais disponíveis na cidade de Campos dos Goytacazes.

No momento da compra de uma antena para recepção digital o consumidor deve ter em vista alguns critérios. Se ele assiste apenas o canal 8.1, uma antena *indoor* atenderá satisfatoriamente suas necessidades, e a instalação deste modelo nem sempre necessita de um técnico.

Porém se o telespectador quer poder escolher a programação entre as opções canais disponíveis a melhor opção é uma antena *outdoor*, que possui o desempenho homogêneo, mas sua instalação requer cabos coaxiais, suporte, e os serviços de um profissional qualificado para garantir a qualidade do sinal.

Devido a existência de vários tipos de antenas *indoor* e *outdoor*, um trabalho mais aprofundado se faz necessário para garantir a veracidade do resultado obtido através dos testes realizados neste presente trabalho, utilizando outras marcas disponíveis no mercado e elaborando uma comparação entre elas, podemos classificá-las de acordo com a relação custo X benefício orientando o consumidor como escolher a antena que melhor se adapta as suas necessidades.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, M. S. de. *Televisão digital*. São Paulo: Érica, 2007. ISBN 978-85-365-0148-2.

BRASIL. Decreto 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, Brasília, DF, 30 jun. 2006. Seção 1, p. 51.

CAMARGO, C. História da Televisão. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/pdf/2397-historia-da-televisao.htm>>. Acesso em: 18 de agosto de 2015.

FRENZEL, L. E. *Fundamentos de Comunicação Eletrônica: Linhas, Micro-ondas e Antenas*. 3. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. ISBN 978-85-8055-155-6.

FUKE, L. F.; KAZUHITO, Y. *Física para o Ensino Médio*, vol.1. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

MARTINS, K. K. *A Influência da Televisão na Formação dos Jovens Brasileiros*. Disponível em: <<http://www.sbs.com.br/e-talks/a-influencia-da-televisao-na-formacao-dos-jovens-brasileiros/>>. Acesso em: 13 de setembro de 2015.

MEDEIROS, J. C. *Princípios de Telecomunicações: Teoria e Prática*. São Paulo: Érica, 2007. ISBN 978-85-365-0033-1.

MIYOSHI, E. M; SANCHES, C. A. *Projetos de Sistemas de Rádio*. São Paulo: Érica, 2005. ISBN 85-7194-868-2.

NASCIMENTO, J. do; *Telecomunicações*. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000. ISBN 85.356.1113-0

PORTAL ANATEL. Consulta Entidades Outorgadas. Disponível em: <http://sistemas.anatel.gov.br/siscom/consulta/default.asp>. Acesso em: 22 de agosto de 2015.

PORTAL DO MINISTERIO DAS COMUNICAÇÕES. Dados do Setor de Radiodifusão. Disponível em: <http://www.mc.gov.br/dados-do-setora>. Acesso em: 22 de agosto de 2015.

PORTAL DO MINISTERIO DAS COMUNICAÇÕES. TV Digital. Disponível em: <http://www.mc.gov.br/tv-digital>. Acesso em: 18 de junho de 2015.

ROCHA, S. *Antenas e Propagação*. Rio de Janeiro: Studium Telecom. 2006. 1. ed. ISBN 978-85-908626-1-1.

SALATIEL, J. R. *60 anos da TV no Brasil: Da improvisação ao vivo à era digital*. Disponível em: <<http://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/60-anos-da-tv-no-brasil-da-improvisacao-ao-vivo-a-era-digital.htm>>. Acesso em: 15 set. 2015.

TAVARES, W. M. L. *Implantação da televisão Digital no Brasil*. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/arquivos-pdf/pdf/108553.pdf>>. Acesso em 15 set. 2015.

TONIETO, M. T. *Sistema brasileiro de TV Digital – SBTVD uma análise política e tecnológica na inclusão social*. 2006. 267 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências da Computação) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2006.