

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU – FURB
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE TELECOMUNICAÇÕES

PAULO ALEXANDRE REGIS

CÁLCULO DE VIABILIDADE TÉCNICA DE UM CANAL DE TELEVISÃO DIGITAL

BLUMENAU

2010

PAULO ALEXANDRE REGIS

CÁLCULO DE VIABILIDADE TÉCNICA DE UM CANAL DE TELEVISÃO DIGITAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia de Telecomunicações do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Regional de Blumenau, como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro de Telecomunicações.

Prof. Msc. Paulo Roberto Brandt – Orientador

BLUMENAU

2010

PAULO ALEXANDRE REGIS

CÁLCULO DE VIABILIDADE TÉCNICA DE UM CANAL DE TELEVISÃO DIGITAL

Trabalho de Conclusão de Curso aprovada,
para obtenção do grau de Engenheiro de
Telecomunicações, pela Banca Examinadora
formada por:

Aprovada em: __/__/____.

Presidente: Prof. Marcelo Grafulha Vanti, Dr., FURB

Membro: Prof. Paulo Roberto Brandt, Msc. – Orientador, FURB

Membro: Prof. Nome Completo, Xx., FURB

Membro: Prof. Nome Completo, Xx., FURB

Dedico este trabalho a todos os meus amigos
e minha família, que me apoiaram durante
todo este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Paulo Roberto Brandt, pela oportunidade de realizar este estudo e pela orientação durante a execução deste trabalho.

Sinceros agradecimentos aos meus familiares e amigos, que me apoiaram nestes últimos anos durante minha jornada, e sem os quais nada disso teria sido possível.

“É o princípio que importa.”

Frank Sherman Land

RESUMO

A televisão é uma das mídias de comunicação mais utilizadas ao redor do mundo, e está em constante evolução. No Brasil, a televisão digital está sendo implantada, e um dos trabalhos envolvidos na elaboração de uma estação é o estudo de viabilidade técnica do canal. Sendo a televisão digital um avanço tecnológico da sua versão analógica, é esperado que novas normas venham a ser utilizadas também, acompanhando esta evolução. Uma das normas utilizadas no estudo de viabilidade é a Recomendação UIT-R p.1546-1, que traz modelos de previsão de cobertura ponto-área, e é adotada no lugar das curvas de nível de campo anteriormente utilizadas. Inicialmente são apresentadas as características da televisão digital levadas em conta neste estudo. Após são levantados os canais relevantes e suas respectivas características, que interferem na elaboração do canal digital. Ao final é apresentada uma proposta de aplicação para o projeto, com suas limitações, características e parecer final a respeito de sua viabilidade.

Palavras-chave: Televisão digital. Viabilidade técnica. Previsão de cobertura.

ABSTRACT

Television is one of the most used means of communication in the world, and is in constant evolution. In Brazil, the digital television is being deployed, and one of the tasks involved is the feasibility study of the channel. As digital television is the advanced version of its previous analogical version, it is expected that new standards come with it, evolving as well. One of the standards used in the feasibility study is the Recommendation ITU -R p.1546-1, which brings new point-to-area prediction models, and is adopted to replace the previous used propagation curves. Initially it is presented the digital television features used in this study. Then the data from the relevant channels are collected, that may interfere in the project of the channel. In the end it is presented a proposal of implementation of the project, with its limitations, characteristics and final opinion concerning its viability.

Keywords: Digital television. Technical feasibility. Coverage prediction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de contorno protegido e interferente de duas estações	24
Figura 2 – Localidade das estações proposta e relevante de Blumenau	30
Figura 3 – Representação dos contornos das estações de Blumenau e Itajaí	31
Figura 4 – Representação dos contornos das estações de Blumenau e Joinville	33
Figura 5 – Representação dos contornos das estações de Blumenau e Florianópolis	34
Figura 6 – Diagrama Irradiação da Antena Slot UHF	36
Figura 7 – Imagem de satélite da cidade de Blumenau	39
Figura 8 – Radiais traçadas em direção a Joinville	42
Figura 9 – Radiais traçadas em direção a Florianópolis	43
Figura 10 – Radiais traçadas de Itajaí para Blumenau	45
Figura 11 – Radiais traçadas de Joinville para Blumenau	46
Figura 12 – Radiais traçadas de Florianópolis para Blumenau	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Canalização de televisão digital na faixa de UHF	17
Tabela 2 – Comparativo entre canal previsto e canal proposto	25
Tabela 3 – Comparativo do NMT entre as ferramentas SIGAnatel e Radio Mobil e	26
Tabela 4 – Classificação das estações na faixa de UHF	27
Tabela 5 – Canais interferentes relevantes	29
Tabela 6 – Características básicas do canal 14 de Blumenau	29
Tabela 7 – Características básicas do canal 21 de Itajaí	31
Tabela 8 – Características básicas do canal 22 de Joinville	32
Tabela 9 – Características básicas do canal 22 de Florianópolis	33
Tabela 10 – Potência efetiva irradiada por azimute	39
Tabela 11 – Relações de proteção (dB) para canais em VHF e UHF.....	40
Tabela 12 – Radiais secundárias de Blumenau para Joinville	42
Tabela 13 – Radiais extras de Blumenau para Florianópolis	43
Tabela 14 – Radiais extras de Itajaí para Blumenau	45
Tabela 15 – Radiais extras de Joinville para Blumenau	47
Tabela 16 – Radiais extras de Florianópolis para Blumenau	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERT – Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

ATSC – Advanced Television Systems Committee

CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento

DVB-T – Digital Video Broadcasting-Terrestrial

Dr. – Doutor

E(L,T) – Intensidade de campo excedido em L por cento das localidades e T por cento do tempo

EIA – Eletronics Industries Association

FCC – Federal Communications Commission

FI – Frequência intermediária

ISDB-T – Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial

LAT – Latitude

LON – Longitude

Me. – Mestre

NMR – Nível médio da radial

NMT – Nível médio do terreno

PBTVD – Plano Básico de Televisão Digital

RFS – Radio Frequency Systems

SBTVD – Sistema Brasileiro de Televisão Digital

SET – Sociedade Brasileira de Engenharia de Televisão

SIGAnatel – Sistema de Informações Geográficas da Anatel

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

TV – Televisão

TVD – Televisão digital

UHF – Ultra High Frequency

UIT-R – União Internacional de Telecomunicações-Radiopropagação

VHF – Very High Frequency

LISTA DE SÍMBOLOS

MHz – megahertz

$HNMT$ – Altura efetiva acima do nível médio

km – quilômetros

m – metros

$\%$ – por cento

$dB\mu V/m$ – unidade que exprime o valor de intensidade de campo, em dB, referida a $1\mu V/m$

dB – decibel

$\mu V/m$ – microvolt por metro

ERP_{max} – potência efetiva máxima irradiada

kW – quilowatts

$dBkW$ – unidade que exprime o valor de potência, em dB, referida a $1kW$

W_{rms} – potência eficaz

P_t – potência de saída do transmissor

G_{tmax} – ganho máximo do sistema irradiante

E_f – eficiência da linha

dBi – ganho da antena, referido a uma antena isotrópica

dBd – ganho da antena, referido a uma antena dipolo

Pl – perdas na linha

L – comprimento da linha

Al – atenuação em 100 metros

P_c – perdas acessórias

P_d – perdas totais da linha em dB

P_v – perdas totais na linha em vezes

ERP_{az} – potência efetiva irradiada no azimute

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO GERAL	15
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	15
1.3 JUSTIFICATIVA	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 PLANO BÁSICO DE TELEVISÃO DIGITAL	17
2.1 CANALIZAÇÃO	17
2.2 PLANEJAMENTO	19
2.3 CONSIDERAÇÕES	20
3 RESOLUÇÃO N° 398 DE 7 DE ABRIL DE 2005	21
3.1 RECOMENDAÇÃO UIT-R P.1546-1	21
3.1.1 Conceitos básicos	21
3.1.1.1 Altura acima do nível médio do terreno	21
3.1.1.2 Curvas E(L,T)	22
3.1.2 Implementação computacional da recomendação	22
3.2 ADAPTAÇÕES DA RECOMENDAÇÃO	22
3.2.1 Nível médio do terreno	23
3.2.2 Altura da antena receptora	23
3.2.3 Altura da antena transmissora	23
3.2.4 Curva E(50,90)	23
3.3 PARÂMETROS NECESSÁRIOS PARA O CÁLCULO DE VIABILIDADE TÉCNICA	24
3.3.1 Contorno protegido	24
3.3.2 Contornos interferentes	24
4 CANAL PROPOSTO	25
4.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	25
4.2 NÍVEL MÉDIO DO TERRENO E ALTURA ACIMA DO NÍVEL MÉDIO DO TERRENO	25
4.3 ENQUADRAMENTO DE CLASSE	27
4.4 CONTORNO PROTEGIDO	27
5 CANAIS RELEVANTES	29

5.1 CANAL 14 DE BLUMENAU	29
5.2 CANAL 21 DE ITAJAÍ	31
5.3 CANAL 22 DE JOINVILLE	32
5.4 CANAL 22 DE FLORIANÓPOLIS	33
6 CÁLCULO DE VIABILIDADE	35
6.1 SISTEMA IRRADIANTE	35
6.1.1 Antena	35
6.1.2 Guia de onda e conectores	36
6.1.3 Transmissor	37
6.1.4 Ajustes de equipamentos	37
6.1.4.1 Potência efetiva irradiada máxima (ERPmax)	37
6.1.4.2 Potência efetiva irradiada por azimute (ERPaz)	38
6.1.4.3 Orientação da antena	38
6.2 INTERFERÊNCIAS	40
6.2.1 Interferência do canal proposto nos canais existentes	40
6.2.1.1 Canal 21A de Itajaí	41
6.2.1.2 Canal 22A de Joinville	41
6.2.1.3 Canal 22D de Florianópolis	43
6.2.2 Interferência dos canais existentes no canal proposto	44
6.2.2.1 Canal 21A de Itajaí	44
6.2.2.2 Canal 22A de Joinville	46
6.2.2.3 Canal 22D de Florianópolis	47
6.2.3 Parecer final	48
7 CONCLUSÃO	49
7.1 SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS	49
REFERÊNCIAS	50
ANEXO A – Especificações técnicas do fabricante da antena slot utilizada	51
ANEXO B – Especificações técnicas do fabricante do guia de ondas utilizado	52

1 INTRODUÇÃO

Quando se fala em televisão digital, pensa-se logo em imagens de alta definição, de interatividade, de comprar os produtos que está vendo naquele exato momento. Certamente essa idéia é possível, mas um longo caminho até chegar nesse ponto é necessário ser percorrido.

No Brasil a implantação desta nova tecnologia anda a passos lentos. Segundo cronograma da ANATEL hoje a reconfiguração do plano básico de televisão digital deveria estar concluído, mas não está.

Quando se quer criar uma estação transmissora, são necessárias diversas avaliações para provar que é possível ser criada. Isto é, deve garantir que não causará e nem sofrerá interferência de outras estações já existentes. Uma dessas avaliações é um estudo técnico, de viabilidade, que amparado por normas e manuais, demonstra a possibilidade de implantação.

É evidente que a televisão digital está longe de estar em pleno funcionamento, porém é evidente também o potencial de crescimento e disseminação. E para que isso seja possível, um estudo destas novas normas deve ser feito, e é o principal objetivo do estudo apresentado neste trabalho.

1.1 OBJETIVO GERAL

Estudo e compreensão das normas mais recentes em relação à televisão digital, utilizando ferramentas livres oferecidas pela ANATEL.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Realizar um estudo de viabilidade técnica de um canal de televisão digital. Colocar em prática os conhecimentos obtidos das recomendações, aplicando em uma situação real e possível. Com os resultados obtidos será elaborada uma solução para cada eventual problema que surgir.

1.3 JUSTIFICATIVA

Uma das razões para se estudar o tema é a recente atualização nas normas técnicas envolvidas. E também por ser uma tecnologia em ascensão, é uma área de estudo promissora, sendo seu conhecimento importante para a disseminação da televisão digital e conseqüentemente da inclusão digital em longo prazo.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Nos primeiros capítulos são estudados os documentos oficiais aprovados referentes aos cálculos de viabilidade de um canal digital. Em seguida, no quarto capítulo é apresentada uma proposta de canal digital. Depois são apresentados os canais relevantes para o estudo. E após são realizados os cálculos envolvidos na viabilidade do canal. Ao final são apresentadas as conclusões tomadas e novas propostas de trabalhos.

2 PLANO BÁSICO DE TELEVISÃO DIGITAL

O PBTVD foi aprovado em 10 de junho de 2005, através da Resolução n°407 [3], e nele constam os canais digitais previstos. O processo que culminou em sua aprovação teve início em meados de 1999, com realizações de testes por entidades e grupos de trabalho, entre os quais se pode citar o CPqD, SET e ABERT.

2.1 CANALIZAÇÃO

Um dos fatores mais importantes que levou a aprovação do SBTVD em 2006 foi a canalização dos canais digitais, que foram mantidas as mesmas frequências da canalização analógica. A largura de banda utilizada para cada canal digital foi mantida em 6MHz, e os canais utilizados são na faixa de VHF (7 a 13) e UHF (14 a 68), os mesmos da transmissão analógica. Na Tabela 1 é mostrada a faixa de frequência de cada canal da faixa de UHF.

Tabela 1 – Canalização de televisão digital na faixa de UHF

Canal	Frequências extremas (MHz)	Frequência Central (MHz)
14	470 - 476	473
15	476 - 482	479
16	482 - 488	485
17	488 - 494	491
18	494 - 500	497
19	500 - 506	503
20	506 - 512	509
21	512 - 518	515
22	518 - 524	521
23	524 - 530	527
24	530 - 536	533
25	536 - 542	539
26	542 - 548	545
27	548 - 554	551

28	554 - 560	557
29	560 - 566	563
30	566 - 572	569
31	572 - 578	575
32	578 - 584	581
33	584 - 590	587
34	590 - 596	593
35	596 - 602	599
36	602 - 608	605
38	614 - 620	617
39	620 - 626	623
40	626 - 632	629
41	632 - 638	635
42	638 - 644	641
43	644 - 650	647
44	650 - 656	653
45	656 - 662	659
46	662 - 668	665
47	668 - 674	671
48	674 - 680	677
49	680 - 686	683
50	686 - 692	689
51	692 - 698	695
52	698 - 704	701
53	704 - 710	707
54	710 - 716	713
55	716 - 722	719
56	722 - 728	725
57	728 - 734	731

58	734 - 740	737
59	740 - 746	743
60	746 - 752	749
61	752 - 758	755
62	758 - 764	761
63	764 - 770	767
64	770 - 776	773
65	776 - 782	779
66	782 - 788	785
67	788 - 794	791
68	794 - 800	797

Fonte: BRASIL. Ministério de Estado das Comunicações. Norma técnica para execução dos serviços de radiodifusão de sons e imagens e de retransmissão de televisão com utilização da tecnologia digital. p 3.

O canal 37 (608MHz - 614MHz) é atribuído internacionalmente ao Serviço de Radioastronomia. Já a faixa de canais compreendida entre os canais 60 e 68 é designada para uso exclusivo do Serviço de Televisão e Retransmissão de Televisão Pública Digital, conforme Norma nº01/2010 (Norma Técnica para Execução dos Serviços de Radiodifusão de Sons e Imagens e de Retransmissão de Televisão) [4].

2.2 PLANEJAMENTO

O CPqD, como informado, teve papel importante na configuração do PBTVD. O instituto realizou um relatório detalhado, a pedido da ANATEL, finalizado em 2003 [5], que teve como objetivo apresentar uma proposta de plano básico. Na época, algumas premissas foram seguidas, tais como sempre que possível, viabilizar para cada canal analógico considerado, um canal digital; utilizar preferencialmente a faixa de frequências UHF, e caso não ser possível, utilizar VHF alto e baixo, na sequência. A pesquisa levou em conta três padrões de transmissão conhecidos: DVB-T, ATSC e ISDB-T; apresentando resultados diversos, para cada sistema testado.

O resultado da pesquisa foi uma proposta de plano básico de distribuição de canais de televisão digital. Anexo ao estudo do CPqD também está uma listagem de canais adicionais caso o padrão, que na época ainda não tinha sido decidido, tivesse capacidade ou não do reuso de frequência.

2.3 CONSIDERAÇÕES

Atualmente o PBTVD encontra-se em reconfiguração. Existem prazos estipulados para emissoras requererem canais digitais. Mas na prática não funciona tão bem como na teoria.

Através de consultas ao portal da ANATEL e ao acervo documental da entidade, o que se vê é um PBTVD incompleto, e como veremos a seguir, com situações inusitadas. Espera-se que ao final do processo de redefinição do PBTVD, ele atenda aos fatores estabelecidos para o seu desenvolvimento.

3 RESOLUÇÃO N° 398 DE 7 DE ABRIL DE 2005

Talvez a Resolução n°398 [2] seja o documento mais importante já publicado, para a realização deste estudo. Nela é aprovada a alteração do método de previsão de cobertura ponto-área. Além de alterações na Resolução n°284 [1], sua antecessora.

Outro ponto importante constante neste documento são as adaptações que devem ser feitas na Recomendação UIT-R p.1546-1 [12], que substitui as antigas curvas de campo da FCC. A seguir serão expostos os pontos mais importantes destes documentos, relevantes para o estudo.

3.1 RECOMENDAÇÃO UIT-R P.1546-1

A UIT-R, através desta recomendação, descreve um método prático para a previsão de cobertura ponto-área para serviços terrestres, na faixa de frequências de 30 a 3000MHz. Atualmente ela encontra-se em sua quinta versão (UIT-R Recomendação p.1546-4 10/2009), porém o documento aprovado para o estudo remete à segunda.

3.1.1 Conceitos básicos

A seguir serão descritos parâmetros básicos muito utilizados nos cálculos.

3.1.1.1 Altura acima do nível médio do terreno

A altura acima do nível médio do terreno (HNMT) é nada mais nada menos que um valor representando o nível do terreno ao redor da antena transmissora.

É calculada obtendo-se cotas entre as distâncias de 3 a 15km da antena, e é então feita uma média aritmética dos pontos obtidos. A recomendação admite alturas que variam de 10 a 1200m, porém é descrito no documento um método para extrapolar esses valores.

3.1.1.2 Curvas E(L,T)

São gráficos que representam a intensidade de campo excedida em L% das localidades e T% do tempo. O método é válido apenas para distâncias de 1 a 1000km da antena transmissora. Os valores tabulados pela recomendação foram obtidos com frequências de valores nominais iguais a 100, 600 e 2000MHz; HNMT de 10, 20, 37,5, 75, 150, 300, 600 e 1200m; porcentagem de tempo de 1, 10 e 50%. Uma curva é traçada para cada tipo de percurso e frequência. Os percursos considerados são: terrestre, sobre o mar morno e sobre o mar frio.

Novamente são descritos métodos para obter intensidade de campo quando esses valores não forem exatamente iguais aos tabulados.

As curvas utilizadas neste estudo são a E(50,50) e E(50,10) que podem ser encontradas na referência [2].

3.1.2 Implementação computacional da recomendação

O Anexo 8 da recomendação descreve um método passo a passo para auxiliar na implementação computacional da mesma, para um percurso terrestre. O procedimento pode apresentar divergências dos valores tabulados no documento referido, principalmente quando a altura da antena transmissora for abaixo de 20m.

Tal procedimento foi usado na implantação da recomendação com o auxílio da ferramenta Matlab, cujo manuseio é simples e eficaz. Os algoritmos além de obter as curvas de intensidade, facilitam também das distâncias necessárias para o cálculo de viabilidade, distâncias estas que serão explicadas mais adiante neste capítulo.

3.2 ADAPTAÇÕES DA RECOMENDAÇÃO

Apesar de a recomendação descrever métodos para obter valores precisos, a resolução introduz algumas adaptações, que facilitam os cálculos envolvidos. As adaptações necessárias para este estudo são descritas nesta sessão.

3.2.1 Nível médio do terreno

Para efeitos de cálculo, no Brasil o nível médio do terreno (NMT) é calculado obtendo-se 12 valores de nível médio da radial (NMR). O NMR por sua vez é obtido calculando a média aritmética de pelo menos 50 cotas igualmente espaçadas, compreendidas entre as distâncias de 3 a 15km da antena transmissora.

As 12 radiais devem ser também igualmente espaçadas de 30 em 30 graus, e deve incluir a radial do norte verdadeiro. O NMT é então obtido, fazendo-se também uma média aritmética, dos NMR.

3.2.2 Altura da antena receptora

A recomendação admite alturas variadas de antenas receptoras, e são adicionadas correções no valor de intensidade de campo, quando a altura diferir de 10m. Porém, para todos os efeitos da resolução, nos cálculos é considerada uma antena receptora com 10m acima do nível do solo.

3.2.3 Altura da antena transmissora

Apesar de ser possível calcular a intensidade de campo para valores fora da faixa de 10 a 1200m para altura da antena transmissora, a resolução considera esses os valores máximos. Ou seja, quando a HNMT da antena for interior a 10m, deve ser tomado o valor de 10m, e quando exceder os 1200m, este valor que deve ser considerado.

3.2.4 Curva E(50,90)

Apesar da recomendação não admitir valores de porcentagem de tempo superior a 50%, a resolução traz uma adaptação. Consiste basicamente em duplicar o valor da intensidade de campo para 50% do tempo, e deste valor reduzir a intensidade excedida em 10% do tempo. De forma simplificada para entendimento, faz-se analogia com a expressão:

$$E(L, 90) = (2 \times E(L, 50)) - E(L, 10)$$

3.3 PARÂMETROS NECESSÁRIOS PARA O CÁLCULO DE VIABILIDADE TÉCNICA

Com os métodos já mencionados, é possível então calcular valores necessários para a viabilidade de um canal.

3.3.1 Contorno protegido

É a distância entre a antena transmissora até o lugar geométrico em que a intensidade de campo $E(50,90)$ assume o valor de $51 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$, para canais de televisão digital em UHF e $43 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$ para VHF, também digital.

3.3.2 Contornos interferentes

É a distância entre a antena transmissora até o lugar geométrico onde a intensidade de campo assume um valor que pode vir a interferir no contorno protegido de uma estação relevante, conforme Resolução n°284 (2001, p. 3). O campo interferente pode assumir diversos valores, dependendo do tipo de interferência que está sendo estudada. A Figura 1 mostra graficamente uma representação dos contornos protegido e interferente de duas estações em uma situação ideal.

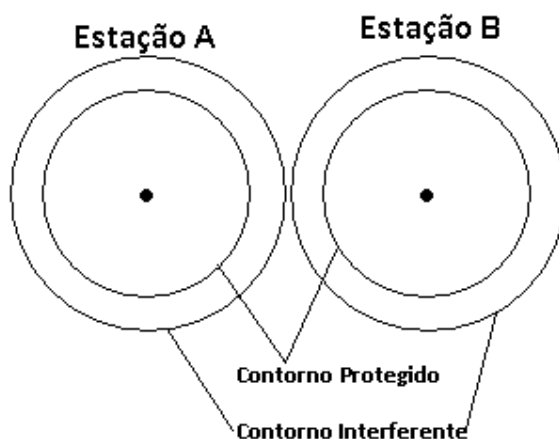


Figura 1 – Representação de contorno protegido e interferente de duas estações

4 CANAL PROPOSTO

A concessão de um canal de televisão digital, além de documentos burocráticos, deve levar em conta as características básicas do canal e também deve ser livre de interferências, bem como não causar interferências nos canais que por ventura possam sofrê-las.

4.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Analizando o Plano Básico de Televisão Digital, observou-se a existência de um canal 22 previsto. Porém a proposta de alteração deste canal sugere mudanças nestas características. Na Tabela 2 tem-se um comparativo da situação atual e da proposta. Os valores de classe e distância ao contorno protegido são obtidos posteriormente nesta sessão.

Tabela 2 – Comparativo entre canal previsto e canal proposto

	Canal previsto	Canal proposto
ERPmax (kW)	80	0,8
Frequências de operação (MHz)	518 – 524	518 – 524
Latitude	26° 54' 10''	26° 54' 10''
Longitude	49° 03' 31''	49° 03' 31''
Classe	Especial	B
Distância ao contorno protegido (km)	57,521	28,995

Como fato de curiosidade, caso o canal previsto fosse estudado, a cobertura deste abrangeria todo o Vale do Itajaí, bem como cidades próximas desta região, e sua interferência ultrapassaria a fronteira com o estado do Paraná.

4.2 NÍVEL MÉDIO DO TERRENO E ALTURA ACIMA DO NÍVEL MÉDIO DO TERRENO

Conforme a Resolução n°284 (2001), o nível médio do terreno ao redor da estação transmissora leva em consideração 12 radiais, com espaçamento de 30°, e deve incluir o norte verdadeiro. O NMT é a média aritmética dos níveis médios das radiais. E o nível médio

da radial é a média aritmética das, pelo menos, 50 cotas tomadas na direção da radial, compreendidas entre 3 e 15km a partir da antena, e igualmente espaçadas.

Neste estudo, os valores foram obtidos a partir de base de dados digitalizado, através do *software* Radio Mobile [8], que oferece uma ferramenta que facilita estes cálculos, e utiliza mapas SRTM3 [7]. Os resultados obtidos foram confrontados com os resultados do SIGAnatel [10], e são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparativo do NMT entre as ferramentas SIGAnatel e Radio Mobile, em metros

Azimute radial	SIGAnatel		Radio Mobile SRMT3	
	NMT	HNMT	NMT	HNMT
0	104	99	100,26	140,64
30	211	-8	209,95	30,95
60	177	26	174,45	66,45
90	39	164	32,81	208,09
120	50	153	55,75	185,15
150	168	35	169,77	71,13
180	227	-24	245,02	-4,12
210	264	-61	254,58	-13,68
240	184	19	182,77	58,13
270	102	101	104,19	136,71
300	65	138	69,96	170,94
330	93	110	90,92	149,98
Média	140,33	62,67	140,87	100,03

Como esperado a diferença entre as ferramentas utilizadas é mínima, e grande parte é devido ao arredondamento utilizado por cada uma. Porém quando se calcula a HNMT o erro é maior, isso porque este valor depende do valor da cota da base da torre, que no SIGAnatel é de 138m enquanto pelo Radio Mobile é de 175,9m.

4.3 ENQUADRAMENTO NA CLASSE

“A classe da estação digital é identificada a partir da radial de maior potência efetiva irradiada referida a uma altura do centro de irradiação da antena de 150m sobre o nível médio da radial.” [2] (2005)

Como a proposta do canal é de 0,8kW de potencia efetiva máxima irradiada, a classe pode ser obtida a partir da Tabela 4, e classifica-se, portanto, em classe B a estação proposta.

Tabela 4 – Classificação das estações na faixa de UHF

Classe	Canais	Máxima potência ERP	Altura de referência acima do NMR	Distância máxima ao contorno protegido (km)
Especial	14 a 25	70kW (18,5dBkW)	150m	57
	26 a 46	80kW (19dBkW)		
	47 a 59	100kW (20dBkW)		
A	14 a 59	8kW (9dBkW)		42
B	14 a 59	0,8kW (-1dBkW)		29
C	14 a 59	0,08kW (-11dBkW)		18

Fonte: BRASIL. Ministério de Estado das Comunicações. Norma técnica para execução dos serviços de radiodifusão de sons e imagens e de retransmissão de televisão com utilização da tecnologia digital. 5 p.

4.4 CONTORNO PROTEGIDO

Como já mencionado, o contorno protegido de uma estação corresponde ao lugar geométrico onde a intensidade de campo do sinal, neste caso, tiver o valor de $51 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$. Frequência de operação será considerada 521MHz.

Tendo em mãos estes parâmetros (HNMT, intensidade de campo, frequência), consultam-se então as Tabelas XII e XIII da Resolução nº398, e como não existem valores tabelados para a frequência e para a HNMT em questão, é necessário interpolar em função da frequência, conforme descrito no item 6 da recomendação.

Através da implementação computacional do método descrito na referida Recomendação, tornou-se fácil a obtenção do contorno protegido, com valor de 29,0329km,

e pelo SIGAnatel obteve-se 28,995km, resultados muito próximos. Como a distância máxima ao contorno protegido é de 29km, este será o valor considerado.

5 CANAIS RELEVANTES

Os canais que devem ser levados em consideração no cálculo de viabilidade são obtidos através do Plano Básico de Televisão Digital, disponível no portal da ANATEL. Neste caso utilizamos a ferramenta SIGAnatel, que fornece automaticamente os canais relevantes, e gera um relatório conforme as informações propostas fornecidas.

Como resultado desta consulta ao PBTVD, obteve-se os seguintes canais como possíveis interferentes, listados na Tabela 5.

Tabela 5 – Canais interferentes relevantes

Canal	Digital/Analógico	Cidade	ERPmax kW	LAT	LON
14	Analógico	Blumenau	50	25° 55' 10"	49° 03' 58"
21	Analógico	Itajaí	10	26° 55' 08"	48° 39' 47"
22	Analógico	Joinville	10	26° 17' 18"	48° 49' 40"
22	Digital	Blumenau	80	26° 54' 10"	49° 03' 31"
22	Digital	Florianópolis	8	27° 35' 24"	48° 32' 03"

Como se pode observar, o canal 22 já está previsto para Blumenau, porém com uma potência máxima de 80kW. Isso acontece, pois o PBTVD não está completamente atualizado, portanto este canal será desconsiderado nos cálculos.

A seguir cada canal será detalhado separadamente, e será feita uma análise primária de cada caso.

5.1 CANAL 14 DE BLUMENAU

Tabela 6 – Características básicas do canal 14 de Blumenau

Canal	14
Frequências de operação (MHz)	470 – 476
Modulação	Analógico
Classe	A
Distância ao contorno protegido (km)	28,497

Distância ao canal proposto (km)	1,991
Tipo de interferência	Batimento de FI

Dadas as coordenadas fornecidas pelo plano básico, e as coordenadas do canal proposto, pode-se calcular a distância existente entre as duas estações. Neste caso a distância calculada pelo SIGAnatel foi de 1,991km, o que configura a co-localização das estações, pois a distância é menor que 2km.

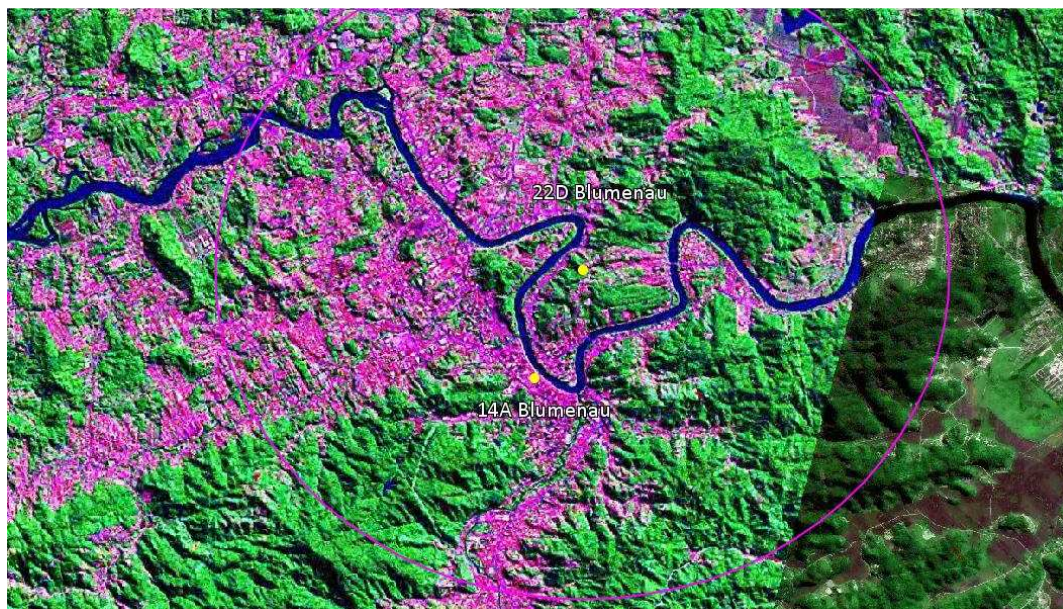


Figura 2 – Localidade das estações proposta e relevante de Blumenau

Primeiramente não se consegue ver alguma relação entre os canais 14 analógico e o 22 digital, porém a interferência neste caso envolve o batimento de frequência intermediária. Esta é a “interferência resultante do batimento que ocorre no conversor do receptor UHF entre o canal N e o canal N+8 ou N-8, resultando um sinal que interferirá na FI do receptor de televisão sintonizado no canal N” [1] (2001, p. 6). A relação de proteção que deve ser obedecida neste caso é de -10dB, e esse tipo de avaliação é feito pelo próprio SIGAnatel, que neste caso resultou como viável a co-localização dos canais ora envolvidos.

5.2 CANAL 21 DE ITAJAÍ

Tabela 7 – Características básicas do canal 21 de Itajaí

Canal	21
Frequências de operação (MHz)	512 – 518
Modulação	Analógico
Classe	B
Limitação ERPmax	3kW de 299° a 341°
Distância ao canal proposto (km)	39,332
Tipo de interferência	Adjacente inferior

Neste caso, diferentemente do anterior, a interferência é causada por sinais espúrios; ou seja, sinais irradiados fora da faixa de frequências do canal. A razão entre o sinal desejado, no caso é o sinal que deve ser assegurada a proteção, e o sinal interferente, sinal da estação proposta, deve ser de, no máximo -11dB, a Tabela 11 demonstra esses dados.

A seguir a imagem gerada usando a ferramenta SIGAnatel.

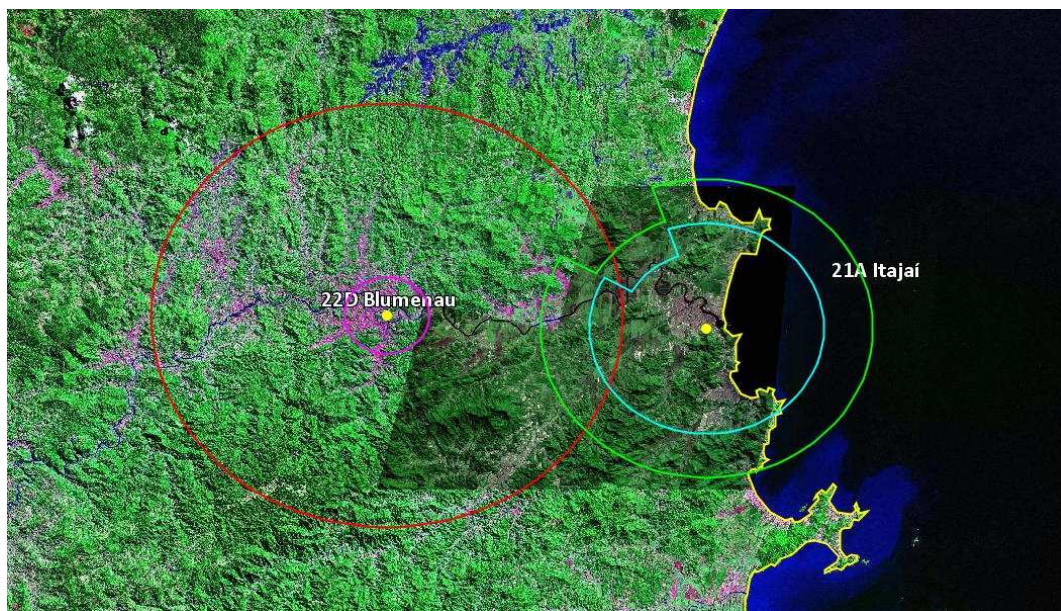


Figura 3 – Representação dos contornos das estações de Blumenau e Itajaí

Nota-se que o sinal interferente, representado pelo contorno cor-de-rosa, não invade o contorno protegido da estação de Itajaí, porem o contorno protegido do canal sendo

projetado, esse sim, invade o contorno protegido. Neste caso, deve-se provar que o contorno protegido não invade o outro, caso contrário o canal será inviável.

5.3 CANAL 22 DE JOINVILLE

Tabela 8 – Características básicas do canal 22 de Joinville

Canal	22
Frequências de operação (MHz)	518 – 524
Modulação	Analógico
Classe	B
Distância ao contorno protegido (km)	20,407
Distância ao canal proposto (km)	72,857
Tipo de interferência	Co-canal

Este caso é o mais comum, e sua análise não difere dos métodos utilizados usados no caso anterior. Em situações como esta, de interferência co-canal, e com um canal digital e outro analógico, a proteção é de 34dB, o que resulta em um campo interferente de $36 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$.

Na Figura 4 observa-se claramente os contornos protegido e interferente de ambas estações envolvidas. Vermelho e verde representam o contorno protegido das estações proposta e relevante, respectivamente.

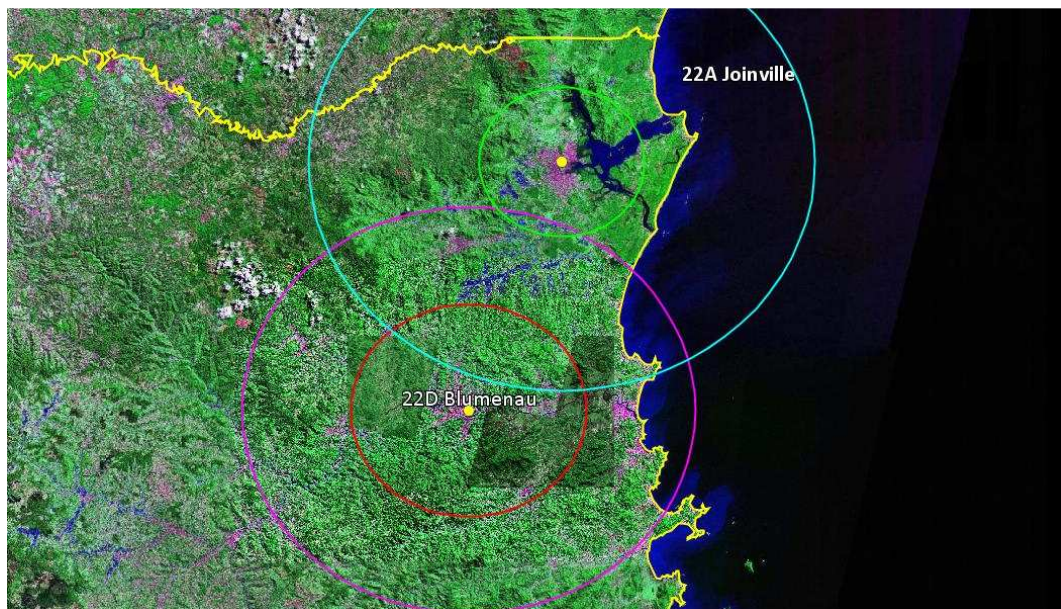


Figura 4 – Representação dos contornos das estações de Blumenau e Joinville

Com esta configuração, primeiramente torna-se óbvia a inviabilidade, porém, como nos casos anteriores, uma análise mais detalhada pode ser feita, a fim de provar a viabilidade do canal proposto.

5.4 CANAL 22 DE FLORIANÓPOLIS

Tabela 9 – Características básicas do canal 22 de Florianópolis

Canal	22
Frequências de operação (MHz)	518 – 524
Modulação	Digital
Classe	A
Distância ao contorno protegido (km)	42,236
Distância ao canal proposto (km)	92,176
Tipo de interferência	Co-canal

Assim como ocorre com a estação de Joinville, a interferência neste caso é co-canal. Porém algumas diferenças podem ser notadas, primeiramente que ambos os canais são digitais, o que acarreta em uma razão de proteção mínima de 19dB, resultado em um campo interferente de $32 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$. A outra diferença é vista na Figura 5, que mostra o contorno

interferente da estação relevante, o contorno ultrapassa a localização da estação proposta, e isso poderá influenciar nos cálculos de análise detalhada que será feita.

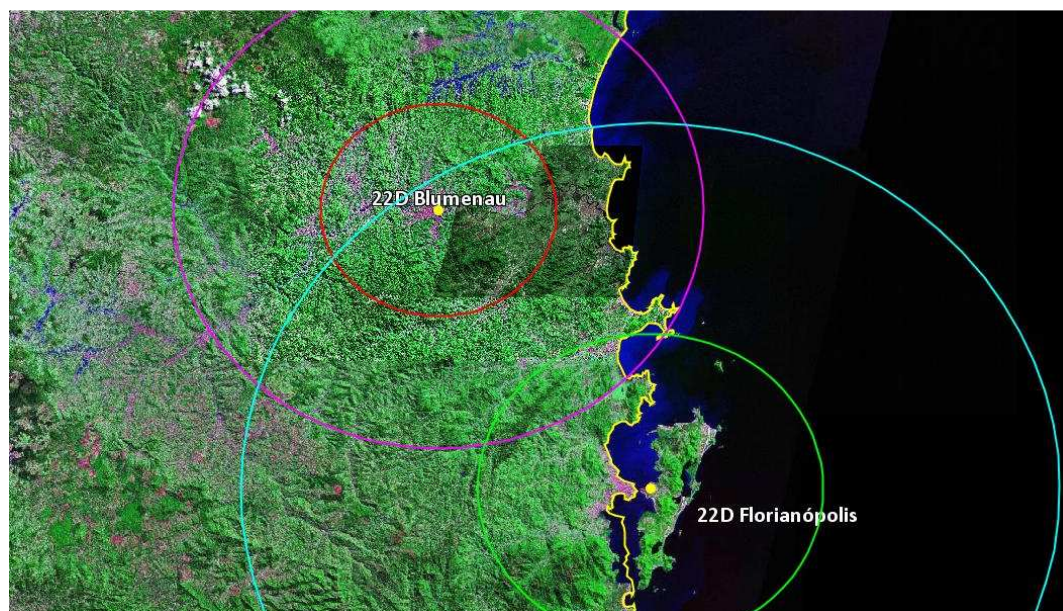


Figura 5 – Representação dos contornos das estações de Blumenau e Florianópolis

Na análise preliminar através do SIGAnatel é visível a inviabilidade.

6 CÁLCULO DE VIABILIDADE

Tendo em vista o estudo preliminar, que revelou os canais relevantes deste caso, agora será feita uma análise detalhada. Nesta análise será levado em conta o perfil do terreno em cada radial que apresente problemas de interferência, e também as características de transmissão do sistema irradiante proposto.

6.1 SISTEMA IRRADIANTE

Um sistema irradiante é composto basicamente de uma antena, um guia de onda, e um transmissor. Cada um dos componentes apresenta características próprias, variando de fabricante. No levantamento das informações são apresentadas as características que influenciam diretamente nos cálculos.

A seguir serão apresentadas as características do sistema irradiante, bem como os critérios usados para a utilização de cada um.

6.1.1 Antena

A antena utilizada no estudo é uma Slot UHF de 4 fendas e de polarização circular. Essa antena apresenta um diagrama de irradiação útil para o relevo acidentado da região de Blumenau. A Figura 6 ilustra este diagrama, e o Anexo A contém o documento do fabricante na íntegra [6]. O ganho máximo da antena é de 10,9dBi, ou 8,75dBd, para polarização circular.

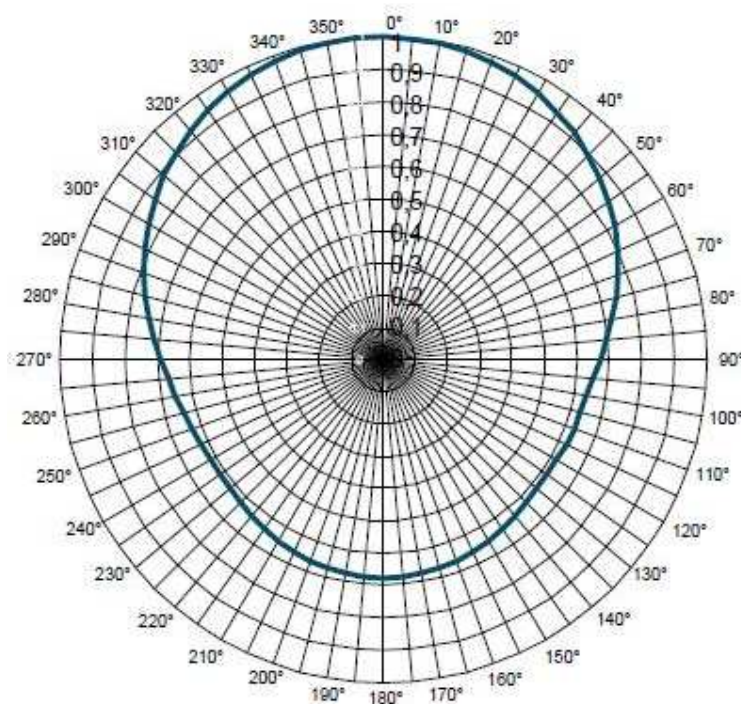


Figura 6 – Diagrama Irradiação da Antena Slot UHF

Com esse diagrama é possível direcionar o azimute de forma a atender a maior parte da população possível. Desta forma a direção adotada será 255°, atendendo assim às áreas dos bairros Garcia e Velha da melhor forma possível, e deixando de irradiar potências elevadas para a direção das estações interferentes, uma visão melhor é descrita adiante.

Outra vantagem que será detalhada adiante é de irradiar menos potência em direção a os canais que podem sofrer interferências do canal proposto.

6.1.2 Guia de onda e conectores

Conforme a antena escolhida, e a potência máxima irradiada, tem-se então que o guia de onda necessário é o padrão EIA 7/8". Optou-se pelo modelo Heliflex Air Coax da fabricante RFS, que apresenta boa mobilidade para manuseio [9]. De acordo com as especificações técnicas, este guia apresenta uma atenuação de 2,76dB/100m, operando na frequência de 512MHz; as especificações podem ser encontradas no Anexo B. Como a frequência central que está sendo estudada é de 521MHz, adotaremos o valor de 2,8dB/100m.

A estrutura existente da torre, onde a antena será colocada, tem cerca de 65m de altura. Portanto o comprimento do guia adotado será de 75m, tendo em vista que ele deverá ser conectado ao transmissor, que por sua vez encontrar-se-á dentro da estrutura edificada já existente. Sendo assim a atenuação introduzida pelo cabo será de 2,1dB.

6.1.3 Transmissor

A única característica de um transmissor levada em consideração nos cálculos é a sua potência de saída. Essa potência é informada nas especificações técnicas, e dada geralmente em Wrms.

Adotou-se um transmissor fictício com potência de 200 Wrms de saída, essa potência foi baseada em pesquisa nos sites de fabricantes nacionais. Outras potências encontradas foram de 100, 150 e 250 Wrms.

6.1.4 Ajustes de equipamentos

A seguir serão mostrados alguns ajustes necessários para obter o resultado mais preciso possível.

6.1.4.1 Potência efetiva irradiada máxima (ERP_{max})

Para obter a ERP_{max} a partir dos equipamentos escolhidos, a seguinte fórmula é utilizada:

$$ERP_{max} = Pt \times Gt_{max} \times Ef$$

Onde Pt representa a potência de saída do transmissor em Wrms, Gt_{max} o ganho máximo da antena em vezes, e Ef a eficiência da linha de transmissão.

A potência de saída do transmissor e o ganho máximo da antena podem ser obtidos diretamente do fabricante, e neste caso assumem os valores de 0,2kW e 7,5 vezes, respectivamente. Apenas a conversão do Gt_{max} é necessária ser feita, através da fórmula:

$$Gt_{max} = 10^{0,1 \times Gt_{max}(dBd)}$$

A eficiência da linha de transmissão é obtida através das perdas do sistema. Para calcular este parâmetro é preciso calcular as perdas na linha com a fórmula:

$$Pl = \frac{L \times Al}{100}$$

Onde L é o comprimento do guia de onda em metros e Al é a atenuação do guia a cada 100m de comprimento, em dB/100m. É preciso também estimar as perdas acessórias (Pc , em dB), provenientes de eventuais conectores e divisores utilizados na linha, será assumida uma perda adicional de 2dB.

Somando-se Pl com Pc tem-se então a perda total na linha (Pd), em dB. Converte-se então as perdas totais em vezes (Pv):

$$Pd = Pl + Pc$$

$$Pv = 10^{0,1 \times Pd}$$

E invertendo o resultado desta última tem-se a eficiência da linha:

$$Ef = 1/Pv$$

No caso, o resultado obtido com os dados expostos resultou em uma eficiência igual a 0,402, tendo portando uma potência de saída de 0,603kW.

6.1.4.2 Potência efetiva irradiada por azimuth (ERP_{az})

A ERP_{max} representa a potência máxima, porém na prática essa potência será irradiada apenas em uma direção. Já a ERP_{az} é necessária para uma análise mais detalhada de interferência.

A ERP_{az} nada mais é que a parcela irradiada em determinado azimuth, e pode ser calculado com a simples fórmula:

$$ERP_{az} = ERP_{max} \times (E/Emax)^2$$

Onde $(E/Emax)^2$ representa a porcentagem da potência máxima que é irradiada no azimuth. Este parâmetro pode ser obtido diretamente das especificações técnicas do fabricante.

6.1.4.3 Orientação da antena

É interesse de toda emissora de televisão oferecer cobertura à maior parcela da população possível, para isto é necessário realizar uma análise da área urbana da cidade. Em

Blumenau, através da Figura 7, nota-se que a grande maioria da área urbana não se encontra na direção do norte verdadeiro da antena transmissora.

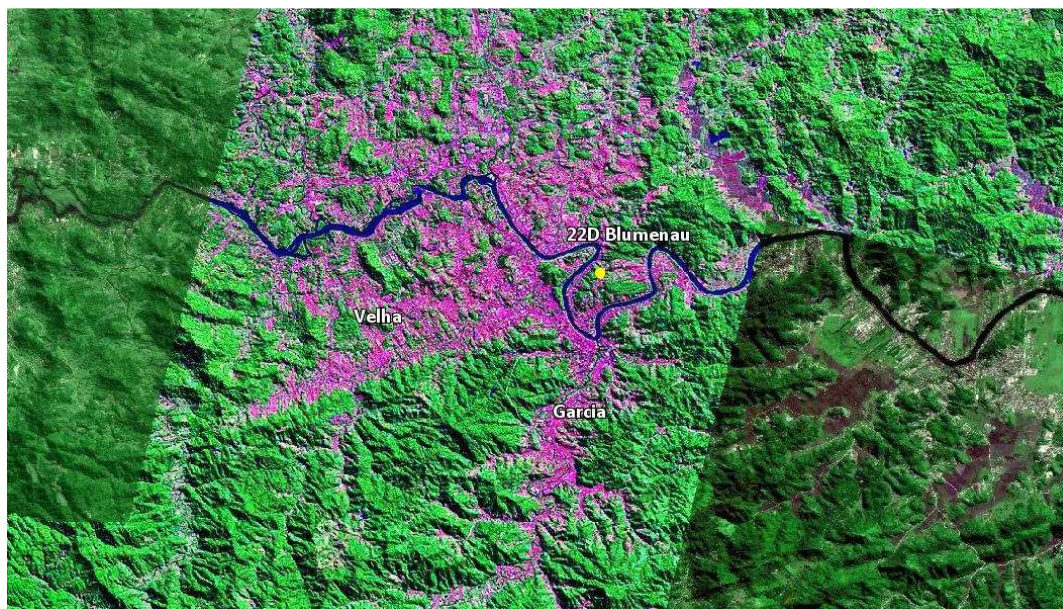


Figura 7 – Imagem de satélite da cidade de Blumenau

Analisando, pode-se assumir que a área urbana de interesse situa-se aproximadamente no azimute de 255°, e na prática esta direção representa o bairro da Velha. Tendo estes dados como base, o próximo passo é ajustar o diagrama de irradiação de forma que a maior parcela da potência seja irradiada nesta direção.

Com isso, altera-se também a porcentagem irradiada nos demais azimutes, o novo valor de $(E/E_{max})^2$ para o azimute é obtido através da fórmula:

$$\left(\frac{E}{E_{max}}\right)^2 (azimute\ novo) = \left(\frac{E}{E_{max}}\right)^2 (360 - 255 + azimute\ novo)$$

Na Tabela 10 é apresentado o resultado para as 12 radiais principais, levando em consideração a HNMT de cada uma delas e também a orientação da antena.

Tabela 10 – Potência efetiva irradiada por azimute

Azimute	HNMT (m)	$(E/E_{max})^2$	ERPaz (kW)
0	102,74	0,39536662	0,238406072
30	-6,95	0,390840896	0,23567706
60	28,55	0,447713304	0,269971122
90	170,19	0,447713304	0,269971122

120	147,25	0,390840896	0,23567706
150	33,23	0,406443329	0,245085327
180	-42,02	0,580764418	0,350200944
210	-51,58	0,824138115	0,496955283
240	20,23	0,981747943	0,59199401
270	98,81	0,974989638	0,587918752
300	133,04	0,803526122	0,484526252
330	112,08	0,553350109	0,333670116

6.2 INTERFERÊNCIAS

Cada canal relevante tem suas características próprias, tais como ERPmax, localidade, classe. Essas características determinam a relação de proteção entre dois canais, ou seja, qual a intensidade de campo máxima permitida existir no contorno protegido que possa causar interferência na recepção do mesmo.

Para obter esse valor de campo interferente é utilizada a seguinte tabela:

Tabela 11 – Relações de proteção (dB) para Canais em VHF e UHF

Canal interferente	Canal desejado = N		
	Digital sobre analógico	Analógico sobre digital	Digital sobre digital
N (co-canal)	+34	+7	+19
N-1 (adjacente inferior)	-11	-26	-24
N+1 (adjacente superior)	-11	-26	-24

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (Brasil). Resolução n. 398.

6.2.1 Interferência do canal proposto nos canais existentes

A seguir serão tratadas as interferências causadas pelo canal proposto nos canais relevantes.

6.2.1.1 Canal 21A de Itajaí

De acordo com a Tabela 10, a razão de proteção neste caso é de -11dB, ou seja, o campo interferente do canal proposto no canal de Itajaí é de $81 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$. Com o auxílio da ferramenta SIGAnatel é possível visualizar o contorno interferente (cor rosa), através da Figura 3.

Como pode-se observar o contorno interferente está longe de atingir o protegido do canal analógico. Porém a recíproca, neste caso, não é verdadeira, e será analisada adiante.

6.2.1.2 Canal 22A de Joinville

O campo interferente neste caso será de $36 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$. Pela análise preliminar, com a Figura 4, é vista a interferência causada pelo canal de Blumenau. Neste caso a solução será o levantamento de radiais auxiliares, e a determinação do campo em cada uma delas.

Segundo a Resolução nº284, neste caso, é preciso traçar novas radiais, uma radial principal, que liga as estações em questão, e tantas radiais secundárias, afastadas de 15° até ultrapassar a intercessão dos contornos interferente e protegido, incluindo estes, conforme Figura 8, que representa a situação.

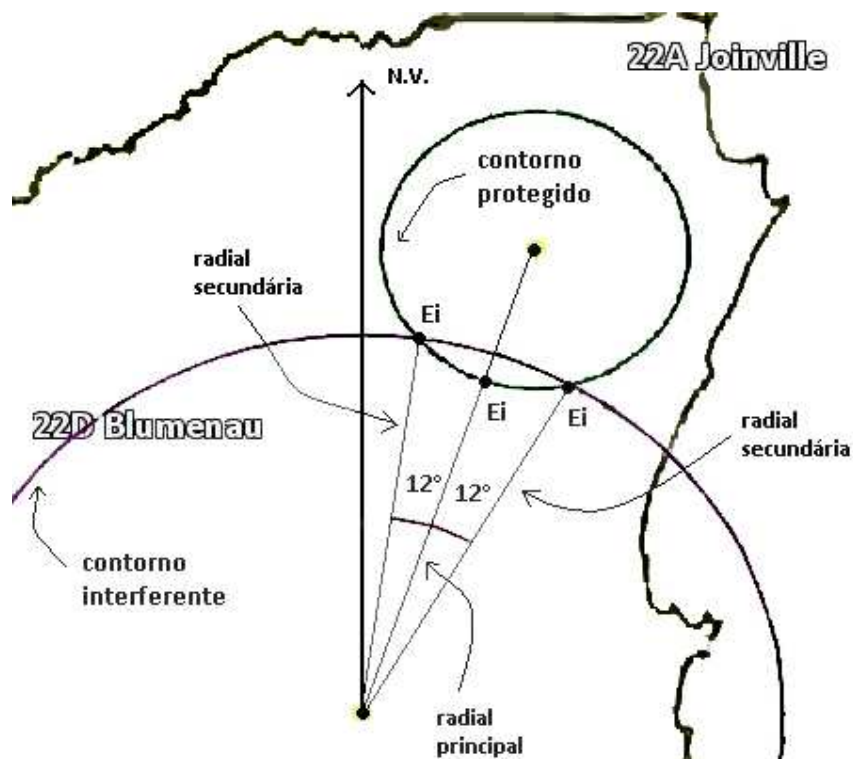


Figura 8 – Radiais traçadas em direção a Joinville

Como a distância entre as estações é de 71,857km, e o contorno protegido da estação de Joinville é de 20,407km, o contorno interferente, nas radiais traçadas, não pode ultrapassar 51,45km.

Utilizando o algoritmo implementado no Matlab, obteve-se os seguintes resultados para as radiais em questão, sabendo que o azimuth para Joinville é 19° em relação ao norte verdadeiro:

Tabela 12 – Radiais secundárias de Blumenau para Joinville

Azimuth (graus)	NMT (m)	HNMT (m)	$(E/E_{max})^2$	ERPaz (kW)	Distância ao contorno de 36dBμV/m (km)
7	171,62	31,38	0,390122	0,23524333	22,51
19	144,61	58,39	0,380189	0,22925421	29,43
31	198,1	4,9	0,392645	0,2367649	13,64

Como observa-se, o campo interferente em cada uma das radiais envolvidas está muito abaixo do limite, isso significa que o canal proposto não irá interferir no canal relevante de Joinville.

6.2.1.3 Canal 22D de Florianópolis

A situação com relação ao canal 22 de Florianópolis é semelhante com a de Joinville, as únicas diferenças são a razão de proteção, que agora remete a um campo interferente de 32dB por ambos serem canais digitais, e o azimuth, que agora é 146°, e mais radiais são necessárias.

Na Figura 9 tem-se a representação das radiais envolvidas, e na Tabela 12 os dados referentes a cada uma delas.

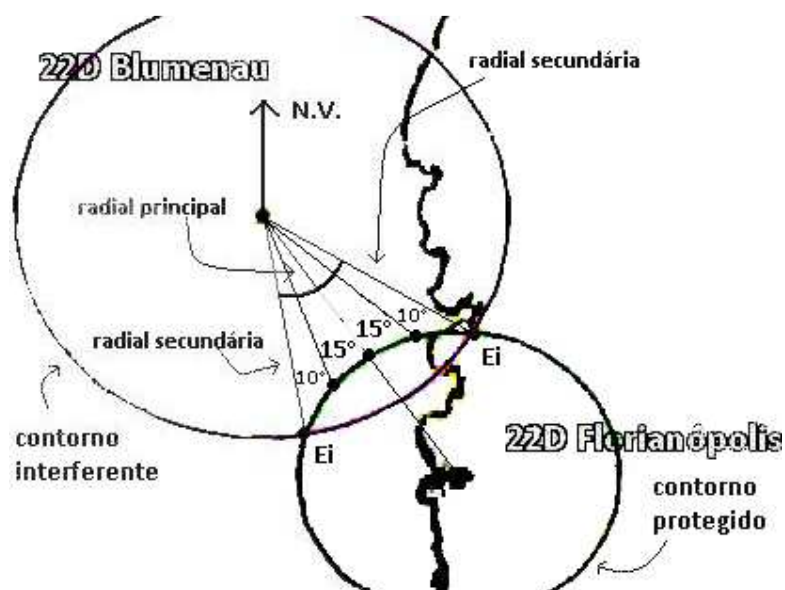


Figura 9 – Radiais traçadas em direção a Florianópolis

Tabela 13 – Radiais extras de Blumenau para Florianópolis

Azimute (graus)	NMT (m)	HNMT (m)	$(E/E_{max})^2$	ERPaz (kW)	Distância ao contorno de 32 dB μ V/m (km)
121	59,88	143,12	0,389583	0,23491855	49,07
131	75,75	127,25	0,380189	0,22925421	46,91
146	152,66	50,34	0,395367	0,23840607	33,26
161	262,21	10	0,453106	0,27322304	17,06
171	167,09	35,91	0,515229	0,31068287	30,49

Como a distância entre as estações é de 92,176km, e o contorno protegido de Florianópolis é de 42,236km, o contorno interferente não pode ultrapassar 49,94km. Sendo assim, não há interferência do canal proposto no canal de Florianópolis.

6.2.2 Interferência dos canais existentes no canal proposto

Assegurada a proteção das emissoras sujeitas a interferência, a etapa agora é realizar o caminho inverso, verificar se a emissora proposta tenha sua proteção assegurada. Os cálculos relacionados são exatamente os mesmos, porém os valores irão mudar.

No caso inverso, não se pode contar com o diagrama de irradiação da emissora relevante, logo será admitido um valor de $(E/E_{max})^2$ igual a 1 em todas as radiais. Outro fator que será alterado é a potência irradiada, o seu valor será tomado a partir do plano básico.

6.2.2.1 Canal 21A de Itajaí

Seguindo o padrão das análises anteriores, temos os dados de transmissão os seguintes: ERPmax igual a 10kW, com limitação de 3kW nos azimutes de 299° a 341°, azimute em direção a estação proposta igual a 273°, distância entre as estações de 39,332km e distância ao contorno protegido da estação proposta de 10,332km. Como o valor de 10,332km representa a distância ao contorno protegido sem a correção deste último, com a sua correção, que provém do valor de $(E/E_{max})^2$ do sistema irradiante proposto, esta distância aumenta para 13,952km. Esta é a situação extrema a favor do canal proposto.

De acordo com a Tabela 10, deduz-se um valor de campo interferente de $77dB\mu V/m$. Dando procedimento, são levantadas as radiais extras necessárias, conforme mostrado na Figura 10. E destas radiais são obtidos os valores tabelados em seguida.

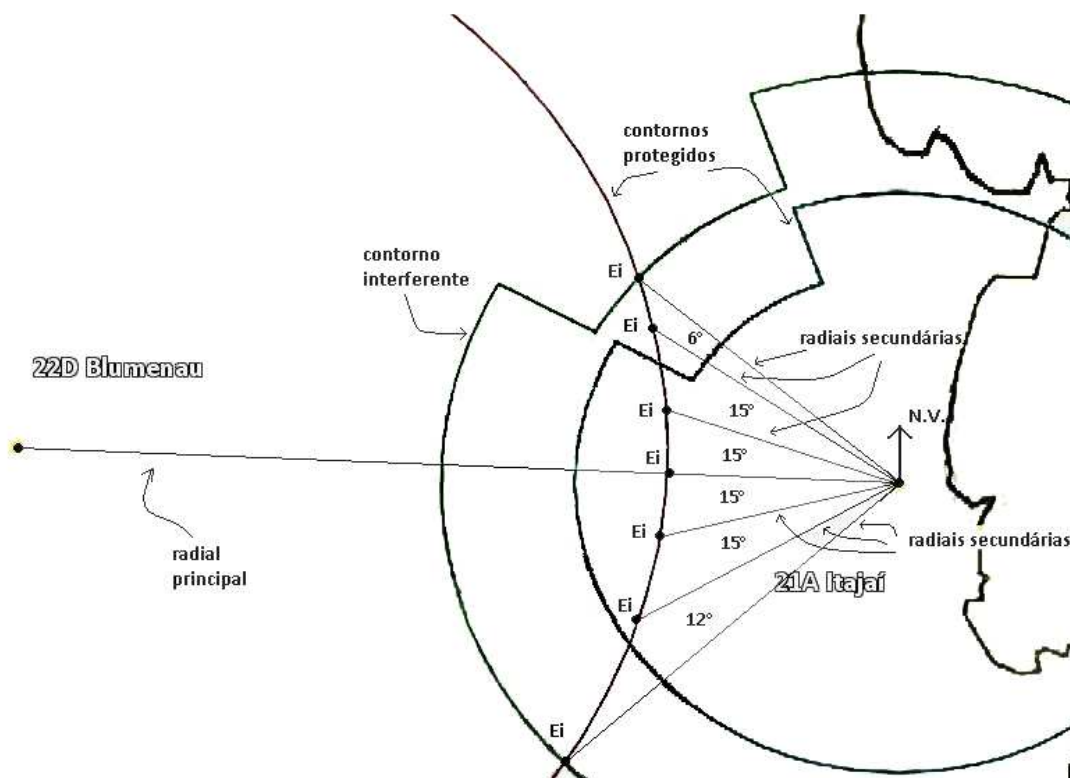


Figura 10 – Radiais traçadas de Itajaí para Blumenau

Como existe a limitação deste canal, as radiais de 309 e 303 terão sua ERPmax diminuídas para 3kW nos cálculos.

Tabela 14 – Radiais extras de Itajaí para Blumenau

Azimute (graus)	NMT (m)	HNMT (m)	$(E/E_{max})^2$	ERPaz (kW)	Distância ao contorno de 77 dB μ V/m (km)
231	48,36	168,64	1	10	14,88
243	23,7	193,3	1	10	16,08
258	33,96	183,04	1	10	15,59
273	15,89	201,11	1	10	16,46
288	28,9	188,1	1	10	15,83
303	8,77	208,23	1	3	12,1
309	22,33	194,67	1	3	11,63

Observando, nota-se a inviabilidade. Neste caso a solução seria aplicar uma limitação no canal proposto, em direção a estação de Itajaí com a finalidade de excluir esta

sobreposição de contornos, já que não se pode propor uma alteração de um canal já existente e consignado a uma entidade.

O azimuth de Blumenau para Itajaí é de 93° , a sobreposição do contorno interferente estende-se dos azimuthes 78° a 108° . Portanto um limite de 203W solucionaria este problema.

6.2.2.2 Canal 22A de Joinville

Dando seqüência, o mesmo procedimento é executado com o canal de Joinville. A Figura 11 e a Tabela 14 apresentam os resultados das radiais calculadas.

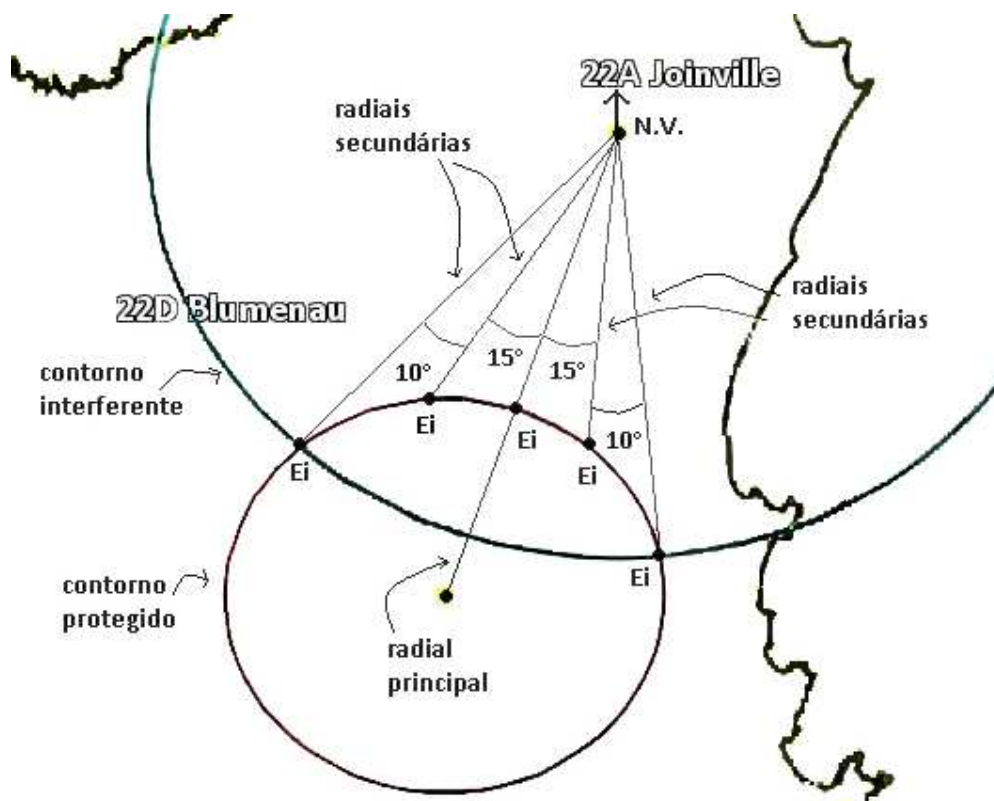


Figura 11 – Radiais traçadas de Joinville para Blumenau

E em seguida os valores das radiais apresentadas. Lembrando que o contorno interferente agora é de $44 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$, e a distância do canal interferente ao contorno protegido proposto, corrigido pelo $(E/E_{\text{max}})^2$ em direção a Joinville, é de 57,267km .

Tabela 15 – Radiais extras de Joinville para Blumenau

Azimute (graus)	NMT (m)	HNMT (m)	$(E/E_{max})^2$	ERPaz (kW)	Distância ao contorno de 44 dB μ V/m (km)
174	193,89	10	1	10	20,44
184	18,12	164,88	1	10	59,34
199	18,44	164,56	1	10	59,31
214	20,44	162,56	1	10	59,08
224	294,85	10	1	10	20,44

Semelhante ao caso anterior, a inviabilidade é provada. Neste caso a limitação proposta é de 29W no intervalo de azimutes de 314° a 84°. Implicando que a limitação imposta anteriormente, devido a interferência de Itajaí, tenha seu intervalo alterado de 78° para 84°, até 108°.

6.2.2.3 Canal 22D de Florianópolis

Na Figura 12, como nas anteriores, mostra as radiais extras que devem ser consideradas.

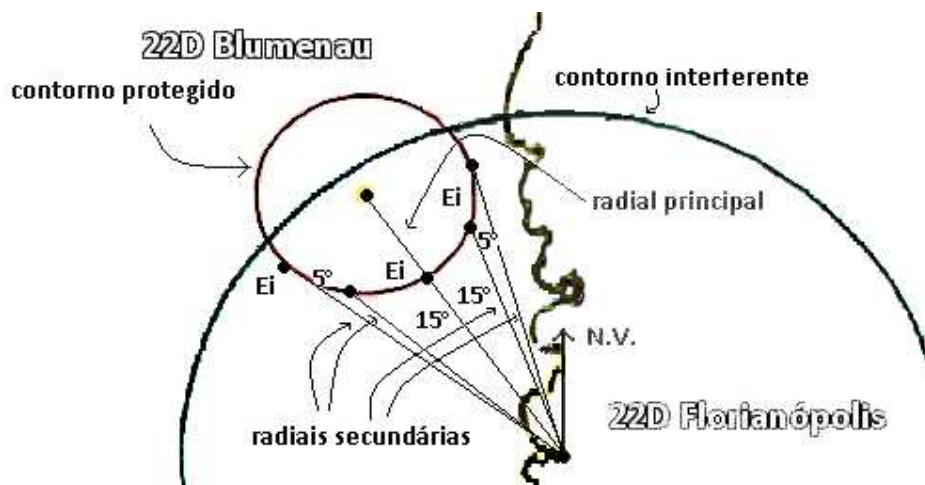


Figura 12 – Radiais traçadas de Florianópolis para Blumenau

E na Tabela 15 os dados de cada radial, levando em conta a ERPmax de 8kW prevista no plano básico. O azimuth é 326° em relação ao norte verdadeiro.

Tabela 16 – Radiais extras de Florianópolis para Blumenau

Azimute (graus)	NMT (m)	HNMT (m)	(E/Emax)²	ERPaz (kW)	Distância ao contorno de 32 dBμV/m (km)
306	48,66	208,34	1	8	90,01
311	62,82	194,18	1	8	88,42
326	110,73	146,27	1	8	82,40
341	41,62	215,38	1	8	90,78
346	42,89	214,11	1	8	90,64

A distância entre as estações é de 92,176km, e a distância do contorno interferente aproxima-se muito deste valor. Neste caso a limitação não é possível, ou seja, a implementação do canal proposto também não é possível.

6.2.3 Parecer final

Tendo em vista os cálculos executados para cada situação descrita, seria possível sim, na prática, implantar as mudanças sugeridas no plano básico. Porém uma das premissas da televisão digital, é repetir a cobertura já existente com o canal analógico. Como o canal da TV FURB, que foi o ponto de partida para este estudo, cobre grande parte da área urbana da cidade de Blumenau, não seria possível ter a mesma cobertura, devido as limitações impostas necessárias.

É então inviável a implantação do canal 22 de televisão digital na cidade, tanto com as características propostas neste trabalho, quanto com as já existentes, previstas no PBTVD.

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram estudadas as resoluções e recomendações da ANATEL, em relação a projetos de televisão digital, e os conhecimentos obtidos foram postos em prática em uma situação real.

A principal conclusão que se pode tirar deste estudo que o PBTVD, se não for reconfigurado nas regiões como a do Vale do Itajaí, apresentará falhas, complicando a consignação de canais para emissoras. Uma solução para esta situação seria fazer uma Consulta Pública, e uma reunião com as emissoras da região, buscando uma solução conjunta.

Um aspecto importante deste estudo é a Recomendação UIT-R p. 1546, este documento é de grande utilidade, por poder ser empregado não só nos casos envolvendo televisão digital, mas pode também ser usado para cálculos de emissoras de rádio, e outros tipos de serviços. A recomendação usada já está defasada, atualmente ela encontra-se em sua quinta versão, e a utilizada pela ANATEL remeta à segunda; um estudo para determinar as melhorias, e a utilidade desses avanços pode ser feito.

7.1 SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS

Para a continuidade deste trabalho, sugere-se um estudo aprofundado em outras situações, tais como percurso de propagação sobre água, ou até mesmo percurso misto. É importante este tipo de avaliação por conta das diferentes regiões do Brasil, que têm desde percurso terrestre, até percursos sobre o mar, lagoas, entre outras situações.

REFERÊNCIAS

- [1] AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (Brasil). Resolução n. 284, de 7 de dezembro de 2001. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/>>. Acesso em: 10 de março de 2010.
- [2] _____. Resolução n. 398, de 7 de abril de 2005. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/>>. Acesso em: 10 de março de 2010.
- [3] _____. Resolução n. 407, de 10 de junho de 2005. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/>>. Acesso em: 10 de março de 2010.
- [4] BRASIL. MC. Portaria n. 276, de 29 de março de 2010. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/>>. Acesso em: 10 de março de 2010.
- [5] CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM TELECOMUNICAÇÕES. **Planejamento de canais de tv digital**. Campinas, 8 de setembro de 2003. Disponível em: <<http://sistemas.anatel.gov.br/siganatel/>>. Acesso em: 15 de março de 2010.
- [6] IDEAL ANTENAS PROFISSIONAIS. **Antena slot UHF: polarização circular**. Disponível em: <http://www.idealantenas.com.br/produtosport/digital/SLOT_Polarização_Circular_Elíptica.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2010.
- [7] NASA (Estados Unidos da América). **Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em: 20 de março de 2010.
- [8] RADIO MOBILE. Disponível em: <<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>>. Acesso em: 20 de março de 2010.
- [9] RFS. **Heliflex cable**. Disponível em: <http://www2.rfsworld.com/RFS_Edition3/pdfs/HELIFLEX_Air_Cable_55-69.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2010.
- [10] SIGANATEL - Sistema de informações geográficas. Disponível em: <<http://sistemas.anatel.gov.br/siganatel/>>. Acesso em: 20 de março de 2010.
- [11] SILVA, Paulo H. da F.; SOUSA, Valdery. **Simulação computacional de estudos de viabilidade técnica de canais de tv digital**. Disponível em: <http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080227_094813_TELE-027.pdf>. Acesso em: 18 de março de 2010.
- [12] UNIÃO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES: SETOR DE RADIOCOMUNICAÇÕES. **Recomendação P.1546-1: Método de previsões ponto-área para serviços terrestres na faixa de frequências de 30 a 3000MHz**. Disponível em: <<http://sistemas.anatel.gov.br/siganatel/>>. Acesso em: 10 de março de 2010.

ANEXO A – Especificações técnicas do fabricante da antena slot utilizada

ANEXO B – Especificações técnicas do fabricante do guia de ondas utilizado