Guilherme Bilbao Soares da Silva

Emissora FM em São Pedro de Alcâtara

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte das atividades para obtenção do título de tecnólogo em sistemas de telecomunicações do Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

Orientador

Prof. Jaci Destri

Trabalho de conclusão de curso sob o título " *Emissora Fm em São Pedro de Alcâtara*", defendida por Guilherme Bilbao Soares da Silva e aprovada 12 de fevereiro de 2008, em São José, Estado de Santa Catarina, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof^a. Fulana de Tal Orientadora

Prof^a. Dr^a. Beltrana de Tal Nome da Instituição

Prof. Dr. Beltrano de Tal Universidade Imaginária



Agradecimentos

Ao término deste trabalho, deixo aqui meus sinceros agradecimentos:

- a Deus por tudo;
- ao Prof. Dr. NOME DO PROFESSOR ORIENTADOR, por toda dedicação, paciência e estímulo em sua orientação;
- a todos os professores do Departamento de NOME DO DEPARTAMENTO da NOME DA INSTITUIÇÃO;
- Aos professores NOME DOS PROFESSORES DA PRÉ-BANCA E/OU BANCA pelas valiosas sugestões;
- a minha família, pelo incentivo e segurança que me passaram durante todo esse período;
- aos amigos do curso de NOME DO CURSO QUE ESTÁ REALIZANDO pelo agradável convívio;
- a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;
- à NOME/SIGLA DA INSTITUIÇÃO DE FOMENTO pelo auxílio financeiro.



Resumo

Digite seu resumo aqui.

Sumário

Introdução

1		ANO BÁSICO DE DISTRIBUIÇÃO DE CANAIS DE RADIODIFUSÃO SORA EM FREQUÊNCIA MODULADA (PBMF)	12
	1.1	CANALIZAÇÃO	12
2	RES	SOLUÇÃO Nº 67, DE 12 DE NOVEMBRO DE 1998	14
	2.1	RECOMENDAÇÃO UIT-R P.1546	14
		2.1.1 Conceitos básicos	15
	2.2	ADAPTAÇÕES DA RECOMENDAÇÃO	16
		2.2.1 Nível médio do terreno	16
		2.2.2 Altura da antena transmissora	16
	2.3	PARÂMETROS NECESSÁRIOS PARA O CÁLCULO DE VIABILIDADE TÉCNICA	16
		2.3.1 Contorno Protegido	16
		2.3.2 Contornos Interferentes	17
3	CAN	NAL PROPOSTO	18
	3.1	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	18
	3.2	ENQUADRAMENTO NA CLASSE	18
	3.3	NÍVEL MÉDIO DO TERRENO E ALTURA ACIMA DO NÍVEL MÉDIO DO TERRENO	19
		3.3.1 Nivel Médio da Radial (NMR) e Nivel Médio do Terreno (NMT)	19
		3.3.2 Altura Acima do Nível Médio do Terrreno	22

Re	eferên	ıcias		36
5	Con	sideraç	ões Finais	35
		4.1.4	Ajustes de equipamentos	26
		4.1.3	Transmissor	26
		4.1.2	Guia de onda e conectores	26
		4.1.1	Antena	26
	4.1	SISTE	MA IRRADIANTE	26
4	CÁI	LCULO	DO SISTEMA IRRADIANTE	26
	3.4	CONT	ORNO PROTEGIDO	24

Introdução

Estudo e compreensão das normas mais recentes em relação à transmissão de rádio FM, utilizando ferramentas livres oferecidas pela ANATEL

Realizar um estudo de viabilidade técnica de um canal de rádio em frequência modulada, baseando-se num cenário real. Colocar em prática os conhecimentos obtidos das recomendações, aplicando em situação real e possível. Com os resultados obtidos, será elaborada uma solução para cada eventual problema que surgir.

Este projeto tem como objetivo criar uma documentação técnica, que reuna todos os requisitos necessários para que uma emissora de rádio possa ser homologada pela ANATEL, (de acordo com a Resolução N° 67) e, assim, ser utilizada comercialmente.

O que definiu o local de São Pedro de Alcântara como o escolhido para desenvolver este projeto da emissora FM foi, principalmente, o fator "cenário real", proporcionado pela disponibilidade do canal 238,na frequência de XXX Mhz e enquadrado na classe C (classificação das emissoras), atráves do plano básico administrado pela ANATEl. A idéia de desenvolver um projeto que poderia ser realmente implantado, foi uma motivação a mais. Todos os cálculos, ítens e materiais, que foram definidos e documentados neste projeto, foram pensados e analisados com os cuidados de uma possível execução no futuro.

Outro ponto, é a relativa facilidade de acesso (São Pedro de Alcântara é um município vizinhho à São José), isto foi importante para verificação e definição do ponto onde ficaria o sistema emissor. Ao visitar o local, verificamos que já existia uma antena (moradores informaram que trata-se de uma antena de transmissão de TV analógica) em um terreno no centro do município.

Constatando que existe espaço para uma construção de uma nova torre, partimos do princípio que o local, no centro do município, é o mais indicado para instalar nossa estrutura. Assim, definimos o ponto de origem da emissora, exatamente nas coordenadas (informar latitude e longitude).

Encontrado o ponto de partida, deu-se início aos cálculos, para definições dos equipamentos e materiais que vão compor a emissora FM.

Nos próximos capítulos, todas os procedimentos, que são necessários para homologar uma

emissora junto a ANATEL, serão apresentados, de uma forma pratica e direta.

1 PLANO BÁSICO DE DISTRIBUIÇÃO DE CANAIS DE RADIODIFUSÃO SONORA EM FREQUÊNCIA MODULADA (PBMF)

O PBFM foi aprovado em 12 de novembro de 1998, através da Resolução nº67 (referencia), e nele constam os canais FM previstos para uso, em todo o território nacional. aixa de radiodifusão sonora em freqüência modulada estende-se de 87,8 a 107,9 MHz, e é dividida em 103 canais (os canais 198,199 e 200 são para uso exclusivo das estações de ROADCOM), cujas portadoras estão separadas de 200 kHz. Cada canal é identificado por sua frequência central, que é a freqüência da portadora da estação de FM. A cada canal é atribuído um número de 198 a 300.

1.1 CANALIZAÇÃO

A tabela de Canalização da Faixa de FM atual foi publicada na RESOLUÇÃO N°546, DE 1° DE SETEMBRO DE 2010, que altera o Regulamento Técnico para Emissoras de Rádiodifusão Sonora em Frequência Modulada. A tabela 3.1, que segue, foi retirada da RESOLUÇÃO e apresenta a faixa de frequência para cada canal FM definido pelo Plano Básico.

FREQUÊNCIA	CANAL	FREQUÊNCIA	CANAL	FREQUÊNCIA	CANAL
(MHz)		(MHz)		(MHz)	
87,5	198	94,5	233	101,5	268
87,7	199	94,7	234	101,7	269
87,9	200	94,9	235	101,9	270
88,1	201	95,1	236	102,1	271
88,3	202	95,3	237	102,3	272
88,5	203	95,5	238	102,5	273
88,7	204	95,7	239	102,7	274
88,9	205	95,9	240	102,9	275
89,1	206	96,1	241	103,1	276
89,3	207	96,3	242	103,3	277
89,5	208	96,5	243	103,5	278
89,7	209	96,7	244	103,7	279
89,9	210	96,9	245	103,9	280
90,1	211	97,1	246	104,1	281
90,3	212	97,3	247	104,3	282
90,5	213	97,5	248	104,5	283
90,7	214	97,7	249	104,7	284
90,9	215	97,9	250	104,9	285
91,1	216	98,1	251	105,1	286
91,3	217	98,3	252	105,3	287
91,5	218	98,5	253	105,5	288
91,7	219	98,7	254	105,7	289
91,9	220	98,9	255	105,9	290
92,1	221	99,1	256	106,1	291
92,3	222	99,3	257	106,3	292
92,5	223	99,5	258	106,5	293
92,7	224	99,7	259	106,7	294
92,9	225	99,9	260	106,9	295
93,1	226	100,1	261	107,1	296
93,3	227	100,3	262	107,3	297
93,5	228	100,5	263	107,5	298
93,7	229	100,7	264	107,7	299
93,9	230	100,9	265	107,9	300
94,1	231	101,1	266		
94,3	232	101,3	267		

Tabela 1.1: CANALIZAÇÃO DA FAIXA DE FM.

2 RESOLUÇÃO Nº 67, DE 12 DE NOVEMBRO DE 1998

A Resolução $n^{\circ}67$ aprova o Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Frequencia Modulada. Tem por objetivo disciplinar a utilização da faixa de 87,8 a 108 MHz, no serviço de radiodifusão sonora em frequência modulada e em serviços nela executados, para oferecer um serviço de boa qualidade, evitar interferências sobre outros serviços de telecomunicações regularmente autorizados e reduzir possibilidades de danos físicos à população. Para isto, estabelece requisitos mínimos para os equipamentos utilizados em radiodifusão sonora em frequência modulada, afim de, além de atender o exposto anterior, racionalizar sua produção industrial.

Este é o documento principal que será usado para a realização deste projeto, pois informa todas as especificações mínimas necessárias para que uma emissora de rádio FM possa ser instalada e liberada para iniciar seus serviços. Um fator importante é ficar atento as novas resoluções que atualizam este regulamento, para que o projeto possa atender as novas exigências.

A última resolução, que altera o regulamento aprovado na resolução nº 67, foi a de nº 546. Esta altera alguns aspectos importantes para o desenvolvimento do projeto. Como exemplo posso citar a classificação das emissoras em função de seus requisitos máximos e as curvas de intensidade de compo (E (50,10) e E (50,10)), vindos da Recomedação UIT-R P.1546.

As resoluções podem ser consultadas através do portal da ANATEL, através do link http://legislacao.anatel.gov.br/resolucoes/

2.1 RECOMENDAÇÃO UIT-R P.1546

*** veririfcar se este topico se enquadra neste trabalho realmente *** *** verificar a tabela de intensidade de campo na ultima resolução e bater com as encontradas nos mesus calculos ***

2.1.1 Conceitos básicos

A seguir serão descritos parâmetros básicos muitos utilizados nos cálculos.

Altura acima do nível médio do terreno

A altura acima do nível médio do terreno (HNMT) é um valor que representa o nível do terreno ao redor da base transmissora.

Para encontrar o seu valor, deve-se obter cotas entre as distâncias de 3 e 15Km da antena e fazer uma média aritmética dos pontos obtidos. As alturas podem variar de 10 a 1200m, conforme a recomendação, porém o documento tembém descreve um método para, caso seja necessário, extrapolar esses valores.

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 freqüências 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 freqüência. 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].

***Indicar a referência do TCC

Implementação computacional da recomendação

Verificar sobre a utilização do MATLAB (se sobrar tempo...)

2.2 ADAPTAÇÕES DA RECOMENDAÇÃO

2.2.1 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.

***Indicar a referência do TCC

2.2.2 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.

***Indicar a referência do TCC

2.3 PARÂMETROS NECESSÁRIOS PARA O CÁLCULO DE VIABILIDADE TÉCNICA

Utilizando os métodos mencionados, vamos calcular os valores necessários para que um canal de rádio FM possa ser viabilizado.

2.3.1 Contorno Protegido

O contorno protegido é a distância entre a antena transmissora até o local geométrico onde a intensidade de campo E(50,50) apresenta o valor de $66dB\mu V/m$, para um canal de rádio FM. A resolução define, através da ultima alteração (resolução nº 546), que , para a classe C, a distância máxima ao contorno protegido é de 7,5 KM, a partir da base da antena transmissora.

2.3.2 Contornos Interferentes

*** Verificar ***

3 CANAL PROPOSTO

Para que possa ser autorizado pela ANATEL a utilização de um canal de rádio FM, além da documentação solicitada conforme a resolução, deve ser considerada as características básicas do canal.

3.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Ao analizar os canais disponíveis no Plano Básico de Distribuição de Canais de Radiodifusão Sonora em Frequencia Modulada, observou-se a existência de um canal 238 disponível para a região do município de São Pedro de Alcântara.

O canal é enquadrado na classe C, sendo assim, deve seguir os requisitos máximos que caracterizam os canais autorizados para esta classe.

3.2 ENQUADRAMENTO NA CLASSE

O canal que será usado para esta emissora FM está enquadrado na classe C, conforme apresentado no plano básico (ANEXO I), e para que o projeto fique enquadrado nesta classe, deve ser respeitado seus requisitos máximos, que podem ser verificados na tabela 3.1.

Porém, a resolução aceita algumas diferenças aos requisitos apresentados, desde que, ainda assim, respeite algumas condições. Segue estas observações, que são informadas na resolução $N^{\circ}546$:

a)Poderão ser utilizadas alturas de antena ou ERP superiores às especificadas na tabela 3.1, desde que não seja ultrapassada, em qualquer direção, a distância máxima ao contorno protegido.

b)Apenas para as emissoras de classe C poderá ser permitida a utilização de transmissor com potência nominal inferior a 50 W.

			REQUISITOS MÁXIMO	S
	POT	ÊNCIA	DISTÂNCIA MÁXIMA AO	ALTURA DE
CLASSES	(E	ERP)	CONTORNO PROTEGIDO	REFERÊNCIA SOBRE
	1-337	JD1-		O NÍVEL MÉDIO DA
	kW	dBk	(66dBµ) (km)	RADIAL (m)
E1	100	20,0	78,5	600
E2	75	18,8	67,5	450
E3	60	17,8	54,5	300
A1	50	17,0	38,5	150
A2	30	14,8	35,0	150
A3	15	11,8	30,0	150
A4	5	7,0	24,0	150
B1	3	4,8	16,5	90
B2	1	0	12,5	90
C	0,3	-5,2	7,5	60

Figura 3.1: CLASSIFICAÇÃO DAS EMISSORAS EM FUNÇÃO DE SEUS REQUISITOS MÁXIMOS (tabela retirada da resolução).

c)As distâncias apresentadas na TABELA I foram obtidas para o canal 201 e servem como referência para elaboração de estudos sem o uso de ferramentas computacionais.

3.3 NÍVEL MÉDIO DO TERRENO E ALTURA ACIMA DO NÍVEL MÉDIO DO TERRENO

A seguir vamos apresentar o método usado para o reconhecimento geométrico do local onde será instalado a emissora. Estes dados são de extrema importância para o sucesso do projeto.

3.3.1 Nivel Médio da Radial (NMR) e Nivel Médio do Terreno (NMT)

A resolução exige que sejam traçadas ao menos 12 radias com espaçamento angular de 30° e com pelo menos 50 cotas, igualmente espaçadas. O ponto previamente definido, como sendo o local onde a antena será fixada, será a origem das radias. Para traçar estas radias, usei os mapas disponíveis no site do IBGE (citar fonte)(edição de 08-10-2007), na escala 1 : 50.000. Através destas radiais vamos conseguir obter as altitudes do relevo ao redor da base da antena. Esses valores servirão de base para definir todas as características do nosso sistema. As radiais foram traçadas a partir do ponto (coordenadas)(local da antena) e deve, obrigatóriamente, incluir a direção do norte Verdadeiro.

Após os 12 raios traçados, calcula-se o Nível Médio da Radial (NMR) para cada uma delas. O NMR é definido pela média aritimética de todas as cotas da radial, que, de acordo com a

Radial(Graus)	Latitude(3Km)	Longitude(3Km)	Latitude(15Km)	Longitude(15Km)
0	27° 32' 23,51" S	48° 48' 33,71" O	27° 25' 53,51" S	48° 48' 33,71" O
30	27° 32' 42,16" S	48° 47' 38,18" O	27° 27' 04,86" S	48° 44' 00,00" O
60	27° 33' 15,40" S	48° 47' 00,00" O	27° 30' 00,00" S	48° 40' 38,18" O
90	27° 34' 02,72" S	48° 46' 45,45" O	27° 34' 02,73" S	48° 39' 33,64" O
120	27° 34' 52,37" S	48° 47' 00,00" O	27° 38' 05,67" S	48° 44' 00,00" O
180	27° 35' 38,11" S	48° 48' 33,71" O	27° 42' 10,54" S	48° 48' 33,71" O
210	27° 35' 25,46" S	48° 49' 29,09" O	27° 41' 05,67" S	48° 53' 05,45" O
240	27° 34' 52,37" S	48° 50' 09,09" O	27° 38' 07,78" S	48° 56' 29,09" O
270	27° 34' 02,72" S	48° 50' 25,63" O	27° 34' 02,73" S	48° 57' 40,00" O
300	27° 33' 15,40" S	48° 50' 09,09" O	27° 30' 00,00" S	48° 56' 29,09" O
330	27° 32' 42,16" S	48° 49' 29,09" O	27° 27' 04,86" S	48° 53' 05,45" O

Tabela 3.1: COORDENADAS INDICANDO AS REFERÊNCIAS LATITUDINAIS E LON-GITUDINAIS DE CADA RADIAL.

norma, devem ser compreendidas no trecho entre 3 e 15 quilômetros. Para obter esses valores das cotas, no caso os 50 valores correspondentes a alturas do terreno dentro da cada radial, existe uma ferramenta díponível no portal online da ANATEL, o SIGANATEL (citar fonte).

*** Indicar como faz para usar a ferramenta online (cadastro, links, até chegar aos gráficos.)

*** Esta é uma ferramenta que apresenta um gráfico com a projeção geográfica desejada. Para usar esta recurso basta apenas inserir as coordenadas dos pontos inicial e final de cada radial (3kM e 15kM) e o passo, em metros, desejado para a construção da curva (12/quantidade de passos)

Como exemplo, demostro um dos gráficos (Figura 3.2) que usei para este estudo. Note que usei um passo de 240 metros para cada medição, este é o valor mínimo exigido pela resolução. A partir deste gráfico, retirei os valores para descobrir o NMR de cada radial.

De posse dos resultados dos NMR's, podemos agora encontrar o nível medio do terreno (NMT), que é a média aritmética das 12 NMRs, tornando o terreno simbolicamente plano e de altura conhecida.

A tabela 3.2 apresenta os valores encontrados nas 12 radiais. Esta tabela indica as altidudes encontradas dos 50 pontos ao longo de cada radial, possibilitando obter a média para encontrar o NMR e, consequentemente, o NMT de 288, 33*m*, como pode ser observado.

Os NMR's encontrados neste processo serão usados para obter todos os valores de intensidade de sinal para cada uma das radias, como informaremos mais à frente.

3.9. 1.0. <th< th=""><th>Radial 04</th><th>Radial 05 Radial 06</th><th>Radial 07</th><th>Radial 08</th><th>Radial 09</th><th>Radial 10</th><th>Radial 11</th><th>Radial 12</th><th>NMT</th></th<>	Radial 04	Radial 05 Radial 06	Radial 07	Radial 08	Radial 09	Radial 10	Radial 11	Radial 12	NMT
339 334 335 235 230 470 200 470 318 318 318 328 <th>Altitude(m)</th> <th>rnde(m)</th> <th>_</th> <th>Altitude(m)</th> <th>Altitude(m)</th> <th>Altitude(m)</th> <th>Altitude(m)</th> <th>Altitude(m)</th> <th>Alt. Média (m)</th>	Altitude(m)	rnde(m)	_	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Alt. Média (m)
235 390 335 340 550 245 390 350 <td>290</td> <td></td> <td>400</td> <td>315</td> <td>320</td> <td>390</td> <td>140</td> <td>99</td> <td>300,91</td>	290		400	315	320	390	140	99	300,91
1925 1880 350 290 550 380 445 355 </td <td>340</td> <td></td> <td>390</td> <td>320</td> <td>300</td> <td>400</td> <td>50</td> <td>40</td> <td>296,25</td>	340		390	320	300	400	50	40	296,25
150 883 386 220 540 300 4425 440 25 485 275 220 450 305 350 350 440 25 485 275 220 450 305 350 440 440 27 100 300 350 350 350 350 440 370 115 300 317 220 250 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370 440 370	290		435	355	290	340	140	40	289,58
125 80 325 190 470 300 380 475 25 80 185 256 350 350 380 475 25 80 180 180 260 350 350 350 475 80 110 200 250 350 260 350 370 370 140 175 185 175 220 270 200 380 475 140 175 187 220 250 440 175 270 380 370 170 37	220		425	400	340	350	150	43	291,75
30 45 275 220 450 305 350 430 430 27 100 100 200 250 355 270 250 350 430 80 105 106 130 200 250 355 270 250 380 370 105 106 137 240 250 400 173 280 380 380 380 430 380	190		380	475	335	270	250	40	270,00
25 80 180 260 350 350 260 375 370 95 105 135 136 350 260 335 370 80 105 135 190 310 200 330 380 115 30 115 240 200 473 165 230 380 125 160 175 115 240 200 473 175 220 126 175 115 240 200 473 175 310 160 30 44 125 124 255 440 55 370 165 30 46 45 225 288 30 170 370 170 370 170 370 370 370 370 370 370 370 370 370 370 370 370 370 370 370 370 370 370 370	220		350	430	310	210	300	99	249,25
27 100 200 250 345 270 250 380 95 105 100 137 190 315 270 250 380 155 105 105 137 240 200 470 100 200 155 105 157 240 200 447 100 200 150 30 45 125 253 440 105 270 150 30 40 193 253 440 105 370 150 30 40 193 253 440 570 370 238 30 100 215 285 380 10 533 230 100 110 210 270 150 150 530 230 100 110 210 270 170 440 530 230 100 110 210 270 270	260		325	370	310	270	350	140	243,33
95 105 135 190 310 320 200 330 125 90 115 240 250 440 175 280 125 30 47 240 250 447 175 270 150 30 46 115 225 244 15 370 150 30 40 125 285 440 55 375 105 30 40 125 285 440 55 375 105 40 125 285 440 55 375 206 30 160 215 285 380 170 375 210 20 20 275 280 170 375 375 210 30 190 215 285 380 170 480 210 30 190 210 275 280 170 375 210 <td>250</td> <td></td> <td>250</td> <td>380</td> <td>340</td> <td>350</td> <td>345</td> <td>130</td> <td>249,75</td>	250		250	380	340	350	345	130	249,75
80 80 81 137 220 250 400 175 280 155 30 45 240 250 443 105 250 150 30 45 255 245 4478 57 370 150 30 40 190 255 440 55 370 150 30 40 190 255 440 53 370 150 30 40 190 255 440 57 370 218 30 40 215 285 440 57 370 218 30 40 215 285 380 70 370 218 30 190 210 270 180 180 480 210 40 190 220 220 100 115 480 280 30 180 312 220 100 115 480	190		200	330	370	430	250	55	232,50
155 30 97 440 200 475 17 27 140 75 145 256 256 475 175 370 150 30 45 255 245 440 55 370 155 30 45 155 253 440 57 370 128 30 44 15 253 285 440 57 370 128 30 15 255 285 380 75 570 258 30 150 215 285 380 170 570 250 30 150 210 270 170 460 570 250 30 180 21 270 170 460 480 250 30 180 180 220 270 170 480 270 30 180 180 220 270 170 480	220		175	280	330	355	200	57	213,67
140 75 115 280 250 475 75 370 150 375 445 235 2440 55 370 150 30 40 195 255 440 55 370 120 30 40 195 255 440 51 50 218 30 40 215 285 380 10 535 226 30 100 215 285 380 10 535 226 30 100 215 285 380 10 535 226 30 100 215 270 100 540 535 220 30 190 220 270 10 10 535 280 30 190 220 200 10 10 50 440 50 50 280 30 190 220 200 10 10	240		001	270	370	360	150	35	200.58
75 75 75 45 235 245 475 60 570 150 30 45 235 245 440 55 375 105 30 75 190 255 440 55 375 115 30 44 215 285 380 70 505 238 30 100 215 285 380 10 535 246 30 100 215 285 380 10 535 250 30 100 215 285 380 10 535 270 30 100 240 270 100 115 50 50 270 30 100 240 270 100 115 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50	250		7.5	370	420	370	110	85	227 01
150 30 40 25 440 50 370 105 30 40 195 255 440 55 370 115 30 40 195 253 440 51 50 120 25 40 215 285 380 70 535 288 30 100 215 285 380 10 540 286 30 100 215 285 380 10 540 286 30 100 215 285 380 10 540 286 30 100 215 270 10 10 540 286 30 180 320 20 10 10 540 540 560 560 560 560 560 560 560 560 560 560 560 560 560 570 570 570 570 570 570	335		2 9	07.0	900	07.0	116	000	16,122
150 50 40 190 255 440 55 515 5	533		00 1	0/0	920	000	CII	071	55,777
105 50 75 195 253 430 53 425 120 25 40 15 225 285 400 51 50 120 25 30 10 215 285 380 70 50 266 30 10 215 225 230 100 540 270 30 180 215 270 150 100 540 270 30 180 320 270 100 100 540 150 30 180 320 220 100 100 540 150 30 180 315 200 100 100 540 185 130 180 315 170 40 115 445 185 130 180 20 20 100 120 450 185 130 10 20 130 20 100	061		S	3/5	350	0440	061	051	218,75
125 30 43 255 285 400 51 500 238 30 43 255 286 340 70 550 238 30 100 219 226 320 100 540 250 30 160 219 220 100 100 540 250 30 180 320 220 100 100 540 185 30 180 320 220 100 115 460 98 175 180 220 170 40 115 450 185 175 220 170 40 115 450 185 180 220 170 40 115 445 185 180 250 180 195 30 144 450 185 180 180 250 190 30 190 220 186 180	195		53	425	350	490	270	190	240,50
120 25 40 215 285 380 70 535 238 30 30 100 215 250 320 100 544 250 30 150 240 275 230 100 460 250 30 180 320 200 270 100 105 480 150 30 180 320 200 270 100 105 480 150 30 180 320 200 100 115 450 185 175 170 200 170 40 115 450 185 180 200 170 40 115 440 440 440 185 180 200 180 300 200 110 400 230 185 400 180 300 200 170 40 110 440 180 400 <	225		51	200	375	200	300	310	262,00
238 30 50 230 250 320 100 540 2465 30 100 2415 275 230 100 540 270 30 100 2415 275 230 100 460 270 30 190 320 250 100 115 460 98 125 170 220 200 60 115 450 98 125 170 220 200 60 115 450 185 150 220 200 60 115 445 1185 150 220 170 40 115 445 1185 180 205 130 30 30 30 30 1185 180 20 200 60 110 445 445 1185 100 190 300 200 100 100 210 210 210	215		70	535	470	550	300	230	268,33
265 30 100 215 275 130 130 460 270 30 180 240 270 100 105 480 250 30 180 315 220 100 115 480 180 30 180 220 200 110 115 480 185 125 170 220 170 40 115 450 185 125 180 220 170 40 115 450 185 120 100 195 130 116 460 445 185 130 160 250 130 30 116 445 185 130 190 250 130 230 130 230 230 185 50 190 250 250 250 130 230 230 230 230 230 230 230 230 230	230		100	540	530	570	350	130	278.16
270 30 150 240 270 150 150 240 150 150 150 180 150	215		130	460	570	590	340	104	275.75
250 30 190 320 250 100 100 500 180 30 180 315 220 100 105 450 98 125 170 220 170 40 115 450 145 155 170 220 170 40 120 445 145 155 180 220 170 40 115 450 145 155 180 220 170 40 115 445 165 160 160 250 130 25 110 340 165 60 160 250 170 40 115 340 165 50 150 340 250 25 130 230 160 60 60 160 25 160 100 230 115 100 80 25 23 140 105 39 <t< td=""><td>240</td><td></td><td>125</td><td>480</td><td>635</td><td>580</td><td>260</td><td>160</td><td>279.16</td></t<>	240		125	480	635	580	260	160	279.16
150 30 150 350 150 350 150 450 450 98 30 180 220 200 60 115 450 450 98 125 170 220 170 60 115 450 450 145 155 180 200 150 30 115 450 450 145 155 180 200 150 30 115 450 450 165 50 200 150 30 110 46 150 30 210 450 30 210 450 30 30 210 30 210 30 210 30 210 30 210 30 210 220 110 220 110 220 30 220 220 110 220 110 220 220 220 220 120 120 220 220 220 120	320		3 5	200	650	503	315	100	205.00
98 30 180 250 250 60 11.5 450	315		115	450	630	280	300	215	272,08
98 30 170 220 200 60 113 450	330		11.5	450	030	200	300	212	271.00
76 17.2 17.0 2.0 17.0 4.0 12.0 4.4 14.5 15.5 18.0 2.0 17.0 4.0 15.0 34.0 18.5 18.0 2.0 13.0 2.5 11.0 34.0 21.0 10.0 195 31.5 17.0 4.0 150 230 16.5 6.0 195 30.0 2.0 10.0 150 230 16.5 6.0 195 30.0 2.0 10.0 130 230 16.5 6.0 195 30.0 2.0 2.0 10.0 230 230 16.6 6.0 160 2.5 2.0 10.0 2.0	220		517	430	000	000	380	200	271.6
123 173 220 200 150 30 113 373 185 130 160 250 130 30 115 310 185 130 160 250 130 30 150 310 165 60 195 340 250 60 100 230 165 50 250 340 250 60 100 210 160 190 300 200 60 130 230 160 100 80 60 210 25 230 115 100 80 60 130 280 280 116 100 80 60 21 20 130 280 117 30 30 20 23 340 150 100 280 118 30 20 23 340 150 100 280 110 60	077		071	C + 1 C	210	020	014	300	2,172
14.5 13.0 180 2.05 13.0 2.0 11.0 2.0 2.0 11.0 2.0 2.0 11.0 2.0 2.0 11.0 2.	700		511	5/5	200	00,0	0/6	310	570.33
185 130 160 250 130 30 150 230	502		011	340	575	740	380	405	278,33
210 100 195 315 170 40 150 230 165 60 195 300 250 60 190 230 165 50 250 250 250 60 150 230 160 60 190 300 220 25 180 250 115 100 80 60 210 25 100 250 115 100 80 60 23 340 100 250 115 100 80 20 23 340 100 250 115 30 20 25 240 160 100 250 125 80 20 23 340 150 100 250 125 80 20 23 340 150 100 300 185 35 140 17 300 110 40 40	250		195	310	510	710	470	410	290,83
165 60 195 300 200 60 100 210 165 50 150 340 250 55 150 230 160 60 160 300 250 150 280 160 60 160 300 250 150 280 115 100 80 60 210 50 180 280 30 40 40 23 240 160 100 280 125 80 20 25 240 160 100 280 125 80 20 23 340 160 105 310 125 80 20 23 340 160 40 30 100 60 60 20 23 410 100 40 30 180 60 30 20 23 180 170 40 40 18	315		150	230	260	720	200	0440	302,50
165 50 250 340 250 50 230 150 60 190 300 220 50 130 230 115 100 80 60 160 220 25 150 280 115 100 80 60 210 50 130 250 30 40 40 25 240 160 100 280 125 30 40 40 23 340 160 100 280 125 30 20 24 140 105 280 310 125 30 20 23 340 150 100 280 310 100 60 60 20 23 380 100 40 390 185 35 140 17 300 110 40 40 390 180 60 20 20 350	300		100	210	550	765	450	480	294,58
150 70 190 300 220 25 150 280 1160 60 160 200 160 25 100 250 116 50 50 20 210 55 20 250 140 50 50 25 240 160 100 280 125 30 30 20 23 340 105 340 280 125 80 20 23 380 150 105 310 125 80 20 23 380 150 105 310 185 35 20 23 380 150 105 310 185 35 360 20 20 100 30 30 185 35 30 20 20 100 30 30 30 180 60 30 30 23 130 150 40 </td <td>340</td> <td></td> <td>130</td> <td>230</td> <td>470</td> <td>750</td> <td>460</td> <td>530</td> <td>306,25</td>	340		130	230	470	750	460	530	306,25
160 60 160 200 160 25 100 250 115 100 80 60 210 50 100 250 101 100 80 60 210 50 130 280 102 30 40 40 23 240 140 105 280 125 80 20 23 340 150 150 280 125 80 20 23 340 150 105 310 120 50 25 23 410 100 40 390 180 35 140 17 300 180 100 430 180 50 300 20 20 180 100 430 180 50 300 20 20 180 170 390 150 50 300 20 20 170 150 470 150 50 300 20 20 170 150 480 150 25 160 20 70 125 130 520 150 25 160 20 70 125 130 520 150 20 170 35 200 100 550 20 20 15 200 17 35 180 100 550 20 20 20 20 20 20 20	300		150	280	480	700	530	580	306,25
115 100 80 60 210 50 130 250 140 50 40 40 25 240 160 100 280 125 30 30 20 340 150 150 330 125 30 20 23 340 150 150 330 125 80 25 23 40 150 150 330 100 60 60 60 20 350 100 40 390 185 35 40 17 300 110 40 330 180 60 350 23 180 170 150 430 150 80 350 23 180 170 150 450 150 25 160 20 350 170 450 150 25 160 20 35 130 150 450 150 25 160 20 35 23 130 150 450 150 25 160 20 170 35 200 135 350 150 25 160 20 170 35 200 135 350 150 15 200 17 35 200 100 550 200 15 150 150 150 150 150 150 200 15 150 150 150 150 150 150 200 15 150 150 150 150 150 200 15 150 150 150 150 150 200 15 150 150 150 150 150 200 15 150 150 150 150 150 200 15 150 150 150 150 150 200 15 150 150 150 150 150 200 15 150 150 150 150 200 15 150 150 150 150 150 200 15 150 160 160 150 150 200 150 150 150 150 150 150 200 150 150 150 150 150 200 150 150 150 150 150 150 200 150 150 150 150 150 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200	200		100	250	520	009	290	089	292,08
140 50 50 25 240 160 100 280 125 30 30 23 300 150 105 310 125 80 20 23 380 150 105 310 125 80 20 23 380 150 105 310 126 80 20 23 410 100 40 30 185 35 140 17 300 110 70 390 185 35 360 20 200 110 40 390 186 60 350 20 20 170 470 470 180 60 350 23 180 170 180 470 180 60 350 23 180 170 180 470 180 150 170 20 23 130 130 20 20	09		130	250	200	625	730	089	294,16
30 40 40 23 300 140 105 310 125 80 20 23 340 150 150 350 270 50 25 23 410 100 40 390 100 60 60 25 23 410 100 40 390 180 60 60 20 20 100 40 390 180 60 300 20 20 180 100 430 80 60 350 20 20 170 390 470 75 80 60 350 23 130 150 480 150 25 160 20 70 170 480 150 25 175 180 130 520 20 150 25 170 20 135 20 130 20 200 15	25		100	280	200	650	840	069	310,427
125 30 30 20 340 150 150 380 105 50 25 23 490 150 165 370 100 60 60 25 23 490 100 40 390 100 60 60 20 350 100 40 390 185 50 300 20 300 170 390 390 150 60 350 23 180 170 470 390 150 80 370 25 175 180 170 470 150 25 160 20 70 125 130 470 150 25 160 20 170 35 20 130 540 200 25 160 20 17 35 20 130 540 200 15 200 17 35 200	23		105	310	520	675	830	730	311,91
125 80 20 23 380 150 105 310 270 60 60 23 380 150 105 310 185 35 140 17 300 110 70 390 185 35 300 20 20 110 70 390 80 60 350 23 180 170 470 470 75 80 370 25 175 150 170 480 150 25 160 20 35 20 150 480 200 25 170 20 170 125 130 480 200 25 160 20 20 125 130 480 200 20 20 170 35 200 135 340 200 15 170 20 17 36 20 100 350	50		150	350	540	700	750	830	334,58
270 50 25 23 410 100 40 390 180 66 60 20 350 100 40 390 180 66 300 20 200 110 70 390 150 50 300 20 20 180 100 430 150 80 60 350 23 180 170 470 150 80 370 23 175 150 470 150 25 160 23 130 520 480 150 25 160 20 70 125 130 520 240 15 200 17 35 220 130 520 270 15 200 17 36 20 100 520 280 15 130 25 100 55 490 280 15 15 18	23		105	310	260	695	730	840	334,83
100 60 60 20 350 90 370 185 33 140 17 300 100 70 390 185 36 360 23 23 110 70 390 80 60 350 23 180 170 150 470 98 35 23 175 150 170 480 150 25 175 150 150 480 200 20 20 70 125 130 520 200 15 20 17 35 20 130 520 200 15 20 17 36 20 130 50 270 15 20 17 36 20 100 550 300 15 150 19 35 180 10 50 280 15 10 10 10 55	23		40	390	580	700	730	810	344,00
185 35 140 17 300 110 70 390 80 60 350 20 20 110 70 390 75 80 350 23 180 170 450 470 150 25 175 150 170 480 480 150 25 130 125 130 150 480 200 20 20 70 125 130 520 540 270 15 200 17 35 200 135 540 270 15 200 17 35 200 135 540 300 15 220 17 30 200 100 550 200 15 150 19 35 180 52 40 300 15 130 25 10 10 52 40 401 3673 8	20		20	370	009	625	009	008	310,42
150 50 300 20 200 180 100 430 75 80 350 23 180 170 150 470 75 80 370 23 180 170 150 480 150 25 160 23 130 150 480 480 240 25 160 20 70 125 130 520 240 15 200 17 35 220 130 530 270 15 220 17 36 200 100 550 380 15 150 19 35 100 55 490 7919 3673 8457 8310 12523 9843 7579 19740 138.38 138.38 196.86 394.8 19740	17		20	390	610	570	510	750	307,25
80 60 350 23 180 170 150 470 75 80 370 25 175 170 450 98 35 365 23 170 170 480 150 25 170 125 130 520 200 20 70 125 130 520 240 15 200 17 35 200 135 540 270 15 20 17 36 200 100 550 300 15 150 19 35 180 70 520 280 15 130 25 10 100 55 490 7919 3673 8457 8310 12523 9843 7579 19740 158.38 138.6 156.6 169.14 166.2 250.46 158.38 194.8	50		100	430	089	575	515	008	300,00
75 80 370 25 175 150 170 450 150 25 130 135 130 150 480 200 25 160 20 70 125 130 1480 200 20 170 35 200 135 540 270 15 200 17 35 200 135 590 300 15 220 17 35 200 100 580 300 15 150 19 35 180 520 490 280 15 150 19 35 180 520 490 280 15 150 18 180 52 490 4019 3673 8457 8310 12523 9843 7579 19740 158,38 158,38 196,86 394,8 194,8 194,8 194,8	23		150	470	999	650	550	780	344,00
98 35 365 23 130 130 150 480 150 25 160 20 70 125 130 520 240 15 20 17 20 35 220 130 540 270 15 20 17 35 220 120 590 270 15 220 17 30 200 100 550 280 15 150 19 35 10 520 490 280 15 130 25 10 100 55 490 1919 3673 8457 8310 12523 9843 7579 19740 158.38 138.38 196.86 394.8 19740	25		170	450	750	720	200	720	348,75
150 25 160 20 70 125 130 520 200 20 170 20 35 200 135 540 270 15 200 17 36 200 100 550 300 15 150 19 35 10 10 520 280 15 130 25 10 55 490 7919 3673 8457 8310 12523 9843 7579 19740 158.38 158.38 166,14 166,2 250,46 158,38 196,86 394,8	23		150	480	740	770	410	730	338,42
200 20 170 20 35 200 135 540 270 15 200 17 35 200 100 580 300 15 220 17 30 200 100 550 300 15 150 19 35 180 70 520 280 15 130 25 19 100 55 490 7919 3673 8457 8310 12523 9843 7579 19740 158,38 73,46 169,14 166,2 250,46 158,38 196,86 394,8	20		130	520	029	770	480	710	319,16
240 15 200 17 35 220 120 590 270 15 220 17 30 200 100 550 300 15 150 19 35 100 70 520 280 15 130 25 10 100 55 490 7919 3673 8457 8310 12523 9843 7579 19740 138,38 73,46 166,14 166,2 250,46 158,38 196,86 394,8	20		135	540	640	790	200	059	325,00
270 15 220 17 30 200 100 550 300 15 150 19 35 180 70 520 280 15 130 25 10 100 55 490 7919 3673 8457 8310 12523 9843 7579 19740 158,38 73,46 160,14 166,2 250,46 158,38 196,86 394,8	17		120	290	009	750	550	069	335,58
300 15 19 35 180 70 520 280 15 130 25 10 100 55 490 7919 3673 8457 8310 12523 9843 7579 19740 158,38 73,46 169,14 166,2 250,46 158,38 196,86 394,8	17		100	550	580	730	009	059	330,16
280 15 150 25 10 100 55 490 7919 3673 8457 8310 12523 9843 7579 19740 158,38 73,46 169,14 166,2 250,46 158,38 196,86 394,8	19		70	520	570	760	605	675	324,92
7919 36/3 845/ 8310 12523 9843 75/9 1940 158,38 196,86 394,8	23		25	490	280	800	2000	069	306,25
158,38 73,46 169,14 166,2 250,46 158,38 196,86 394,8	8310		15/9	19/40	25105	28980	20002	20266	14416,66
	166,2		196,86	394,8	502,1	579,6	412,1	405,32	288,33

Tabela 3.2: Mapeamento das altitudes de cada radial.

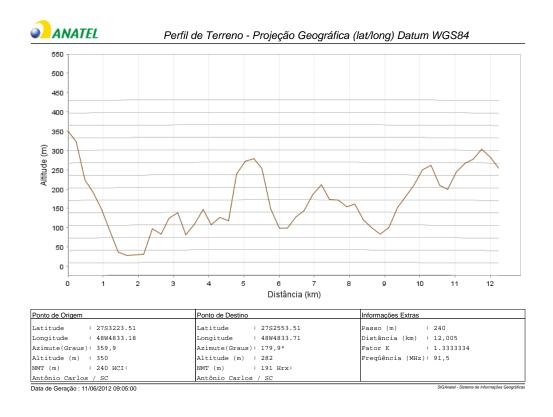


Figura 3.2: Gráfico NMR usando o recurso da SIGANATEL (Radial 1)

3.3.2 Altura Acima do Nível Médio do Terrreno

No momento que já temos definidos os níveis médios do terreno para cada uma das 12 radiais, podemos encontrar o valores de HSNMT (Altura do nível médio do terreno) também para cada radial. Estes valores serão usados para definir os valores de intensidade do campo, que formará o contorno protegido de $66dB\mu$ Os valores de HSNTM serão aplicados posteriormente nas Curvas de Intensidade de Campo, que será abordada com maiores detalhes mais à frente.

O HSNTM é definido pela expressão:

$$HSNMT = CBT + HCGSI - NMT$$

, onde:

CBT = Altura da base da torre (Altura do terreno onde será instalada a base da emissora);

HCGSI= Altura da torre, somado com o Centro de Fase do Sistema Irradiante;

NMT = Nível Médio do Terreno.

Utilizando o SIGANATEL, informando as coordenadas tal e tal, buscamos a altura do terreno da nossa base, que resultou em 285m acima do nível do mar. Assim, já temos nosso

primeiro parâmetro definido.

***(mostrar imagem do siganatel ou google maps)

$$CBT = 285m$$

Mais um fato curioso, e compreensível, é que o CBT tem um valor muito próximo do já encontrado NMT (288,33*m*), demostrando que o relevo, nas redondezas, tende à manter a mesma altura da nossa base. Porém, devemos tomar cuidado com este valor, pois trata-se de uma média das 12 radias.

Se analisarmos os valores de NMR apresentados na tabela tal, notaremos que a região voltada ao Oeste (Sudoeste - Noroeste) da base emissora, apresenta níveis de altura do terreno maiores que a base, enquanto as outras regiões são todas mais baixas. Os obstáculos atrapalham na propagação do sinal, então teremos que fazer um esforço maior nos locais onde os terrenos são mais elevados que a antena, e, ao mesmo tempo, cuidar para que o contorno protegido seja respeitado.

Embora a vida útil de uma torre de estrutura metálica (a mais utilizada) e a de um transmissor, sejam ambas de cerca de 20 anos, o transmissor apresenta, além de um custo de manutenção muito superior ao da torre, alto gasto de energia elétrica, fazendo com que, normalmente, seja mais recomendável o aumento da altura da torre, em vez da potência do transmissor.

Sendo assim, sabendo que a emissora está localizada em uma área de relevo acidentado e com radias apresentado um NMR mais elevado que a base, ficará definida a altura da torre em 60 metros. Esta é a altura máxima que pode ser usada para a torre de um canal classe C, conforme mostra a tabela 3.1. Usando este critério ao nosso favor, estamos proporcionado ao sistema um menor custo de manutenção, à longo prazo.

Para definir a *HCGSI*, precisamos ainda obter o valor da altura do Centro de Fase do Sistema Irradiante. Este valor é encontrado nas especificações da antena que será usada no projeto e varia conforme o número de elementos usados na estrutura do sistema irradiante. Este definição será melhor explicada no tópico específico sobre antena, mais à frente.

Para concluir este cálculo, vamos buscar o valor faltante na especificação da antena definida para este projeto (será usada uma Dipolo 1/2 Onda, para FM, do fabricante IDEAL, conforme ANEXO II). De acordo com a especificação da antena, usando dois elementos para irradiar o sinal e usando como referência os dados referentes à sistemas com frequencia de 98.1*Mhz*, que é a frequencia mais aproximado da que será propagada o sinal da nossa emissora (95,5*Mhz*), o

centro de fase do sistema fica em 2315mm, ou 2,315m. Efetuando-se a soma entre a altura da torre e a altura do Centro de Fase do Sistema Irradiante, teremos o seguinte valor:

$$HCGSI = 60m + 2,315m = 62,315m$$

Agora já temos definidas todas as variáveis que compõem nossa equação, vamos encontrar o HSNMT, ficou assim:

$$HSNMT = 285m + 62,315m - 288,33m$$

, encontramos o resulado aproximado de :

$$HSNMT = 59m$$

Na verdade, este valor de *HSNMT* encontrado vai servir somente de referência. Através dele, podemos comprovar que a antena estará numa altura dentro do limite estabelecido pela resolução, considerando a média de todas as radiais (*NMT*).

Esta equação agora deve ser usada trocando o NMT por NMR e, assim, encontrar o HSNMT de cada radial, isoladamente.

A tabela 3.3 apresenta os valores de *HSNMT* obtidos. Essa coluna apresenta a diferença entre a altura da antena e o NMR da radial correspondente.

Os resultados negativados informam que, na direção das radias correspondentes à estes valores, o nível do terreno é mais alto que a altura da antena (347,315*m*). Então podemos concluir que, o sinal irradiado para estas direções encontrará obstáculos que irão interferir na sua propagação. Essa informação é muito importante para a otimização da área de cobertura da emissora, e será lembrada mais adiante.

3.4 CONTORNO PROTEGIDO

Como mencionado anteriromente, o contorno protegido de uma estação de rádio Fm corresponde ao lugar geométrico onde a intensidade de campo do sinal apresentar o valor de $66dB\mu$ (2mV/m)(Contorno 2). Este contorno tem como finalidade atender a Área de Serviço Urbana. Uma vez que a cobertura desta área estiver atendendo os padrões da resolução, as demais áreas de serviços, a Área de Serviço Primária (Contorno 1), limitada pelo contorno de

Radial(Graus)	NMR	HSNMT
0	158,38	188,94
30	73,46	273,85
60	169,14	178,18
90	166,20	181,12
120	250,46	96,85
150	196,86	150,45
180	151,58	195,73
210	394,80	-47,48
240	502,10	-154,78
270	579,10	-231,78
300	412,10	-64,78
330	405,32	-58,00

Tabela 3.3: Valores de HSNMT para cada radial.

 $74dB\mu~(5mV/m)$ e a Área de Serviço Rural (Contorno 3), compreendida entre o contorno 2 e o contorno de $54dB\mu~(0,5mV/m)$, também estarão de acordo com a norma.

O que vai determinar toda a extenção deste contorno é a escolha dos equipamentos e especificações usados no Sistema Irradiante, que devem ser definidos da maneira que melhor atenda a geografia da localidade, e que também respeite todas as regularidades expostas na resolução determinada pela ANATEL, para a classe do canal proposto.

4 CÁLCULO DO SISTEMA IRRADIANTE

Agora que já conhecemos geograficamente a localidade onde será fixada a nossa emissora, e também já temos defidos os outros aspectos técnicos primários necessários, vamos para a construção do conjunto de equipamentos que formará o Sistema Irradiante, além de realizar os cálculos necessários para deixar a emissora enquadrada conforme a resolução.

4.1 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 apresentados as características do sistema irradiante, bem como os critérios usados para a utilização de cada um dos equipamentos.

4.1.1 Antena

4.1.2 Guia de onda e conectores

4.1.3 Transmissor

4.1.4 Ajustes de equipamentos

Potência efetiva irradiada máxima (ERPmax)

Conforme a determinação publicada na RESOLUÇÃO N° 546, DE 1º DE SETEMBRO DE 2010, que Altera o Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Freqüência Modulada, segue os cálculos:

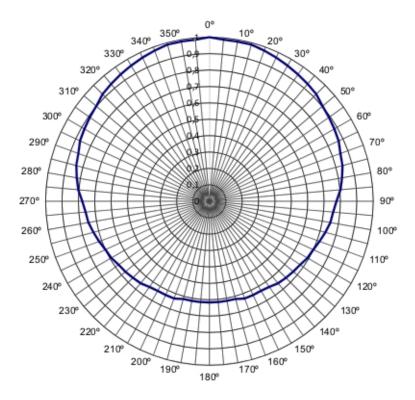


Figura 4.1: Diagrama Irradiação da Antena Dipolo 1/2 Onda para FM

Para determinar a intensidade de campo de uma emissora a uma dada distância,utilizam-se as Tabelas 4.2 e 4.3 da seguinte forma:

a) selecionar a coluna correspondente à altura do centro geométrico da antena *h*1 sobre o NMR da Radial 0;

$$h1 = hbt - NMT + ha$$

*h*1 é a altura da antena transmissora em m;

hbt é a altura do terreno da antena em relação ao nível do mar em m;

NMT é o nível médio do terreno em m;

ha é a altura da antena acima do solo em m.

$$h1 = 285$$
m - $158,38 + 20$ m

h1 = 146,62m

b) selecionar a linha correspondente à distância de interesse;

A tabela 4.2 não mostra com precisão o valor de intensidade de campo. Para os valores de h1 que não estiverem muito bem próximos a uma curva definida na Tabela, deve-se usar a

seguinte fórmula 2 (*marcar fórmulas) para encontrar os valores de E para cada Radial:

$$E = Einf + (Esup - Einf)log(h1/hinf)/log(hsup/hinf) - > dB(\mu V/m)$$

Onde:

E é o valor de intensidade de campo em $dB(\mu V/m)$, em função de h1,para a distância d desejada;

Einf é o valor de intensidade de campo em $dB(\mu V/m)$ para uma altura hinf, extraída das curvas;

Esup é o valor de intensidade de campo em $dB(\mu V/m)$, para uma altura hsup extraída das curvas;

hinf é a altura nominal da antena em m, com valor imediatamente inferior a h1;

hsup é a altura nominal da antena em m, com valor imediatamente superior h1.

Apresentarei o cálculo utilizando a fórmula para encontrar o valor de intensidade do campo, para a Radial 0:

$$E = Einf + (Esup - Einf)log(h1/hinf)/log(hsup/hinf) -> dB(\mu V/m)$$

$$E = 72dB\mu + (77dB\mu - 72dB\mu)log(146,62m/75m)/log(150m/75m)$$

$$E = 72dB\mu + (5dB\mu)log(1,955)/log(2)$$

$$E = 72dB\mu + (5dB\mu) + 2,9dB\mu - 3dB\mu$$

$$E = 72dB\mu + (5dB\mu) + 2,9dB\mu - 3dB\mu$$

$$E = 76,9dB\mu$$

c) a interseção de a) com b), contém o valor da intensidade de campo na distância desejada, em $dB\mu$, para uma ERPde 1kW;

Neste caso, como foi usada a fórmula 2, esta etapa ja foi concluída no item *b*).

d) adiciona-se ao valor (em $dB\mu$) obtido, o valor da ERP na direção de interesse (em dBk); este resultado é o valor da intensidade de campo, em $dB\mu$, no ponto considerado.

Minha ERP calculada ficou:

Após verificar várias maneiras de aumentar a potência do transmissor, de maneira que não desrespeite o contorno protegido de $66dB\mu$, segue minhas deduções para a potência do transmissor:

- Utilizando 4 antenas dipolo na torre de transmissão, podemos usar um transmissor de 150W (0,150 KW). Isso foi possível pois as antenas são conectadas em série, distribuindo em partes iguais a potência para cada uma delas (37,5 W para cada dipolo da torre), ou seja, 14,25dBk.
- Está definido que a antena (colocar o nome tecnico da antena) proporciona um ganho de 1,5dB para o sistema.
- Eficiência da linha, basicamente atenua a transmissão em -2dB de acordo com os seguintes cálculos:

$$Pl = (LxAl)/100$$

, onde:

L = comp. do guia de onda em metros = c/f = 300000/91500 = 3,278m (c = vel.luz f = frequencia transmissão)

Al = é a atenuação do guia a cada 100 metros de comp. Em dB = 1,13dB p/ o cabo LCF78 - 50JA - A8. (cabo homologado)

Entao Pl = (3,278x1,13)/100 = 0.037dB, então temos a perda total somando 0.037dB com 2dB das perdas dos conectores média estabelecida (2,037db).

- Logo, o intensidade do sinal irradiado, Radial 0, para o contorno 2 será definida por:

$$ERP = -14,25dBk + 1,5dB - 2,037dB$$

ERP = -14,78dBk (valor de ERP base)

- Para a Radial 0, de acordo com a antena usada, o valor de $(E/Emax)^2$ é 1.00, então o valor de ERP não sofre alterações para esta direção.

Para definir o valor do contorno para a Radial 0, temos que somar a intensidade do campo

 $(E = 76,9dB\mu)$ com o valor de ERP (ERP = -14,78dBk), que totaliza :

$$ContornoR0 = 76,9dB\mu + (-14,78dBk) = 62,11dB\mu$$

, à 7,5 Km da base.

Assim, esta radial está respeitando a norma que exige, conforme a tabela, que para a classe C, a distância máxima ao contorno protegido é de 7,5km com a potencia de irradiação de 66dBm, no máximo, para esta distância.

Porém, devemos ter uma atenção especial para a radial que apresente a NMR mais baixo em relação a base da antena. No nosso caso, a radial que apresenta este valor é a Radial 1 com o valor de NMR = 73,46 m. Então vamos repetir os cálculos para esta radial e verificar os resultados.

a) selecionar a coluna correspondente à altura do centro geométrico da antena *h*1 sobre o NMR da Radial 1;

$$h1 = hbt - NMT + ha$$

$$h1 = 285$$
m - 73,46 + 20m

$$h1 = 231,54$$

b) selecionar a linha correspondente à distância de interesse;

Aplicando a fórmula 2 para encontrar o valor:

$$E = Einf + (Esup - Einf)log(h1/hinf)/log(hsup/hinf) - > dB(\mu V/m)$$

$$E = 77dB\mu + (82dB\mu - 77dB\mu)log(231,54/150)/log(300/150)$$

$$E = 77dB\mu + (5dB\mu)log(1,5436)/log(2)$$

$$E = 77dB\mu + 5dB\mu + 1,88dB - 3dB$$

$$E = 80,88dB\mu$$

c) a interseção de a) com b), contém o valor da intensidade de campo na distância desejada, em $dB\mu$, para uma ERPde 1kW;

Temos que pular essa etapa pois já temos o valor encontrado pelo cálculo ($80,88dB\mu$).

d) adiciona-se ao valor (em $dB\mu$) obtido, o valor da ERP na direção de interesse (em dBk); este resultado é o valor da intensidade de campo, em $dB\mu$, no ponto considerado.

ERP já encontrado anteriormente é -14,78dBk, mas ainda temos que multiplicar com o valor de $(E/Emax)^2$ (valor pré informado na tabela do sistema irradiante).

Valor para Radial
$$1 = (E/Emax)^2 = 0,9025$$

Para multiplicar, temos que converter para potencia(W):

$$ERP(W) = 10^x, ondex = ERP(dBk)/10$$

$$ERP(W) = 33,26W$$

Multiplicando fica:

$$ERPradial1(W) = 33,26(0,9025); ERPradial1(W) = 30,01W$$
, em dBk fica:

$$ERPradial1(dBk) = -15,22dBk.$$

Logo, o intensidade do sinal na distância final é:

$$ContornoR1 = 80,88dB\mu + (-15,22dBk) = 65,66dB\mu$$

, para a Radial 1

De acordo com a norma, o contorno protegido deve apresentar, no seu limite máximo, a potencia máxima de $66dB\mu$, o resultado mostra que estamos logo abaixo deste valor. Como esta é a Radial em que o sinal consegue se propagar mais livremente, devido ao NMR ser o mais baixo da lista, consequentemente também será o que terá o sinal mais forte, entre as radiais, no limite do contorno protegido.

	NMI	HSMNI	(E/Emax)	Potência	Potência	Contorno 1		Contorno 2		Contorno 3	
Azimutes	(m)	(m)	for square	Proposta	Proposta						
(Graus)				Perp(KW)	Perp(dBk)	74 dbu	C1 (Km)	nqp 99	C2 (Km)	54 dbu	C3 (Km)
0	158,38	189,19	0,6084	0,1482	-8,29	82,29	5,5	74,29	10,3	62,29	21
30	73,46	274,11	0,4761	0,1159	-9,35	83,35	6,2	75,35	12,5	63,35	24
09	169,14	178,46	0,3969	9960,0	-10,14	84,14	5	76,14	10	64,14	18
06	166,2	181,37	0,3844	0,0936	-10,28	84,28	5	76,28	6	64,28	18,5
120	250,46	97,57	0,3969	9960,0	-10,14	84,14	3,6	76,14	8	64,14	12
150	196,86	150,71	0,4761	0,1159	-9,35	83,35	5	75,35	10	63,35	17
180	151,58	195,99	0,6084	0,1482	-8,29	82,29	5,8	74,29	11	62,29	21
210	394,8	-47,23	0,7744	0,1886	-7,24	81,24	1,8	73,24	3,2	61,24	6,8
240	502,1	-154,53	0,9025	0,2198	-6,57	80,57	1,9	72,57	3,4	60,57	6,9
270	579,1	-231,53	1,00	0,2436	-6,13	80,13	7	72,13	3,5	60,13	7
300	412,1	-64,53	0,9025	0,2198	-6,57	80,57	1,9	72,57	3,4	60,57	6,9
330	405,32	-57,75	0,7744	0,1886	-7,24	81,24	1,8	73,24	3,2	61,24	8,9
Valores											
Médios	288,29										

Tabela 4.1: Contorno das diversas áreas de serviço segundo cada radial.

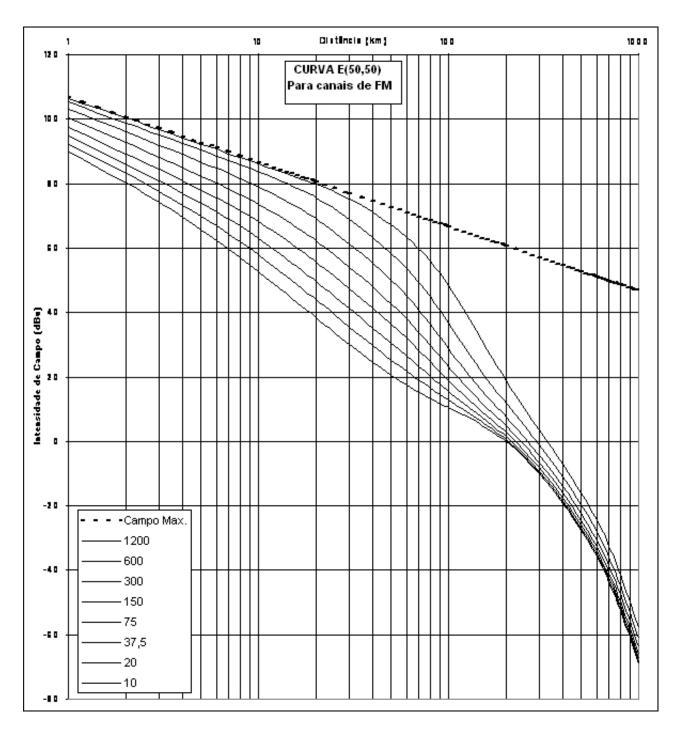


Figura 4.2: Curvas E(50,50)

Potência efetiva irradiada por azimute (ERP)

Orientação da antena

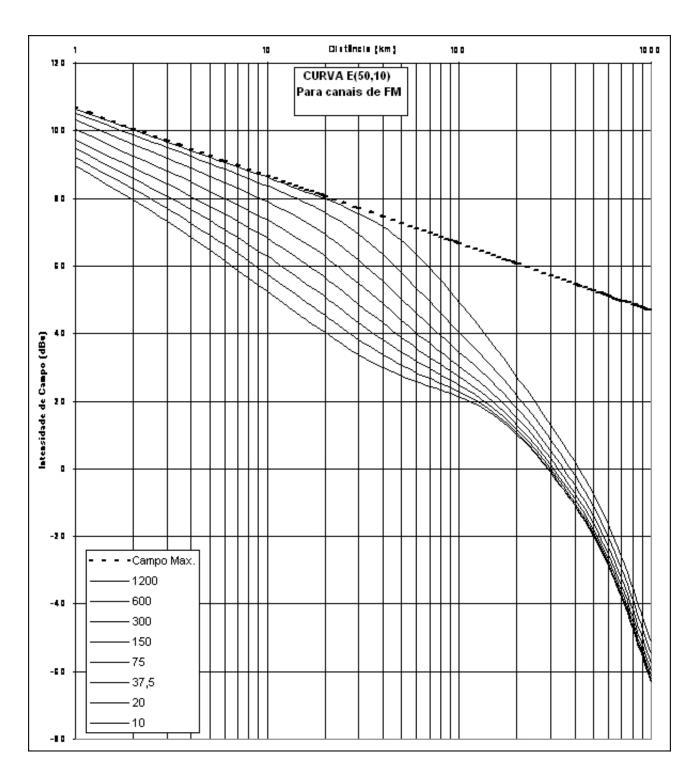


Figura 4.3: Curvas E(50,10)

5 Considerações Finais

Digitar as conclusões do trabalho.

Referências

AUTOR, N. Título: Subtítudo, que vem depois de dois pontos. São Paulo: Editora, 1995.

AUTOR, N. Título do artigo. A Folha de S. Paulo, São Paulo, p. 11-23, 7 set. 1995.

CONCEITOS criados como exemplo. 2003. Disponível em: http://nomedodominio.com.br. Acesso em: 8 mar. 1999.

EVANS, X. Y. Z. et al. Exemplo de citação no texto. [S.l.: s.n.], 1987.

NOME do artigo. A Folha de S. Paulo, São Paulo, p. 4, 2 abr. 1995.

NOME, O. Algum nome. [S.l.: s.n.], 1978. 101-114 p.

SILVA, X. Y. *Título de exemplo*. [S.l.], 2003. Disponível em: http://nomedodominio.com.br>. Acesso em: 8 mar. 1999.

TÍTULO do Artigo. *Nome da revista*, Rio de Janeiro, n. 35, p. 51–60, jan. 1987.