

Guilherme Bilbao Soares da Silva

Emissora FM em São Pedro de Alcântara

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

São José

2013

Trabalho de conclusão de curso sob o título “ *Emissora Fm em São Pedro de Alcântara* ”, 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

*Este trabalho é dedicado à todos que
acreditaram em mim, inclusive eu mesmo.*

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.

“ Nossa curiosidade é proporcional a nossa cultura.”

Rousseau.

Resumo

Digite seu resumo aqui.

Sumário

Introdução

1	PLANO BÁSICO DE DISTRIBUIÇÃO DE CANAIS DE RADIODIFUSÃO SONORA EM FREQUÊNCIA MODULADA (PBMF)	11
1.1	CANALIZAÇÃO	11
1.2	PLANEJAMENTO	11
1.3	CONSIDERAÇÕES	11
2	RESOLUÇÃO Nº 67, DE 12 DE NOVEMBRO DE 1998	13
2.1	RECOMENDAÇÕES	13
2.1.1	Conceitos básicos	13
2.2	PARÂMETROS NECESSÁRIOS PARA O CÁLCULO DE VIABILIDADE TÉCNICA	14
2.2.1	Contorno Protegido	14
2.2.2	Contornos Interferentes	14
3	CANAL PROPOSTO	15
3.1	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	15
3.2	NÍVEL MÉDIO DO TERRENO E ALTURA ACIMA DO NÍVEL MÉDIO DO TERRENO	15
3.3	ENQUADRAMENTO NA CLASSE	15
3.4	CONTORNO PROTEGIDO	15
4	CÁLCULO DE VIABILIDADE	16

4.1	SISTEMA IRRADIANTE	16
4.1.1	Antena	16
4.1.2	Guia de onda e conectores	16
4.1.3	Transmissor	16
4.1.4	Ajustes de equipamentos	16
5	Projetando a Emissora Fm em São Pedro de Alcântara	17
5.1	PLANO BÁSICO DE DISTRIBUIÇÃO DE CANAIS DE RADIODIFUSÃO SONORA EM FREQUÊNCIA MODULADA (PBMF)	18
5.1.1	RESOLUÇÃO Nº 67, DE 12 DE NOVEMBRO DE 1998	18
5.2	Nível Médio da Radial e Nível Médio do Terreno	19
5.3	Altura do nível médio do terreno	21
5.4	Determinação da intensidade do sinal	23
5.4.1	Curvas de intensidade de campo	23
5.4.2	Cálculos de intensidades de sinal irradiado	24
5.5	Definições do estudo	28
5.5.1	Informações Básicas	28
6	Figuras	32
7	Considerações Finais	39
	Referências	40

Introdução

Aqui deve-se entrar com a 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.

Escrever a justificativa apresentada no resumo do tcc1

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 canais de Rádio FM. Depois é apresentado o canal 238 disponível, na localidade de São Pedro de Alcântara, disponível pela ANATEL. O próximo passo será apresentar os cálculos envolvidos na viabilidade do canal. Ao final, são apresentadas as conclusões tomadas e novas propostas de trabalhos.

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 frequência 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 frequência 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 1.1, que segue, foi retirada da RESOLUÇÃO e apresenta a faixa de frequência para cada canal FM definido pelo Plano Básico.

1.2 PLANEJAMENTO

1.3 CONSIDERAÇÕES

FREQUÊNCIA (MHz)	CANAL	FREQUÊNCIA (MHz)	CANAL	FREQUÊNCIA (MHz)	CANAL
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 nº67 aprova o Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Frequência 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.

Falar dos mais importantes itens existentes na norma e que serão usados no projeto.

2.1 RECOMENDAÇÕES

2.1.1 Conceitos básicos

A seguir serão descritos parâmetros básicos muitos utilizados nos cálculos.

Nível médio do terreno

Altura acima do nível médio do terreno

Altura da antena transmissora

Curvas E(L,T)

2.2 PARÂMETROS NECESSÁRIOS PARA O CÁLCULO DE VIABILIDADE TÉCNICA

2.2.1 Contorno Protegido

2.2.2 Contornos Interferentes

3 *CANAL PROPOSTO*

3.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

3.2 NÍVEL MÉDIO DO TERRENO E ALTURA ACIMA DO NÍVEL MÉDIO DO TERRENO

3.3 ENQUADRAMENTO NA CLASSE

3.4 CONTORNO PROTEGIDO

4 *CÁLCULO DE VIABILIDADE*

4.1 SISTEMA IRRADIANTE

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

Potência efetiva irradiada por azimuth

Orientação da antena

5 Projetando a Emissora Fm em São Pedro de Alcântara

Este projeto tem como objetivo criar uma documentação técnica, que reúna 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), através 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, itens 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 vizinho 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.

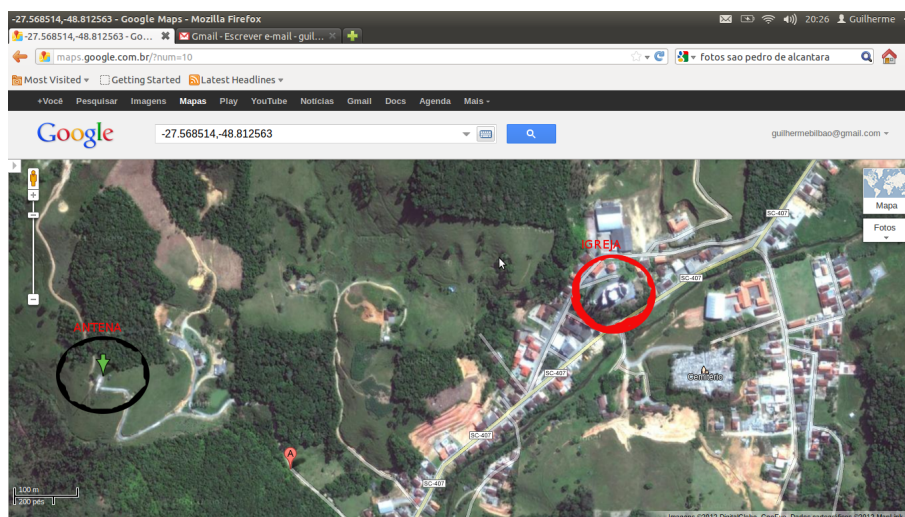


Figura 5.1: Local da Antena

5.1 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.

A faixa de radiodifusão sonora em frequência modulada estende-se de 87,8 a 108 MHz, e é dividida em 101 canais, cujas portadoras estão separadas de 200 kHz. Cada canal é identificado por sua frequência central, que é a frequência da portadora da estação de FM. A cada canal é atribuído um número de 200 a 300.

5.1.1 RESOLUÇÃO Nº 67, DE 12 DE NOVEMBRO DE 1998

A Resolução nº67 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.

Falar dos mais importantes itens existentes na norma e que serão usados no projeto.

5.2 Nível Médio da Radial e Nível Médio do Terreno

O ponto previamente definido, como sendo o local onde a antena será fixada, será a origem das radiais. Através delas 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. A norma técnica exige que sejam traçadas ao menos 12 radiais com espaçamento angular de 30° e com pelo menos 50 cotas, igualmente espaçadas. Para traçar estas radiais, usei os mapas disponíveis no site do IBGE (citar fonte)(edição de 08-10-2007), na escala 1:50.000. As radiais foram traçadas a partir do ponto (coordenadas)(local da antena) e deve, obrigatoriamente, incluir a direção do norte Verdadeiro.

Após os 12 raios traçados, calcula-se o nível médio radial (NMR) para cada uma delas. O NMR da radial é definido pela média aritmética de todas as cotas da radial, que, de acordo com a 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 disponível 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 este 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, apresento um dos gráficos (Figura 5.2)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 NMRs, podemos agora encontrar o nível médio do terreno (NMT), que é a média aritmética das 12 NMRs, tornando o terreno simbolicamente plano de altura conhecida.

Abaixo (Figura 5.1),encontra-se uma tabela com todos os valores encontrados para cada coordenada traçada. Esta tabela indica as altitudes encontradas dos 50 pontos ao longo de cada radial, possibilitando obter a média para encontrar o NMR (e consequentemente um NMT de 288,33 metros), como pode ser observado.

Tabela 5.1: Mapeamento das altitudes de cada radial

Distancia(m)	Radial 01	Radial 02	Radial 03	Radial 04	Radial 05	Radial 06	Radial 07	Radial 08	Radial 09	Radial 10	Radial 11	Radial 12	NMT
Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Alt. Média (m)
3240	350	335	275	290	470	260	400	315	320	390	140	66	300,91
3480	325	290	325	340	530	245	390	320	300	340	50	40	296,25
3720	225	180	350	290	550	280	435	355	290	340	140	40	289,58
3960	190	183	360	220	540	300	425	400	340	350	150	43	291,75
4200	125	80	325	190	470	300	380	475	335	270	250	40	270,00
4440	30	45	275	220	450	350	320	430	310	210	300	66	249,25
4680	25	80	180	220	350	260	325	370	310	270	350	140	243,33
4920	27	100	200	250	355	270	250	380	340	350	345	130	249,75
5160	95	105	135	190	310	320	200	330	370	430	250	55	232,50
5400	80	80	137	220	250	400	175	280	330	355	200	57	213,67
5640	125	30	97	240	200	430	100	270	370	360	150	35	200,58
5880	140	75	115	250	250	475	75	370	420	370	110	85	227,91
6120	75	75	45	235	245	478	60	370	400	450	115	120	222,33
6360	150	30	40	190	255	440	55	375	350	440	150	150	218,75
6600	105	50	75	195	253	430	53	425	350	490	270	190	240,50
6840	125	30	43	225	285	400	51	500	375	500	300	310	262,00
7080	120	25	40	215	285	380	70	535	470	550	300	230	268,33
7320	238	30	50	230	250	320	100	540	530	570	350	130	278,16
7560	265	30	100	215	275	230	130	460	570	590	340	104	275,75
7800	270	30	150	240	270	150	125	480	635	580	260	160	279,16
8040	250	30	190	320	250	100	100	500	650	645	315	190	295,00
8280	150	30	180	315	220	80	115	450	630	580	300	215	272,08
8520	98	30	190	220	200	60	115	450	600	600	380	310	271,08
8760	98	125	170	220	170	40	120	445	510	650	410	300	271,5
9000	125	175	220	200	150	30	115	375	500	740	370	310	272,5
9240	145	155	180	205	130	25	110	340	525	740	380	405	278,33
9480	185	130	160	250	130	30	195	310	510	710	470	410	290,83
9720	210	100	195	315	170	40	150	230	560	720	500	440	302,50
9960	165	60	195	300	200	60	100	210	550	765	450	480	294,58
10200	165	50	250	340	250	50	130	230	470	750	460	530	306,25
10440	125	70	190	300	220	25	150	280	480	700	530	580	306,25
10680	160	60	160	200	160	25	100	250	520	600	590	680	292,08
10920	115	100	80	60	210	50	130	250	500	625	730	680	294,16
11160	140	50	50	25	240	160	100	280	500	650	840	690	310,427
11400	30	40	40	23	300	140	105	310	520	675	830	730	311,91
11640	125	30	30	20	340	150	150	350	540	700	750	830	334,58
11880	125	80	20	23	380	150	105	310	560	695	730	840	334,83
12120	270	50	25	23	410	100	40	390	580	700	730	810	344,00
12360	100	60	60	20	350	90	50	370	600	625	600	800	310,42
12600	185	35	140	17	300	110	70	390	610	570	510	750	307,25
12840	150	50	300	20	200	180	100	470	520	540	515	800	300,00
13080	80	60	350	23	180	170	150	470	665	650	550	780	344,00
13320	75	80	370	25	175	150	170	450	720	720	500	720	348,75
13560	98	35	365	23	130	130	150	480	740	770	410	730	338,42
13800	150	25	160	20	70	125	130	520	670	770	480	710	319,16
14040	200	20	170	20	35	200	135	540	640	790	500	650	325,00
14280	240	15	200	17	35	220	120	590	600	750	550	690	335,58
14520	270	15	220	17	30	200	100	550	570	730	600	650	330,16
14760	300	15	150	19	35	180	70	520	580	760	605	675	324,92
15000	280	15	130	25	10	100	55	490	580	800	500	690	306,25
Soma	7919	3673	8457	8310	12523	9843	7579	19740	25105	28980	20605	20266	14416,66
NMR(m)	158,38	73,46	169,14	166,2	250,46	158,38	196,86	394,8	502,1	579,6	412,1	405,32	288,33



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84

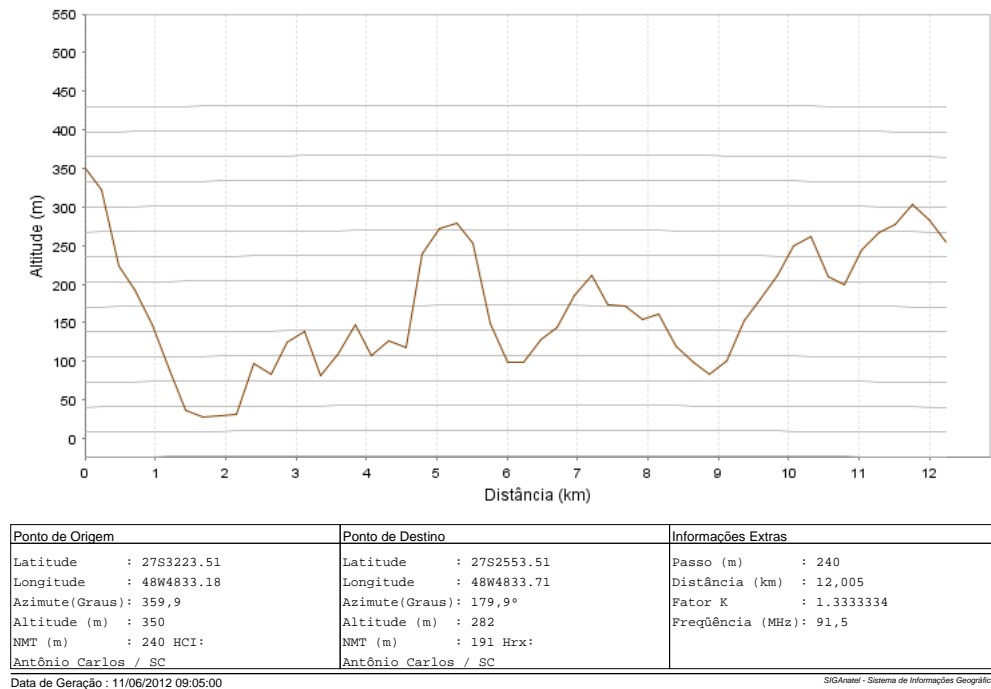


Figura 5.2: Gráfico NMR usando o recurso da SIGANATEL (Radial 1)

5.3 Altura do nível médio do terreno

No momento que já temos definidos os níveis médios do terreno para cada uma das 12 radiais, devemos encontrar o valores de HNMT (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 66dbu. Os valores de HNTM serão utilizado as Curvas de Intensidade de Campo, que será posteriormente abordada com maiores detalhes.

O HNTM é definido pela expressão:

$$HNMT = HBT + (HT + CFSI) - NMT$$

, onde:

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

HT = Altura da torre;

$CFSI$ = Centro de Fase do Sistema Irradiante, (normalmente este valor já vem pré determinado e varia conforme o número de elementos);

NMT = Nível Médio do Terreno.

Observando a tabela de "CLASSIFICAÇÃO DAS EMISSORAS EM FUNÇÃO DE SEUS REQUISITOS MÁXIMOS", presente na "RESOLUÇÃO N° 546, DE 1° DE SETEMBRO DE 2010", que altera o regulamento técnico original, vemos que a altura máxima da antena deve ser de 60 metros acima do nível médio da radial, ou nível médio do terreno. E a resolução ainda nos informa que "Poderão ser utilizadas alturas de antena ou ERP superiores às especificadas nesta TABELA I, desde que não seja ultrapassada, em qualquer direção, a distância máxima ao contorno protegido."

Levando este último parágrafo em consideração, vamos começar a definir a nossa HNTM.

Utilizando o SIGANATEL, informando as coordenadas tal e tal, buscamos a altura do terreno da nossa base, que resultou em 285 metros acima do nível do mar, assim, já temos nosso primeiro parâmetro definido. (mostrar imagem do siganatel ou google maps)

$$HBT = 285m$$

Mais um fato curioso, e compreensível, é que o HBT tem um valor muito próximo do já encontrado NMT (288,33 metros), demonstrando 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 radiais.

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.

*** Terminar as definições dizendo que os 2 elementos foram definidos num processo mais adiantado, viabilidade também***

5.4 Determinação da intensidade do sinal

A Potência ERP (abreviação, em inglês, para Potência Efetivamente Irradiada) é a potencia final que o sistema irradiante da emissora está transmitindo. A combinação de especificações de alguns elementos que fazem parte da emissora de rádio resultam na Potência ERP. Segue sua definição:

$$ERP = P_t * G_{max} * E_f$$

, onde:

P_t = potência nominal do transmissor;

G_{max} = ganho máximo da antena;

E_f = eficiência do cabo (1/ perda (vezes)).

Todos estes valores normalmente já são apresentados nas especificações dos equipamentos e materiais que serão usados (transmissores, antenas e cabos coaxiais).

A norma define os valores máximos de potência irradiada para cada classe. Para a classe C, o valor da intensidade do sinal (ou Potência ERP) não pode ser maior que 0,3 kW, equivalente à -5,2 dBk. Só é permitido usar uma transmissão com uma potencia superior à especificada se não for ultrapassada, em qualquer direção, a distância máxima ao contorno protegido (contorno de 66 dBu), que também é definido na tabela de Requisitos Máximos. Apenas para as emissoras de classe C poderá ser permitida a utilização de transmissor com potência nominal inferior a 50 W, conforme apresentado na norma.

5.4.1 Curvas de intensidade de campo

As curvas E(L,T) são gráficos que representam a intensidade de campo excedida em L% das localidades e T% do tempo.

Conforme é apresentado na norma, as curvas E(50,50) são utilizadas para calcular as distâncias ao Contorno Protegido e às diferentes áreas de serviço; já as curvas E(50,10) são utilizadas para o cálculo dos sinais interferentes.

As curvas E (50,50) (Figura 5.3) fornecem os valores de intensidade de campo excedidos em 50% dos locais, durante 50% do tempo, e as curvas E (50,10) (Figura 5.4) fornecem os valores de intensidade de campo excedidos em 50% dos locais e durante 10% do tempo. Estas curvas indicam os valores de intensidade de campo em dB acima de $1mV/m(dB\mu)$, para uma ERP de 1kW, irradiada de um dipolo de meia onda no espaço livre, que produz uma intensidade

de campo não atenuada de 222 mV/m (aproximadamente 107 dBu) a 1 km. (citar a fonte)

5.4.2 Cálculos de intensidades de sinal irradiado

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 Frequência Modulada, segue os cálculos:

Para determinar a intensidade de campo de uma emissora a uma dada distância, utilizam-se as Tabelas 5.3 e 5.4 da seguinte forma:

a) selecionar a coluna correspondente à altura do centro geométrico da antena $h1$ sobre o NMR da Radial 0;

$$h1 = hbt - NMT + ha$$

$h1$ 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.

$$h1 = 285\text{m} - 158,38 + 20\text{m}$$

$$h1 = 146,62\text{m}$$

b) selecionar a linha correspondente à distância de interesse;

A tabela 5.3 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:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(h1/h_{inf}) / \log(h_{sup}/h_{inf}) - > dB(\mu V/m)$$

Onde:

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

E_{inf} é o valor de intensidade de campo em $dB(\mu V/m)$ para uma altura h_{inf} , extraída das

curvas;

E_{sup} é o valor de intensidade de campo em $dB(\mu V/m)$, para uma altura h_{sup} extraída das curvas;

h_{inf} é a altura nominal da antena em m , com valor imediatamente inferior a h_1 ;

h_{sup} é a altura nominal da antena em m , com valor imediatamente superior a h_1 .

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

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(h_1/h_{inf}) / \log(h_{sup}/h_{inf}) - > dB(\mu V/m)$$

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

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

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

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

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

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

Neste caso, como foi usada a fórmula 2, esta etapa já 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 técnico 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:

$$Pl = (L \times Al) / 100$$

, onde:

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

Então $Pl = (3,278 \times 1,13) / 100 = 0.037dB$, então temos a perda total somando 0.037dB com 2dB das perdas dos conectores média estabelecida (2,037db).

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

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

$$ERP = -14,78dBk \text{ (valor de ERP base)}$$

- Para a Radial 0, de acordo com a antena usada, o valor de $(E/E_{max})^2$ 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 potência 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 $h1$ sobre o NMR da Radial 1;

$$h1 = hbt - NMT + ha$$

$$h1 = 285\text{m} - 73,46 + 20\text{m}$$

$$h1 = 231,54$$

b) selecionar a linha correspondente à distância de interesse;

Aplicando a fórmula 2 para encontrar o valor:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(h1/h_{inf}) / \log(h_{sup}/h_{inf}) - > dB(\mu V/m)$$

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

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

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

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

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

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 $(E/E_{max})^2$ (valor pré informado na tabela do sistema irradiante).

$$\text{Valor para Radial 1} = (E/E_{max})^2 = 0,9025$$

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

$$ERP(W) = 10^x, \text{ onde } x = ERP(dBk)/10$$

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

Multiplicando fica:

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

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

Logo, a 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.

5.5 Definições do estudo

A norma apresenta um roteiro para a elaboração de estudos técnicos. O roteiro é usado para demonstrar a viabilidade técnica da emissora, e pede que ,necessariamente, o estudo deve apresentar as seguintes partes: Informações Básicas, Cálculo de Viabilidade e Parecer Conclusivo.

Segue as informações indispensáveis para o estudo de viabilidade técnica

5.5.1 Informações Básicas

a) Nome da entidade requerente: ?????? b) Localização da emissora objeto do estudo (cidade,UF): São Pedro de Alcântara, SC c) Propósito do estudo: homologação do projeto da

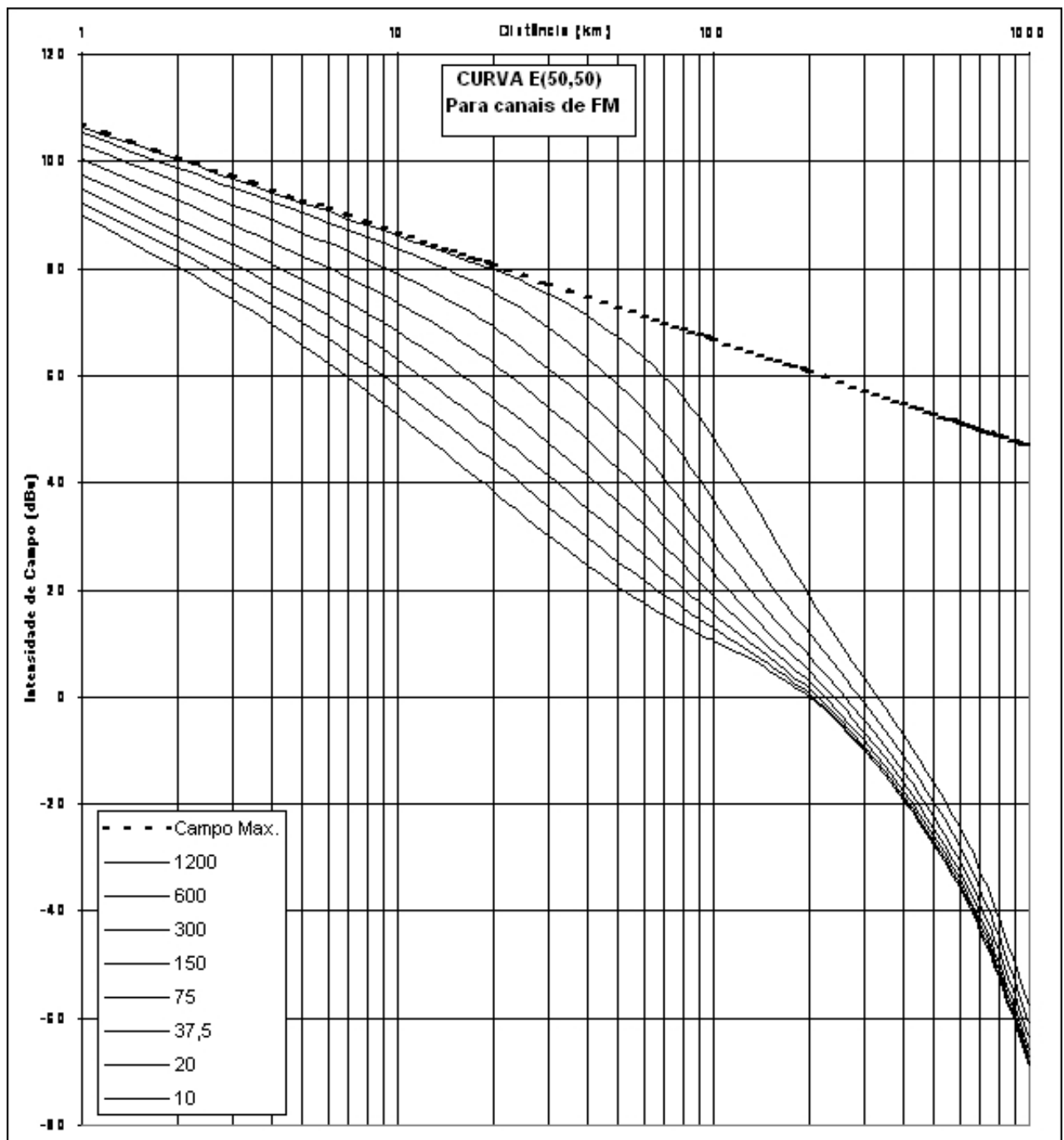


Figura 5.3: Curvas E(50,50)

emissora.

Características técnicas pretendidas

a) frequência de operação: 91,5 MHz b) n° do canal: 218 c) classe: C d) tipo de sistema irradiante: Dipolo 1/2 onda para FM

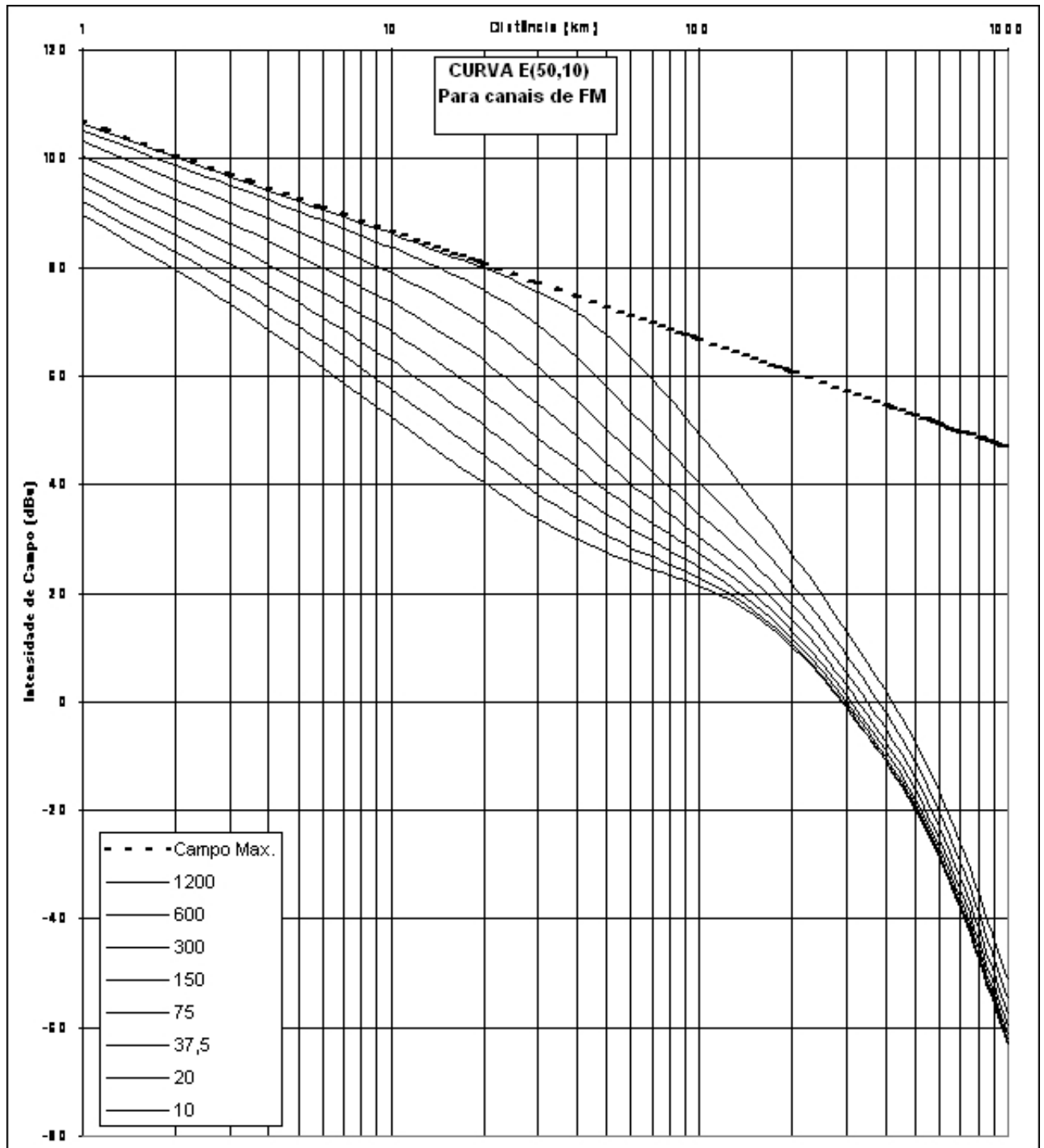


Figura 5.4: Curvas E(50,10)

6 Figuras

Esta seção será destinadas às figuras usadas no trabalho.

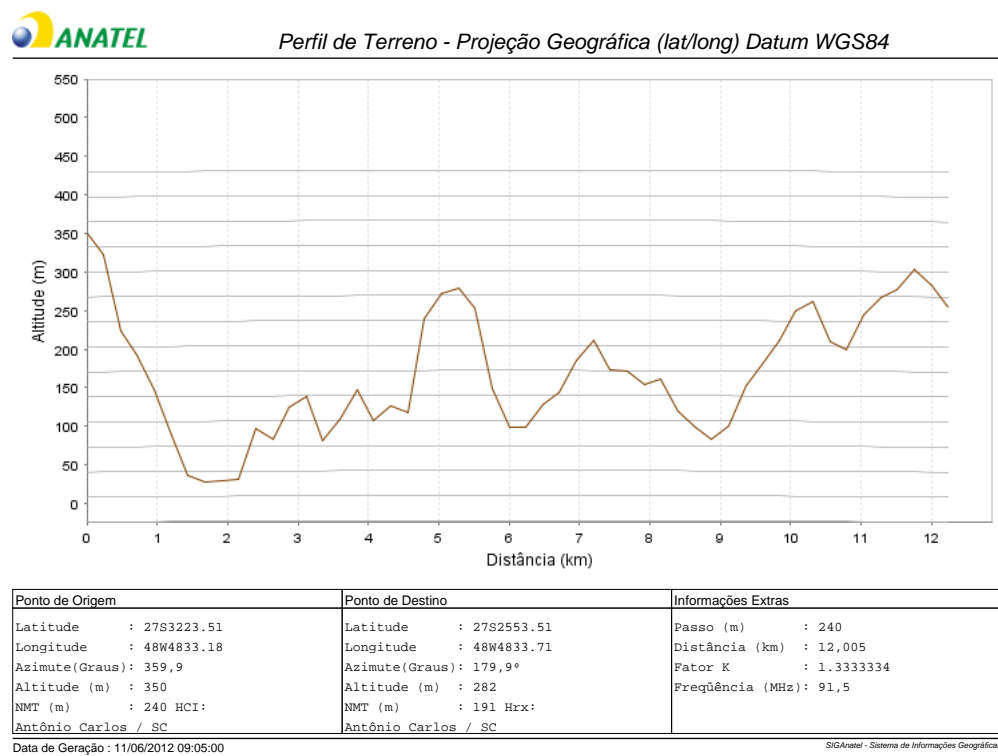
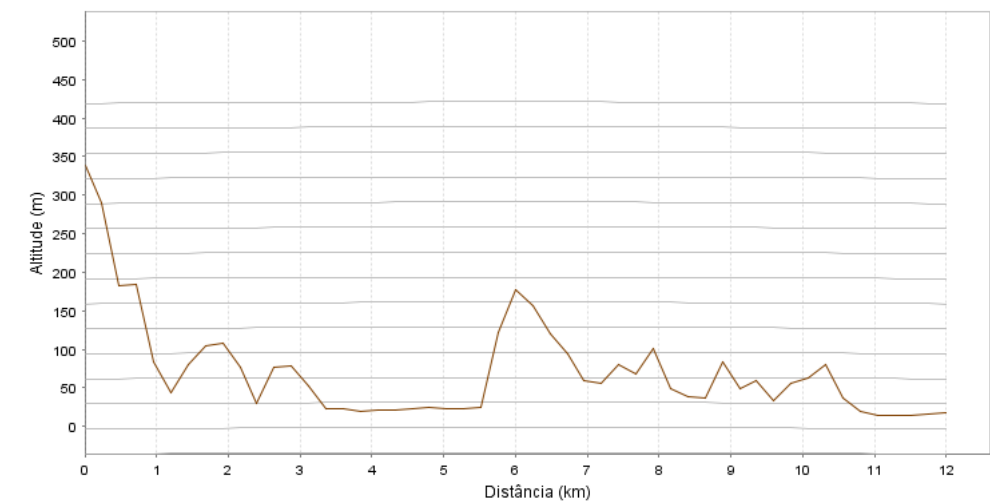


Figura 6.1: Radial 1



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84



Ponto de Origem	Ponto de Destino	Informações Extras
Latitude : 27S3242.16	Latitude : 27S2704.48	Passo (m) : 240
Longitude : 48W4738.18	Longitude : 48W4400.00	Distância (km) : 11,996
Azimuth(Graus): 30,0	Azimuth(Graus): 210,0°	Fator K : 1.3333334
Altitude (m) : 339	Altitude (m) : 19	Frequência (MHz): 91,5
NMT (m) : 53 HCI:	NMT (m) : 133 Hrx:	
Antônio Carlos / SC	Biguaçu / SC	

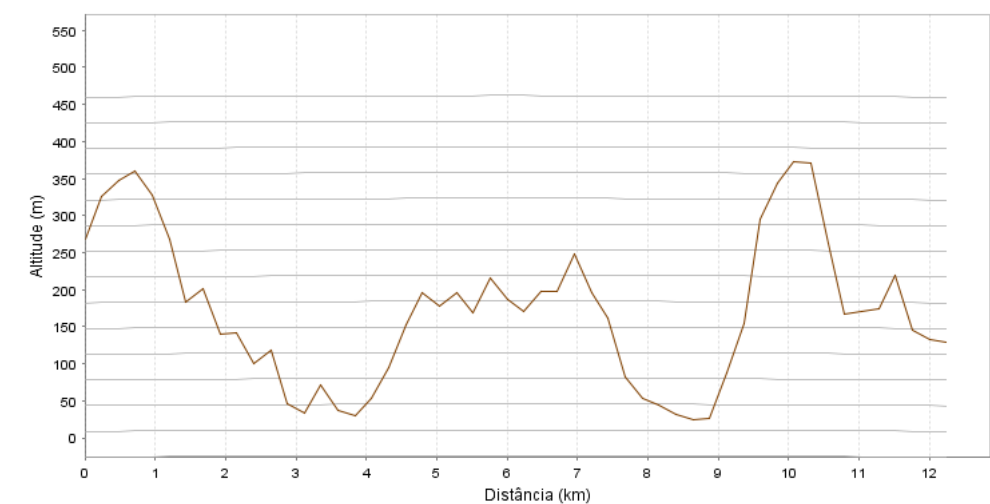
Data de Geração : 11/06/2012 09:08:40

SIGAnatel - Sistema de Informações Geográficas

Figura 6.2: Radial 2



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84



Ponto de Origem	Ponto de Destino	Informações Extras
Latitude : 27S3315.41	Latitude : 27S3000.00	Passo (m) : 240
Longitude : 48W4700.00	Longitude : 48W4038.18	Distância (km) : 12,081
Azimuth(Graus): 60,2	Azimuth(Graus): 240,2°	Fator K : 1.3333334
Altitude (m) : 268	Altitude (m) : 151	Frequência (MHz): 91,5
NMT (m) : 126 HCI:	NMT (m) : 182 Hrx:	
São Pedro de Alcântara / SC	Biguaçu / SC	

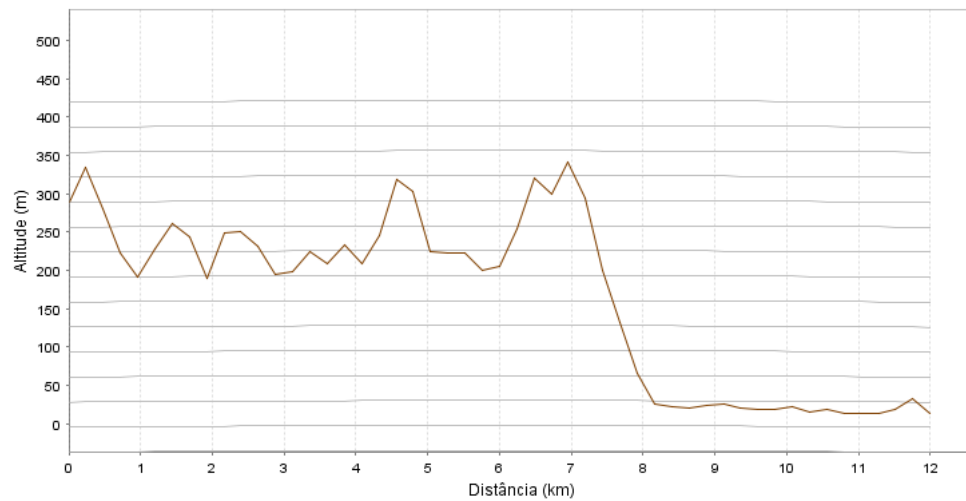
Data de Geração : 11/06/2012 09:10:20

SIGAnatel - Sistema de Informações Geográficas

Figura 6.3: Radial 3



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84



Ponto de Origem	Ponto de Destino	Informações Extras
Latitude : 27S3402.72	Latitude : 27S3402.73	Passo (m) : 240
Longitude : 48W4645.45	Longitude : 48W3933.64	Distância (km) : 11,845
Azimuth(Graus): 90,0	Azimuth(Graus): 270,0°	Fator K : 1.3333334
Altitude (m) : 289	Altitude (m) : 22	Frequência (MHz): 91,5
NMT (m) : 108 HCI:	NMT (m) : 226 Hrx:	
São Pedro de Alcântara / SC	São José / SC	

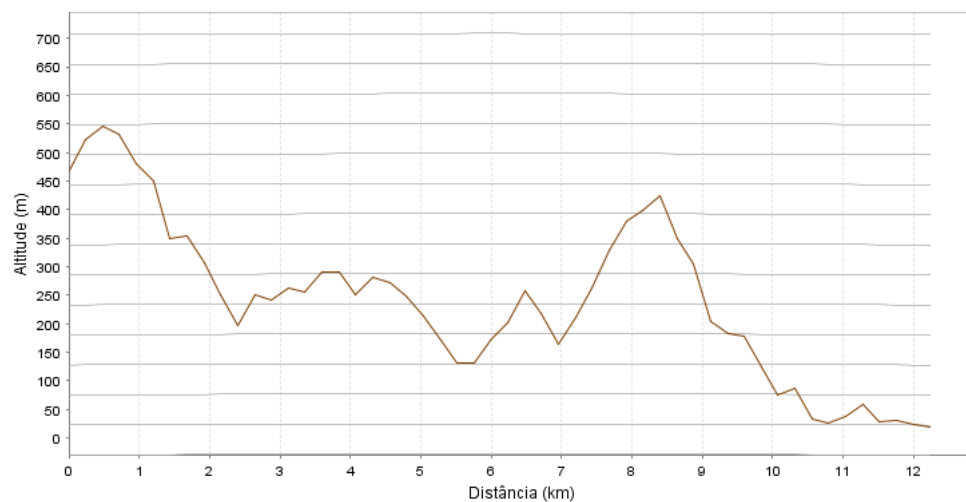
Data de Geração : 11/06/2012 09:12:26

SIGAnatel - Sistema de Informações Geográficas

Figura 6.4: Radial 4



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84



Ponto de Origem	Ponto de Destino	Informações Extras
Latitude : 27S3452.37	Latitude : 27S3807.78	Passo (m) : 240
Longitude : 48W4700.00	Longitude : 48W4038.18	Distância (km) : 12,075
Azimuth(Graus): 119,9	Azimuth(Graus): 299,9°	Fator K : 1.3333334
Altitude (m) : 469	Altitude (m) : 25	Frequência (MHz): 91,5
NMT (m) : 148 HCI:	NMT (m) : 294 Hrx:	
São Pedro de Alcântara / SC	Palhoça / SC	

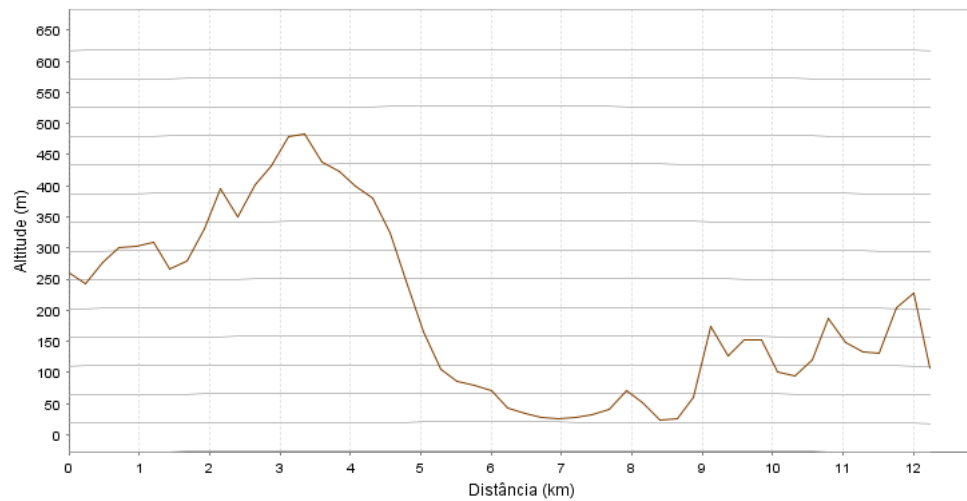
Data de Geração : 11/06/2012 09:14:03

SIGAnatel - Sistema de Informações Geográficas

Figura 6.5: Radial 5



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84



Ponto de Origem	Ponto de Destino	Informações Extras
Latitude : 27S3525.46	Latitude : 27S4105.67	Passo (m) : 240
Longitude : 48W4738.18	Longitude : 48W4400.00	Distância (km) : 12,06
Azimuth(Graus): 150,3	Azimuth(Graus): 330,3°	Fator K : 1.3333334
Altitude (m) : 260	Altitude (m) : 218	Frequência (MHz): 91,5
NMT (m) : 124 HCI:	NMT (m) : 237 Hrx:	
São Pedro de Alcântara / SC	Santo Amaro da Imperatriz / SC	

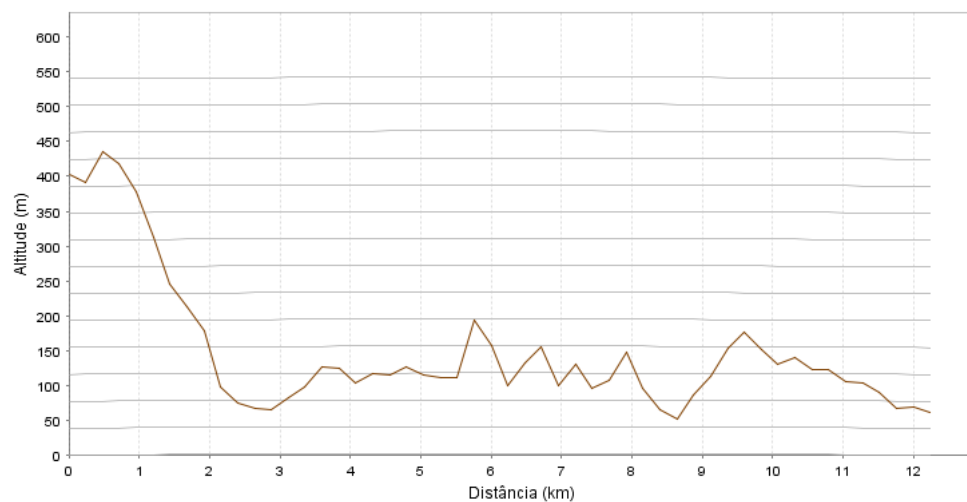
Data de Geração : 11/06/2012 09:15:26

SIGAnatel - Sistema de Informações Geográficas

Figura 6.6: Radial 6



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84



Ponto de Origem	Ponto de Destino	Informações Extras
Latitude : 27S3538.11	Latitude : 27S4210.54	Passo (m) : 240
Longitude : 48W4833.71	Longitude : 48W4833.71	Distância (km) : 12,08
Azimuth(Graus): 180,0	Azimuth(Graus): 360,0°	Fator K : 1.3333334
Altitude (m) : 402	Altitude (m) : 65	Frequência (MHz): 91,5
NMT (m) : 116 HCI:	NMT (m) : 196 Hrx:	
São Pedro de Alcântara / SC	Santo Amaro da Imperatriz / SC	

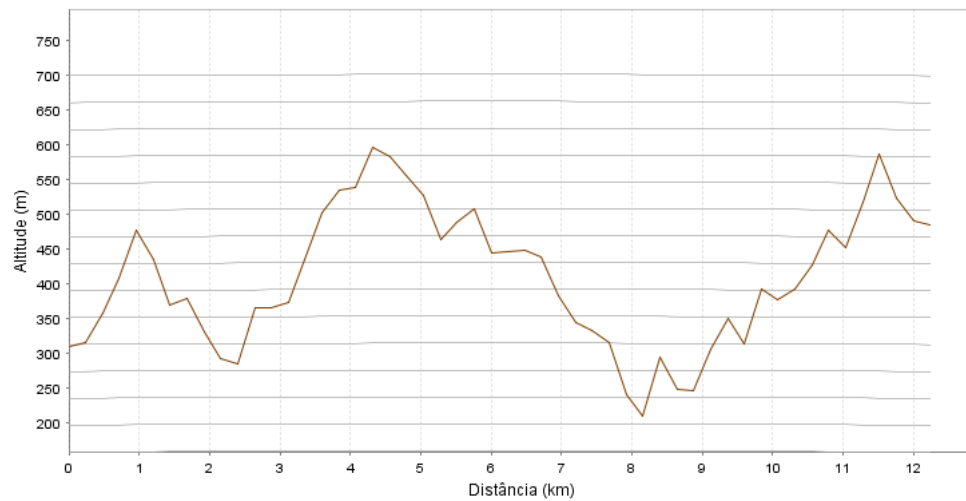
Data de Geração : 11/06/2012 09:16:47

SIGAnatel - Sistema de Informações Geográficas

Figura 6.7: Radial 7



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84



Ponto de Origem	Ponto de Destino	Informações Extras
Latitude : 27S3525.46	Latitude : 27S4105.67	Passo (m) : 240
Longitude : 48W4929.09	Longitude : 48W5305.45	Distância (km) : 12,035
Azimuth(Graus): 209,5	Azimuth(Graus): 29,5°	Fator K : 1.3333334
Altitude (m) : 309	Altitude (m) : 490	Frequência (MHz): 91,5
NMT (m) : 436 HCI:	NMT (m) : 375 Hrx:	
São Pedro de Alcântara / SC	Águas Mornas / SC	

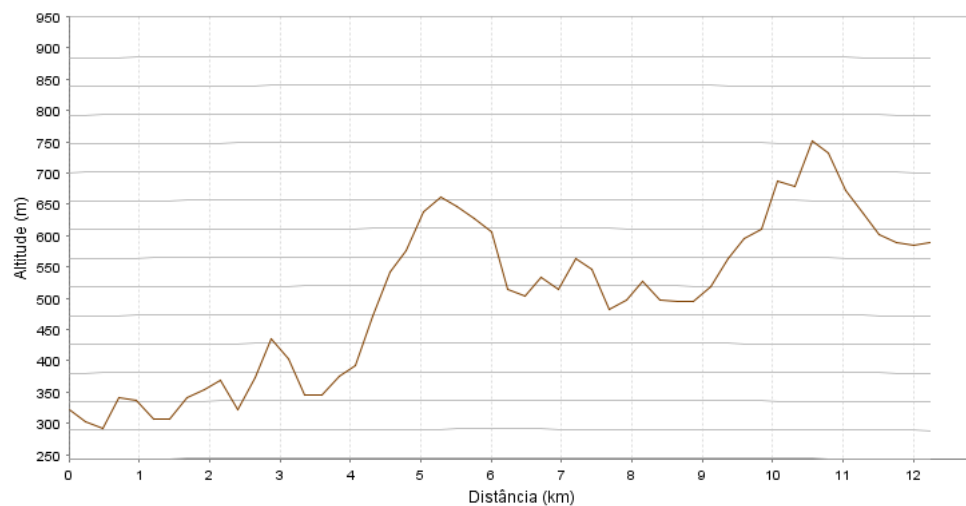
Data de Geração : 11/06/2012 09:17:58

SIGAnatel - Sistema de Informações Geográficas

Figura 6.8: Radial 8



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84



Ponto de Origem	Ponto de Destino	Informações Extras
Latitude : 27S3452.37	Latitude : 27S3807.78	Passo (m) : 240
Longitude : 48W5009.09	Longitude : 48W5629.09	Distância (km) : 12,031
Azimuth(Graus): 240,0	Azimuth(Graus): 60,0°	Fator K : 1.3333334
Altitude (m) : 321	Altitude (m) : 585	Frequência (MHz): 91,5
NMT (m) : 593 HCI:	NMT (m) : 412 Hrx:	
São Pedro de Alcântara / SC	Águas Mornas / SC	

Data de Geração : 11/06/2012 09:19:08

SIGAnatel - Sistema de Informações Geográficas

Figura 6.9: Radial 9



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84

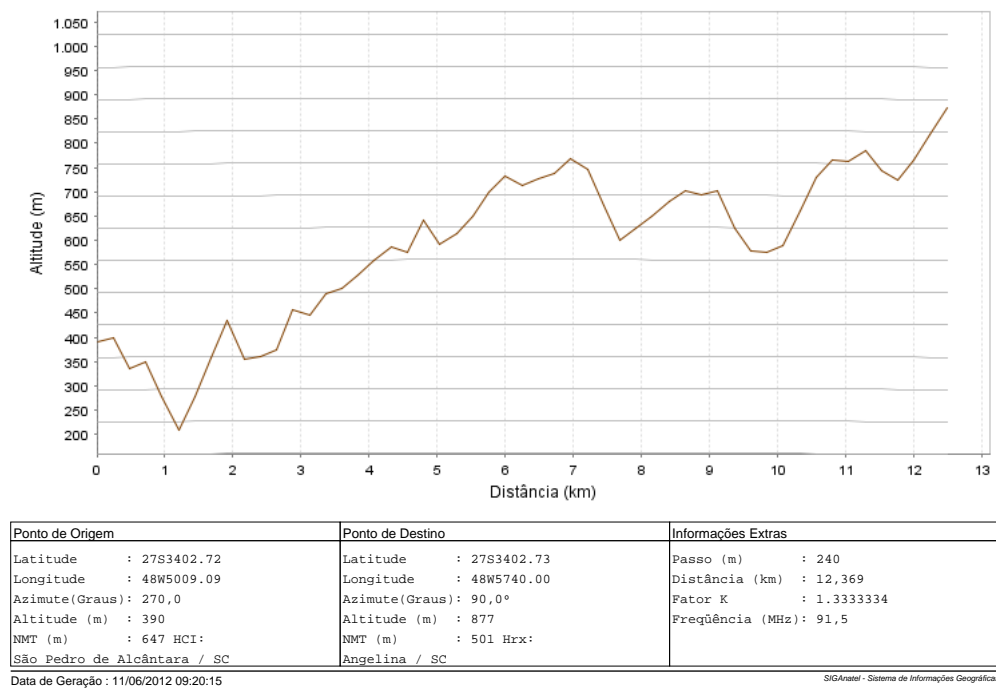


Figura 6.10: Radial 10



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84

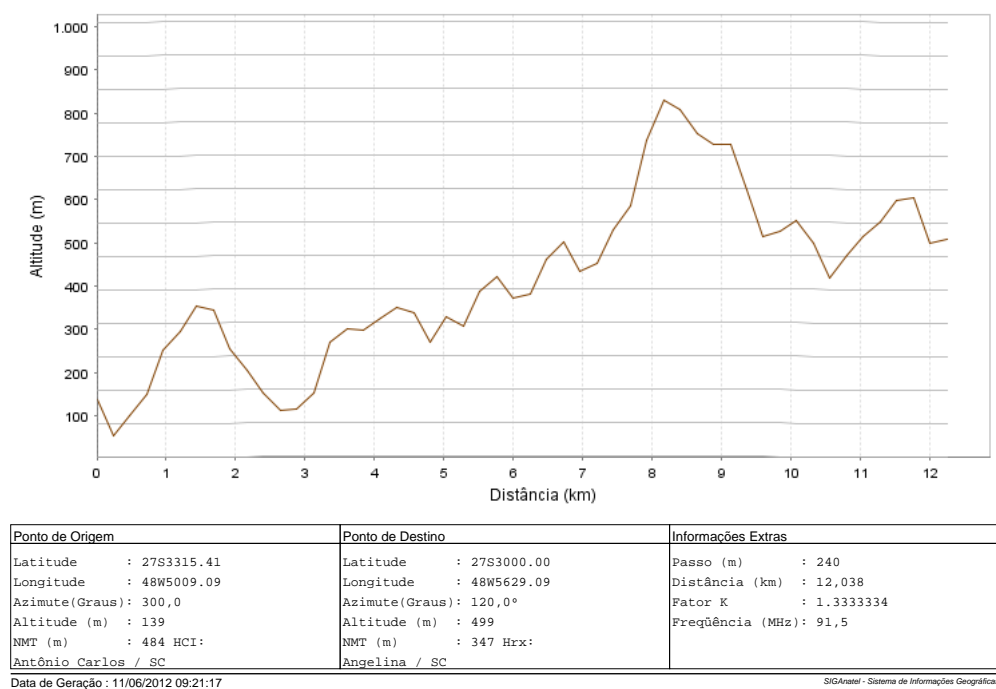


Figura 6.11: Radial 11



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84

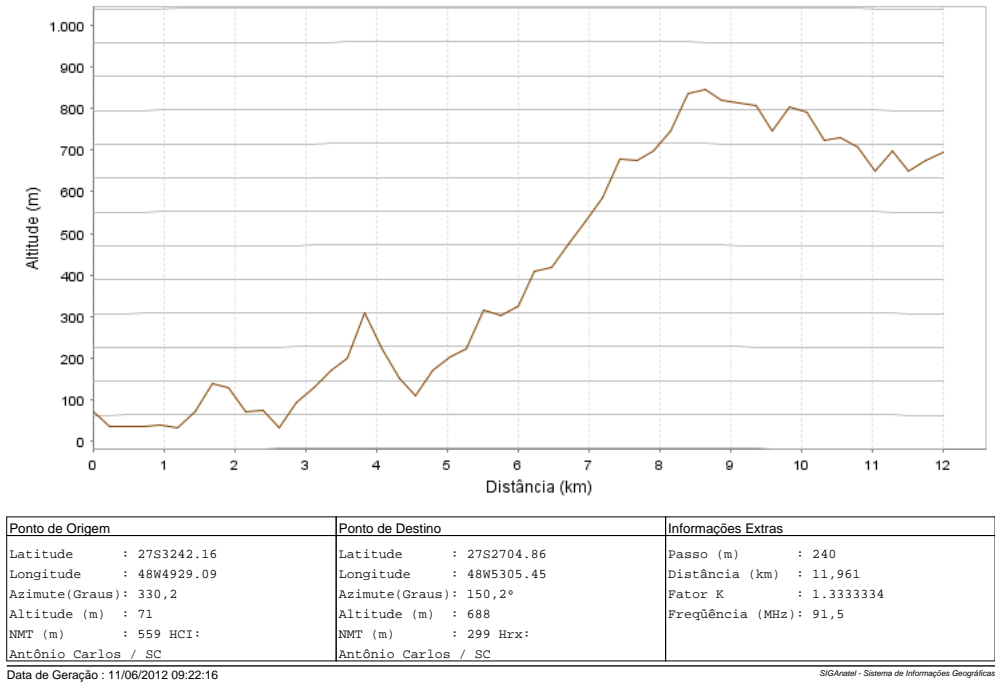


Figura 6.12: Radial 12

7 Considerações Finais

Digitar as conclusões do trabalho.

Referências

AUTOR, N. *Título*: Subtítulo, 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.