

**DIRETORIA DE ENGENHARIA
GERÊNCIA DE SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE SISTEMAS

**CARACTERÍSTICAS DO SATÉLITE STAR ONE C1
PARA PROJETO TÉCNICO
DE REDES DE COMUNICAÇÕES DIGITAIS EM BANDA Ku**

DOC.: CTS-ENGSIS-17003/00

EMIÇÃO: 25/01/2017

CARACTERÍSTICAS DO SATÉLITE STAR ONE C1 PARA PROJETO TÉCNICO DE REDES DE COMUNICAÇÕES DIGITAIS EM BANDA Ku

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
<hr/>	
1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO SEGMENTO ESPACIAL	1
<hr/>	
1.1. FAIXAS DE FREQUÊNCIAS	1
1.1.1. TRANSPONDERS	1
1.1.2. <i>BEACONS</i>	1
1.1.3. CONVERSÃO DE FREQUÊNCIAS (BANDA KU ESTENDIDA E BANDA KU PADRÃO)	1
1.1. POLARIZAÇÃO	1
1.2. CARACTERÍSTICAS DE COBERTURA	1
1.2.1. FEIXE BRAK – COBERTURA TÍPICA	3
1.2.1.1. Subida	3
1.2.1.2. Descida	4
1.2.2. FEIXE MCRK – COBERTURA TÍPICA	5
1.2.2.1. Subida	5
1.2.2.1.1. Vista Hemisférica	5
1.2.2.1.2. Região Mercosul	6
1.2.2.2. Descida	7
1.2.2.2.1. Vista Hemisférica	7
1.2.2.2.2. Região Mercosul	8
1.3. EIRP	9
1.4. G/T	9
1.5. FLUXO DE SATURAÇÃO	9
1.6. RECUOS DE ENTRADA E SAÍDA TÍPICOS E DENSIDADE DO RUÍDO DE INTERMODULAÇÃO	9
1.7. CONDIÇÕES OPERACIONAIS	9
1.7.1. COORDENAÇÃO ESPACIAL	9
1.7.1.1. Densidade Máxima de Subida	9
1.7.1.2. Densidade Máxima de Descida	10
1.7.1.3. Diâmetro Mínimo das Antenas	10
1.7.2. MARGENS DE ENLACE / SISTEMA	10
2. CARACTERÍSTICAS MANDATÓRIAS DAS ESTAÇÕES TERRENAS TRANSMISSORAS DE DADOS VIA SATÉLITE	11
<hr/>	
2.1. CARACTERÍSTICAS DAS EMISSÕES	11
2.1.1. ESTABILIDADE DE FREQUÊNCIA	11
2.1.2. EMISSÃO FORA DO FEIXE	11
2.1.3. EMISSÃO FORA DA BANDA ALOCADA	11
2.1.4. ESTABILIDADE DE EIRP	11
2.1.5. DENSIDADE ESPECTRAL DE POTÊNCIA	12
2.1.5.1. Máscara de Densidade Espectral de Potência na Saída do Modulador	12

2.1.5.2. Máscara de Densidade Espectral de Potência na Saída do Transmissor	13
2.2. CARACTERÍSTICAS DAS ANTENAS	14
3. INFORMAÇÕES	14

INTRODUÇÃO

Este documento tem por finalidade divulgar as características técnicas necessárias ao projeto e dimensionamento de enlaces associados às redes de dados, voz e vídeo digitais via satélite, utilizando o satélite Star One C1 em Banda Ku.

1. Características Básicas do Segmento Espacial

O satélite Star One C1 está localizado na posição orbital de 65° W.

1.1. Faixas de Frequências

1.1.1. Transponders

O satélite Star One C1 opera, em banda Ku, nas faixas de frequências de 13750 MHz a 14500 MHz na subida e 10950 MHz a 11200 MHz e 11700 MHz a 12200 MHz na descida, utilizando transponders de largura de faixa de 36 MHz e 72 MHz em ambas as polarizações horizontal (H) e vertical (V).

1.1.2. Beacons

Os beacons do satélite Star One C1 na Banda Ku são não modulados e se encontram nas frequências de 11701,0 MHz (polarização H) e 12199,8 MHz (polarização V) com uma EIRP mínima de 13,0 dBW.

1.1.3. Conversão de Frequências (Banda Ku Estendida e Banda Ku Padrão)

Banda Ku	Subida (MHz)	Descida (MHz)	Conversão (MHz)
Estendida	13.750,0 a 14.000,0	10.990,0 a 11.200,0	2.805,0
Padrão	14.000,0 a 14.500,0	11.700,0 a 12.200,0	2.300,0

Tabela 1 – Conversão de Frequências na Banda Ku

1.1. Polarização

O Star One C1 opera com polarização linear. Uma vez que o Star One C1 faz reuso de frequência através da utilização de dupla polarização, a isolamento das antenas do satélite entre as duas polarizações ortogonais é da ordem de 33 dB dentro da área de cobertura, tanto na subida como na descida.

1.2. Características de Cobertura

O satélite Star One C1 opera em Banda Ku nas coberturas Brasil (feixe BRAK) e Mercosul (feixe MCRK).

As coberturas típicas do satélite Star One C1 estão apresentadas nas Figura 1 (feixe BRAK

Subida), Figura 2 (feixe BRAK Descida), Figura 3 (feixe MCRK Subida – Vista Hemisférica), Figura 4 (feixe MCRK Subida – Região Mercosul), Figura 5 (feixe MCRK Descida – Vista Hemisférica), Figura 6 (feixe MCRK Descida – Região Mercosul).

Salientamos que as coberturas reais podem apresentar algumas diferenças em função do transponder específico.

Salientamos também que os contornos de referência para fluxo de saturação, G/T do satélite e EIRP do satélite, mencionados ao longo deste documento, correspondem às curvas de vantagem geográfica de 0 dB.

1.2.1. Feixe BRAK – Cobertura Típica

1.2.1.1. Subida

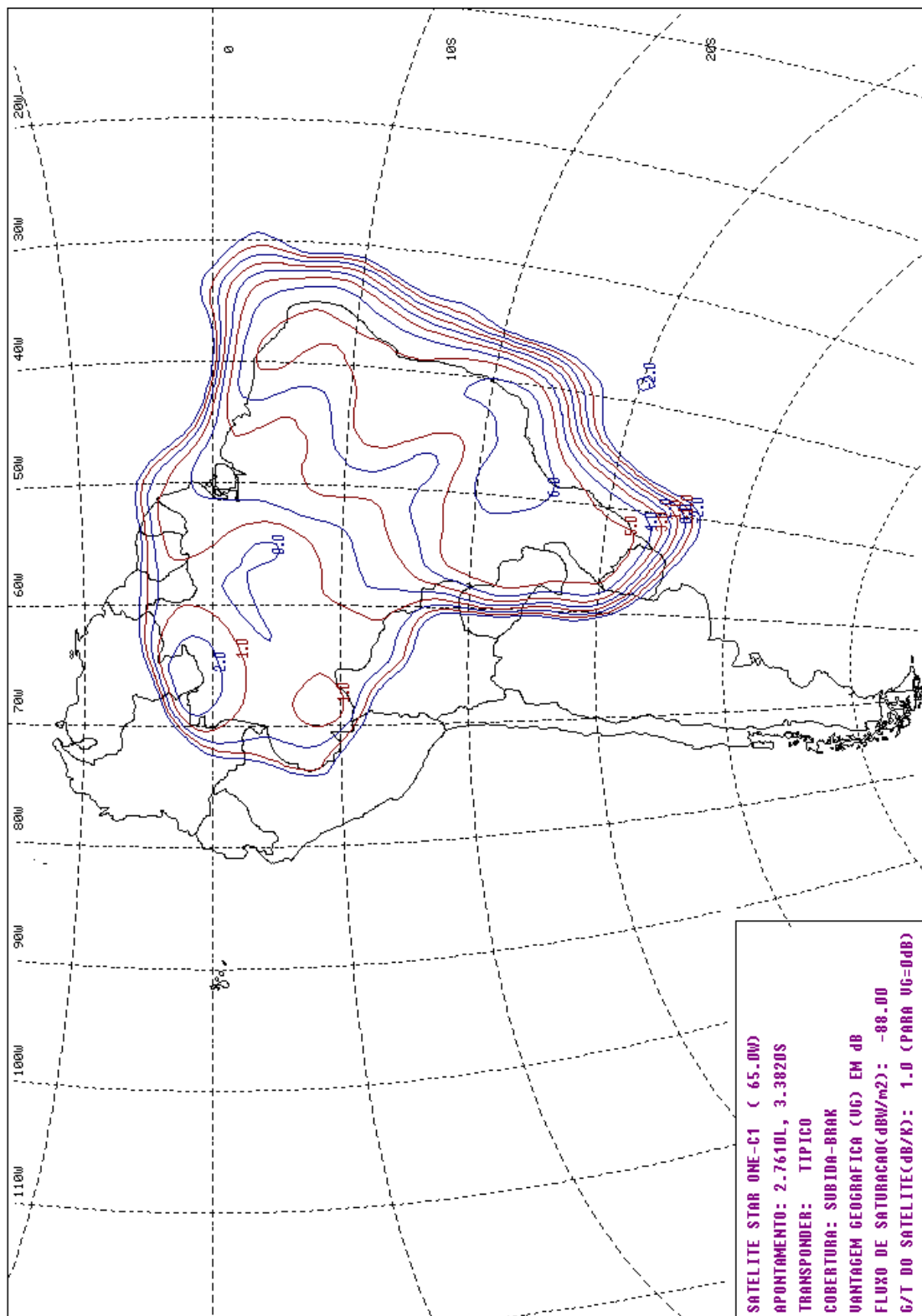


Figura 1 – Cobertura Típica de Subida do Feixe BRAK do Satélite Star One C1 (G/T)

1.2.1.2. Descida

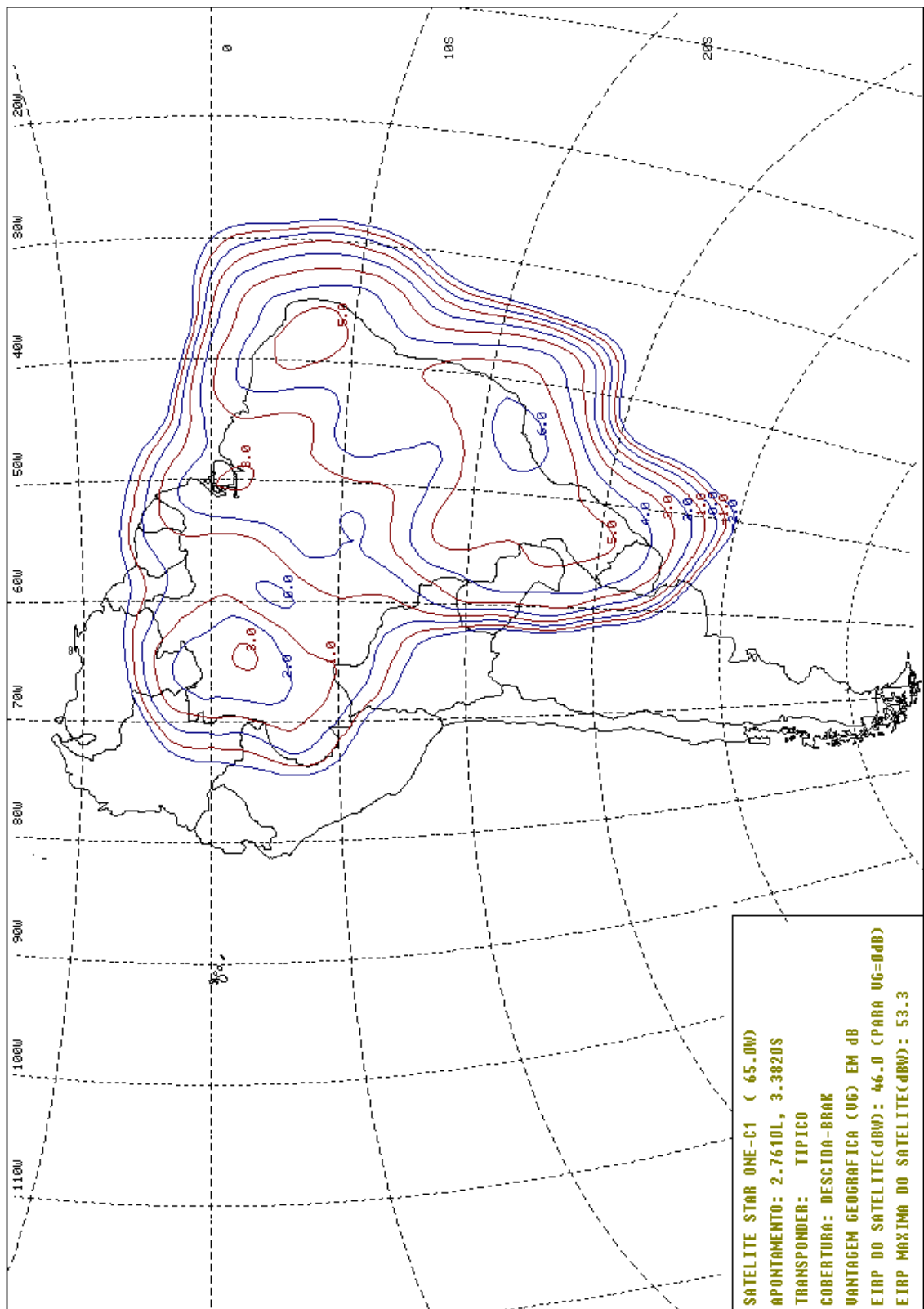


Figura 2 – Cobertura Típica de Descida do Feixe BRAK do Satélite Star One C1 (EIRP)

1.2.2. Feixe MCRK – Cobertura Típica

1.2.2.1. Subida

1.2.2.1.1. Vista Hemisférica

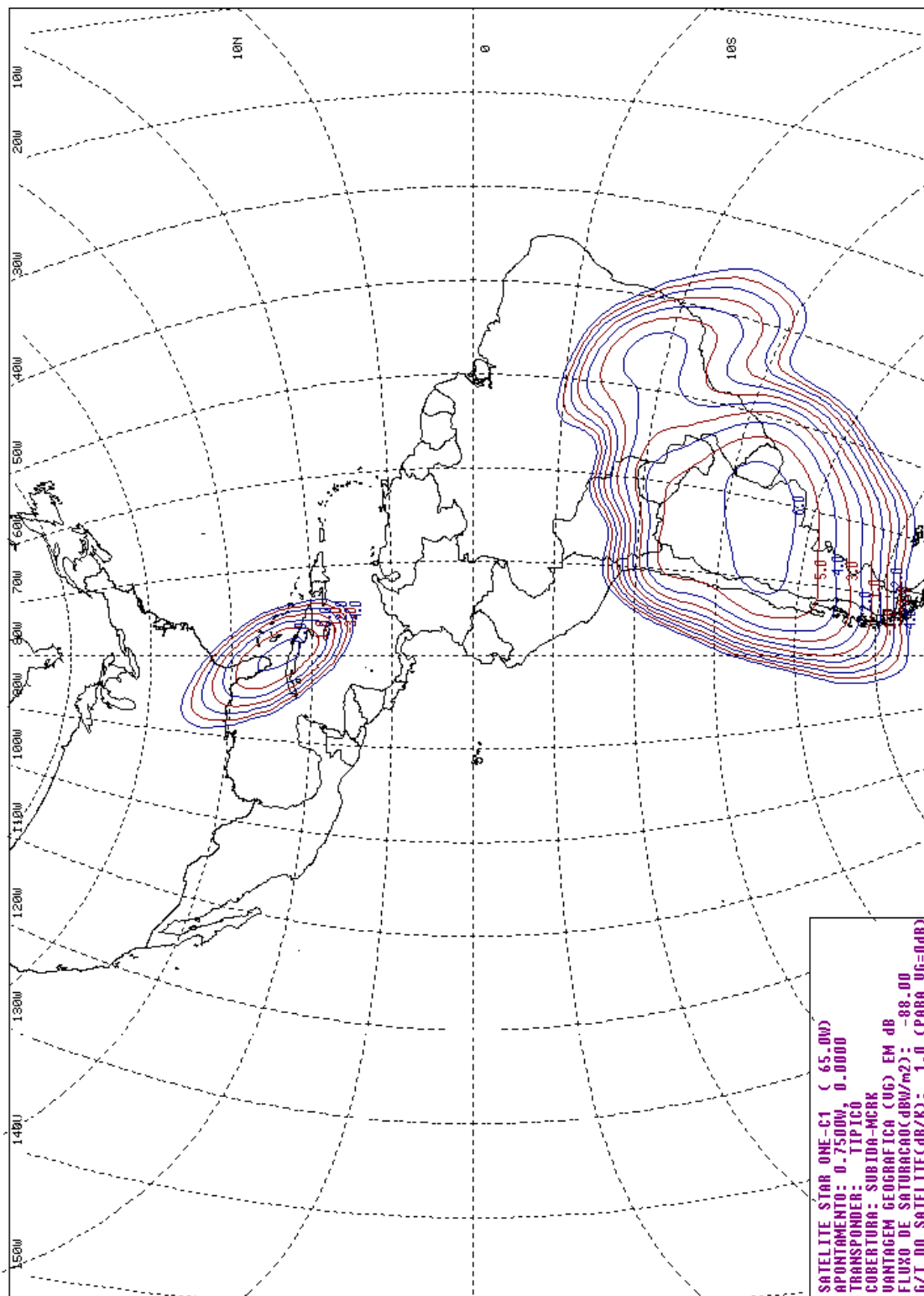


Figura 3 – Cobertura Típica de Subida do Feixe MCRK do Satélite Star One C1 (G/T) – Vista Hemisférica

1.2.2.1.2. Região Mercosul

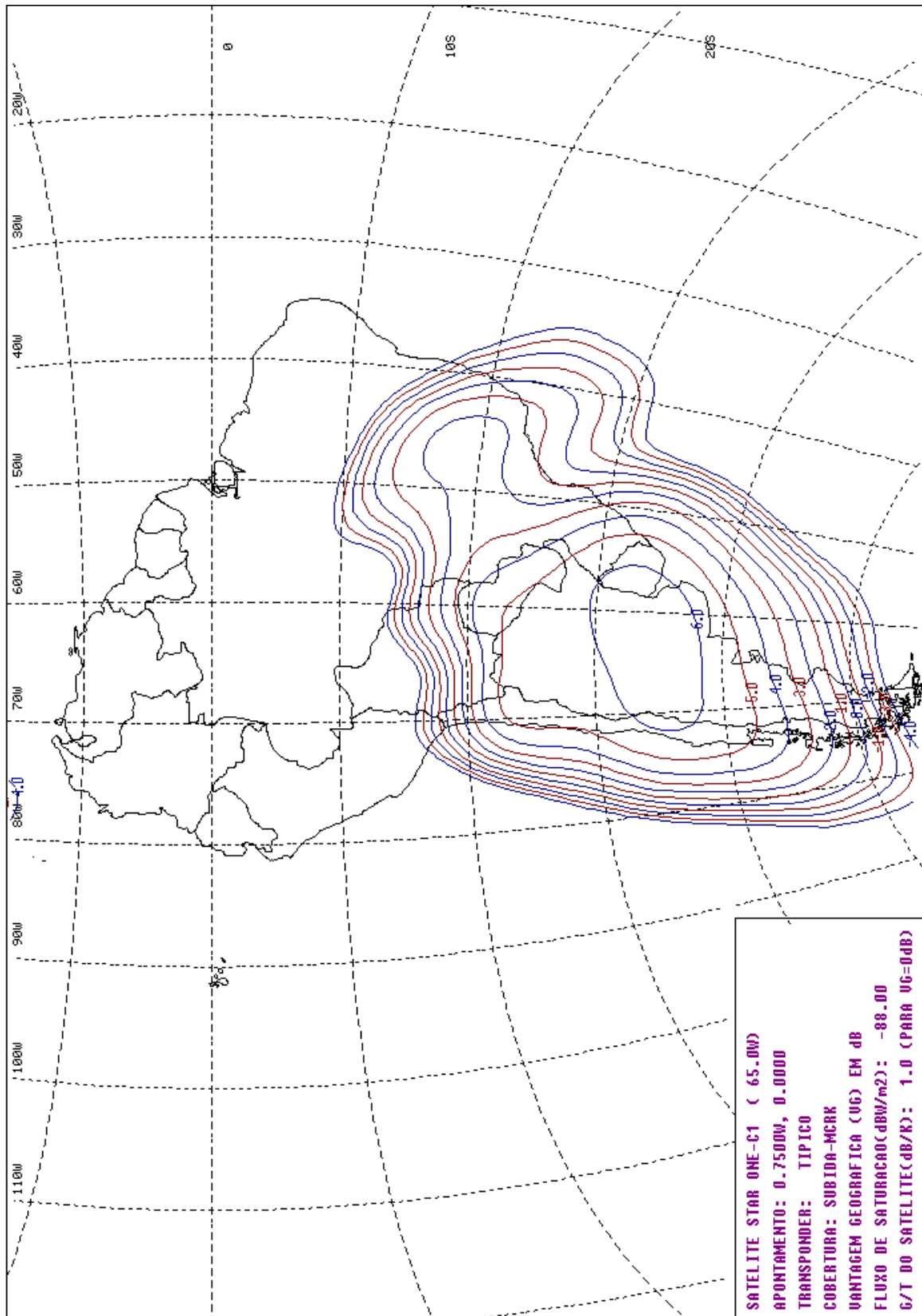


Figura 4 – Cobertura Típica de Subida do Feixe MCRK do Satélite Star One C1 (G/T) – Região Mercosul

1.2.2.2. Descida

1.2.2.2.1. Vista Hemisférica

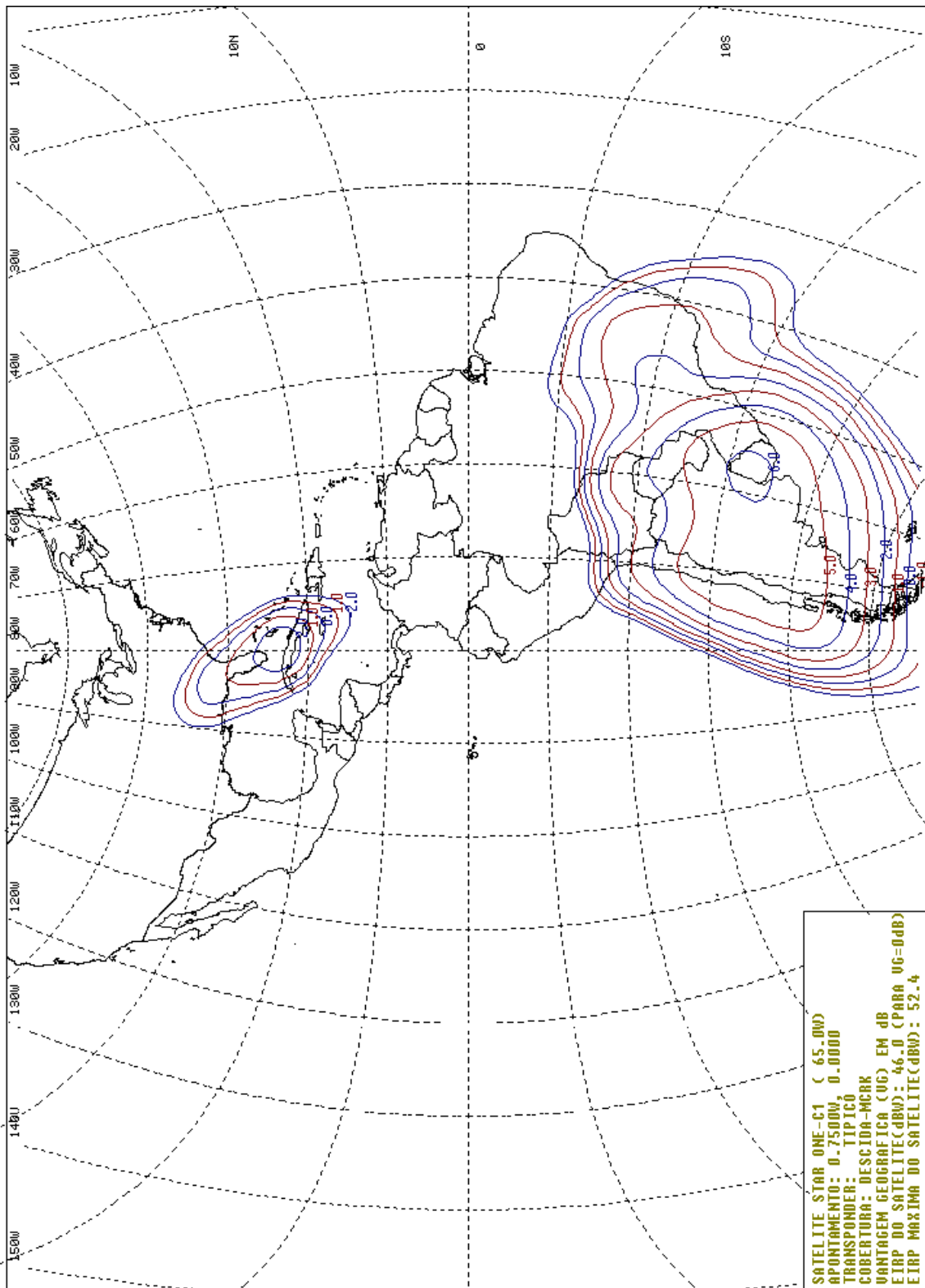


Figura 5 – Cobertura Típica de Descida do Feixe MCRK do Satélite Star One C1 (EIRP) – Vista Hemisférica

1.2.2.2. Região Mercosul

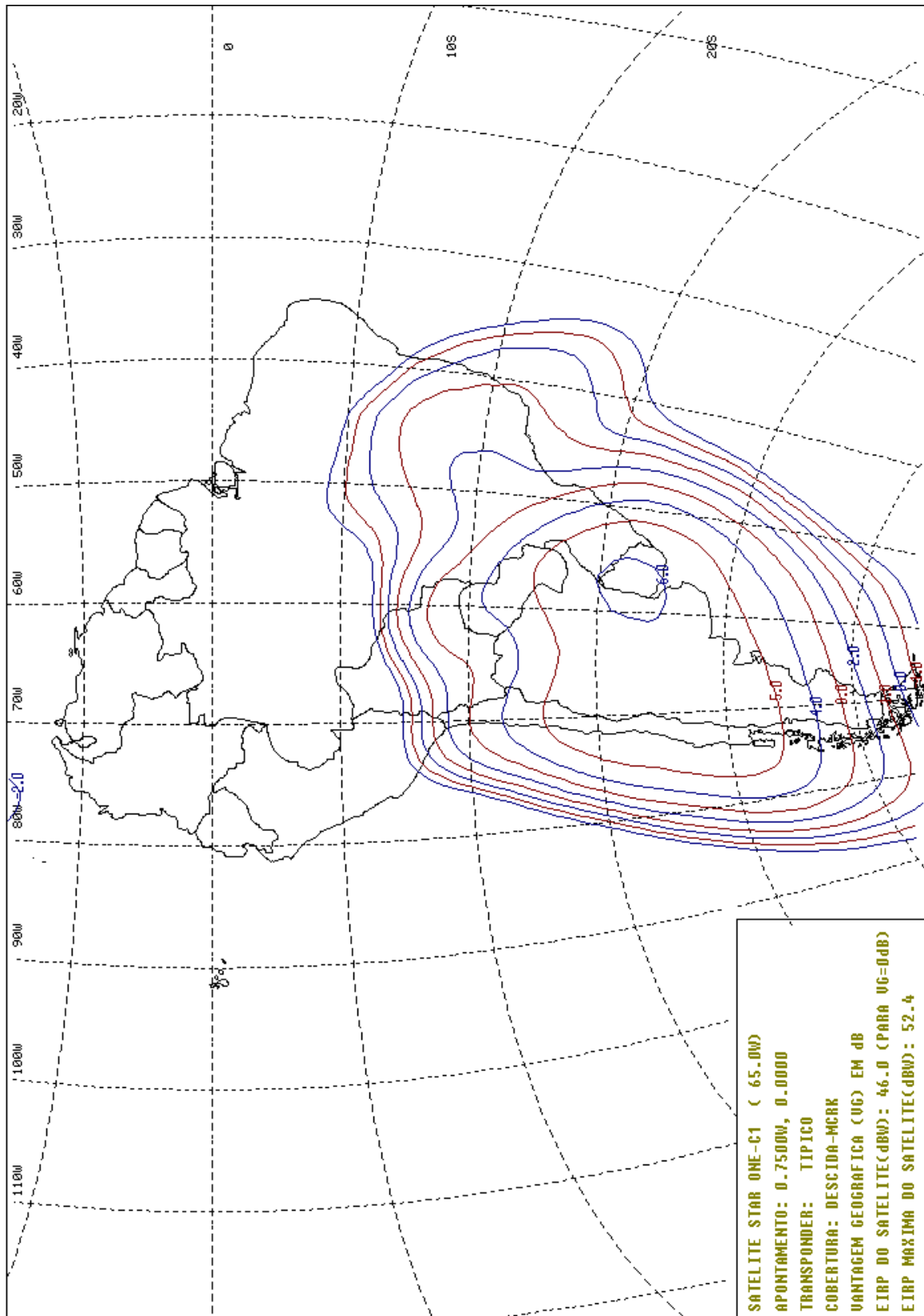


Figura 6 – Cobertura Típica de Descida do Feixe MCRK do Satélite Star One C1 (EIRP) – Região Mercosul

1.3. EIRP

A EIRP típica do satélite Star One C1 no contorno de referência é de 46,0 dBW na Banda Ku.

1.4. G/T

O G/T típico do satélite Star One C1 no contorno de referência é de 1,0 dB/K na Banda Ku.

1.5. Fluxo de Saturação

Deverá ser considerado, em Banda Ku, um fluxo de saturação típico de -88 dBW/m² no contorno de referência do satélite Star One C1.

O fluxo de saturação poderá ser ajustado em uma faixa de -4 dB a $+4$ dB em passos de $1,0$ dB a partir da referência abaixo, a ser designado pela Embratel Star One em função da demanda do serviço e do transponder escolhido.

1.6. Recuos de Entrada e Saída Típicos e Densidade do Ruído de Intermodulação

Os recuos de entrada e saída totais típicos, para o caso de portadoras alocadas em transponders multiportadoras (*multicarrier mode*), são $5,5$ dB e $4,0$ dB, respectivamente. A densidade do ruído de intermodulação, para este caso, referida à potência de saturação de saída, é de $-97,0$ dB/Hz (transponder de 36 MHz) ou $-100,0$ dB/Hz (transponder de 72 MHz), correspondendo a $-15,0$ dBW/4kHz (transponder de 36 MHz) ou $-18,0$ dBW/4kHz (transponder de 72 MHz), no contorno de referência do satélite Star One C1.

Os recuos de entrada e saída totais típicos, para o caso de portadoras alocadas em transponders com 2 (duas) portadoras (*dual carrier mode*), são $3,0$ dB e $2,0$ dB, respectivamente. A densidade do ruído de intermodulação, para este caso, pode ser desprezada pois a sua parcela preponderante cairá fora dos limites do transponder.

Os recuos de entrada e saída típicos, para o caso de portadoras alocadas em transponders com 1 (uma) portadora (*single carrier mode*), são $1,0$ dB e $0,5$ dB, respectivamente.

1.7. Condições Operacionais

As portadoras alocadas no satélite Star One C1 estão sujeitas às condições operacionais descritas nos sub-itens a seguir.

1.7.1. Coordenação Espacial

Considerando-se a Resolução 288 da Anatel: “**Condições de Operação de Satélites Geoestacionários em Banda Ku com Cobertura sobre o Território Brasileiro**”, bem como acordos de coordenação espacial com operadores de satélites vizinhos compartilhando a mesma faixa de frequências no arco orbital geoestacionário, as transmissões das portadoras estão sujeitas às densidades máximas apresentadas abaixo.

Nota: as densidades devem ser calculadas em uma banda de referência de 1 Hz dentro da largura de faixa da portadora digital equivalente à sua taxa de símbolos.

1.7.1.1. Densidade Máxima de Subida

A densidade máxima de potência de subida das portadoras operando nos feixes BRAK e MCRK do satélite Star One C1 é de -48 dBW/Hz, referida à entrada da antena.

Densidades superiores somente poderão ser empregadas com **autorização por escrito da Embratel Star One**.

1.7.1.2. Densidade Máxima de Descida

A densidade máxima de EIRP de descida das portadoras operando nos feixes BRAK e MCRK do satélite Star One C1 é de -22 dBW/Hz, referida ao centro do feixe. Densidades superiores somente poderão ser empregadas com **autorização por escrito da Embratel Star One**.

Nota: a EIRP máxima de saturação é da ordem de 53,3 dBW para o feixe BRAK e de 52,4 dBW para o feixe MCRK do satélite Star One C1.

1.7.1.3. Diâmetro Mínimo das Antenas

As antenas com diâmetros dentro das condições **1.** a **3.** descritas a seguir somente poderão ser empregadas com **autorização por escrito da Embratel Star One**, após avaliação de suas características técnicas bem como de sua localização geográfica:

1. antenas estritamente receptoras inferiores a 75 cm, operando na Banda Ku padrão;
2. antenas estritamente receptoras inferiores a 60 cm, operando na Banda Ku estendida;
3. antenas transmissoras inferiores a 96 cm, operando na Banda Ku padrão;
4. antenas transmissoras inferiores a 1,2 m, operando na Banda Ku estendida.

Nota: as transmissões na Banda Ku estendida com antenas inferiores a 1,2m estão proibidas, conforme resolução da Conferência Mundial de Radiocomunicações de 2003.

1.7.2. Margens de Enlace / Sistema

- ❖ Margem de enlace de 2,2 dB para cobrir interferências espacial, terrestre, de co-transponder e de estação terrena
- ❖ Margem de enlace adicional, para cobrir desapontamentos, de 0,5 dB em TX e 0,5 dB em RX para antenas maiores que 4,5 m, equipadas com sistema de rastreamento. Para antenas menores ou iguais a 4,5 m não dotadas de rastreamento, recomenda-se as seguintes margens para cobrir desapontamentos devidos ao movimento do satélite em seu *Box* de controle:

Diâmetro (m)	Margem para TX (dB)	Margem para RX (dB)
$D \leq 1,8$	0,3	0,2
2,4	0,4	0,3
3,6	1,0	0,7
4,5	1,5	1,1

Tabela 2 – Margem Típica de Desapontamento de Antenas sem Rastreamento

- ❖ Recomenda-se que seja utilizada uma margem de 2,0 dB, no sistema de transmissão (HPA, UPC, Linearizador), para cobrir: diferenças entre as coberturas,

chaveamento para caminhos redundantes e possíveis degradações ao longo da vida útil do satélite.

2. Características Mandatórias das Estações Terrenas Transmissoras de Dados via Satélite

2.1. Características das Emissões

2.1.1. Estabilidade de Frequência

A tolerância de frequência em RF (máxima incerteza de ajuste inicial mais deslocamento ao longo do tempo) não deve exceder ± 800 Hz em um dia e ± 3500 Hz em um mês, para estações terrenas equipadas com equipamentos instalados em ambiente com controle de temperatura ou com equipamentos instalados ao relento.

2.1.2. Emissão Fora do Feixe

A emissão fora do feixe para qualquer ângulo maior ou igual a $1,9^\circ$ fora do eixo da antena da estação terrena, dentro da órbita de satélites geoestacionários, não deverá exceder os valores da tabela a seguir (referência: Res. 288 da Anatel):

Emissão Fora do Feixe (dBW/Hz)	Ângulo
$-48 + 29 - 25 \log \theta$	$1,9^\circ \leq \theta < 36^\circ$
$-48 - 10$	$36^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$

Tabela 3 – Emissão Fora do Feixe

- Notas:**
1. as densidades devem ser calculadas em uma banda de referência de 1 Hz dentro da largura de faixa da portadora digital equivalente à sua taxa de símbolos;
 2. as antenas com emissão fora do feixe superior ao apresentado na Tabela 3 somente poderão ser utilizadas para transmissão (enlaces de subida) se na sua entrada a potência for reduzida de maneira a eliminar o excesso, ainda assim com **autorização por escrito da Embratel Star One**.

2.1.3. Emissão Fora da Banda Alocada

A densidade de EIRP transmitida fora da banda alocada da portadora não deve exceder o valor de 10 dBW/4 kHz para intermodulação e 0 dBW/4 kHz para espúrios, resultando em um agregado de 10,4 dBW/4 kHz.

Os limites apresentados acima deverão ser reduzidos do valor correspondente ao aumento do ganho de recepção da antena do satélite relativo ao contorno de referência.

Em qualquer caso, quando uma emissão fora da faixa autorizada causar interferência prejudicial, poderá ser exigida uma redução adicional aos limites acima estabelecidos.

2.1.4. Estabilidade de EIRP

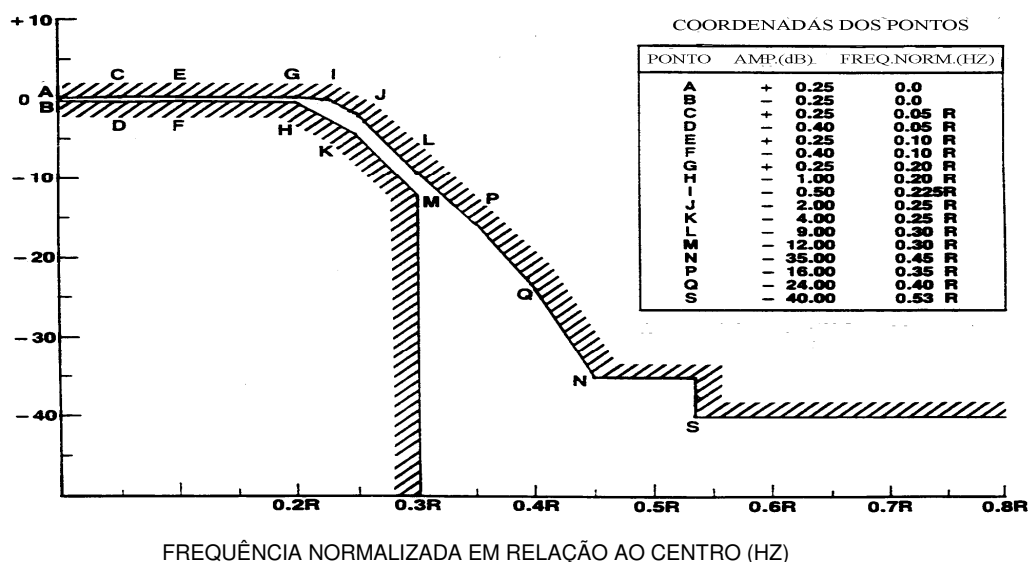
A variação de EIRP da estação terrena ao longo de um dia deve ser inferior a 2 dBpp, descontando-se as contribuições da variação da posição do satélite e das condições adversas de tempo, para estações equipadas com equipamentos instalados em ambiente

com controle de temperatura ou com equipamentos instalados ao relento.

2.1.5. Densidade Espectral de Potência

A densidade espectral de potência da portadora modulada na saída do modulador e na saída do transmissor da estação terrena, deverão estar em conformidade com as máscaras apresentadas nas duas figuras a seguir.

2.1.5.1. Máscara de Densidade Espectral de Potência na Saída do Modulador

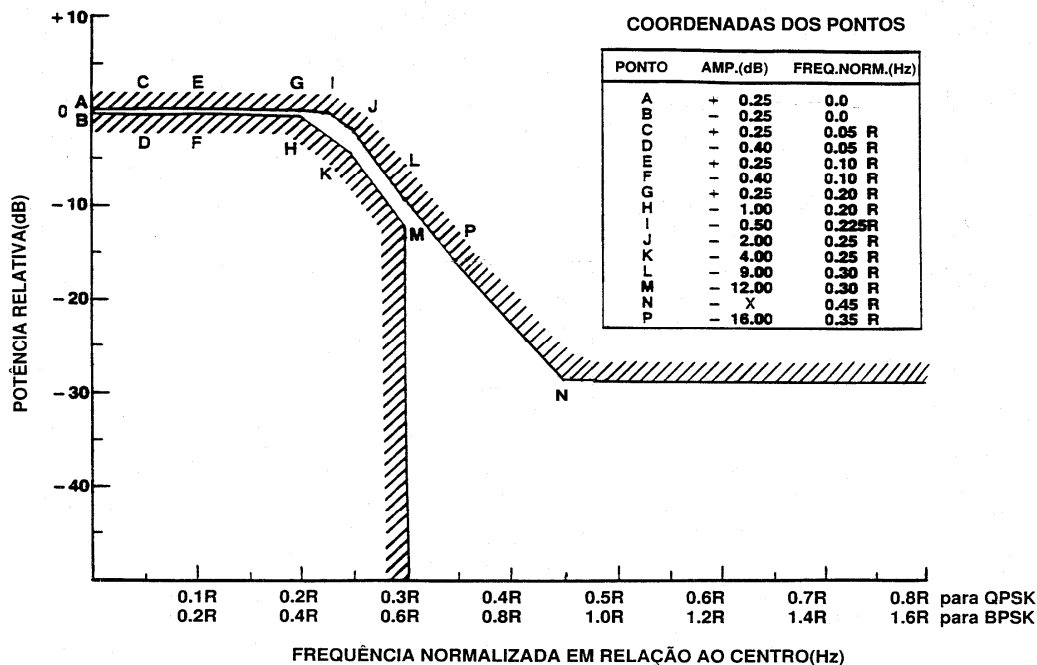


NOTAS :

1. R = Taxa de Transmissão em bits por segundo
2. A frequência normalizada do eixo das abcissas corresponde à modulação QPSK; para obter as frequências para a modulação BPSK, multiplicar os valores constantes da abscissa por 2; para obter as frequências para a modulação 8PSK, dividir os valores constantes da abscissa por 1.5
3. A potência relativa de 0 dB, para a modulação QPSK, corresponde a $-10 \log (R/2)$ dB/Hz em relação à potência da portadora sem modulação; para obter a potência relativa para a modulação BPSK, utilizar R no lugar de R/2; para obter a potência relativa para a modulação 8PSK, utilizar $3R/2$ no lugar de R/2

2.1.5.2. Máscara de Densidade Espectral de Potência na Saída do Transmissor

MÁSCARA DE DENSIDADE ESPECTRAL DE POTÊNCIA, ESPÚRIOS E INTERMODULAÇÃO NA SAÍDA DO TRANSMISSOR



NOTAS:

1. R = Taxa de Transmissão em BITS por segundo
2. NBPS = Número de BITS por símbolo (1 para BPSK e 2 para QPSK)
3. A potência relativa de 0 dB corresponde a $-10 \log (R / \text{NBPS})$ dB/Hz em relação à potência da portadora sem modulação
4. $X(\text{dB}) = \text{EIRP}_{\text{TX}}(\text{dBW}) + \text{VG}_{\text{UP}}(\text{dB}) + 25.6\text{dB} - 10 \log (R / \text{NBPS})$
5. O valor de X plotado refere-se a uma portadora BPSK de 512KBPS+FEC1/2 com uma típica $\text{EIRP}_{\text{TX}} = 56\text{dBW}$ num contorno de subida de 7dB
6. O lóbulo secundário não pode ter amplitude relativa (X) maior que -26dB na frequência normalizada em relação ao centro de 0,75R para QPSK e 1,5R para BPSK
7. Nota 6. pode sobrepor à nota 5.
8. Espúrios independentes deverão atender ao critério de 0 dBW/4kHz

2.2. Características das Antenas

As características técnicas mínimas de radiação de antenas de estações terrenas, utilizadas nos enlaces de comunicações via satélite geoestacionários no território brasileiro, estão contidas no Anexo à Resolução n.º572 da ANATEL de 28/09/2011: "**Norma para Certificação e Homologação de Antenas de Estações Terrenas Operando com Satélites Geoestacionários**". Esta norma substituiu o Anexo à Resolução no 364 da Anatel, de 29/04/2004: "**Norma para Certificação e Homologação de Antenas para Estações Terrenas**", que substituiu o Regulamento Técnico no 01/97, portaria no 002 de 07/01/1997 do Ministério das Comunicações, intitulado "**Características Mínimas de Radiação de Antenas de Estações Terrenas para Comunicação via Satélite**".

O Anexo à Resolução no 572 está apresentado como anexo a este documento.

3. Informações

Dúvidas , sugestões e esclarecimentos , contate ou envie correspondência para :

Embratel Star One – Gerência de Sistemas de Comunicações

End. : Avenida Presidente Vargas,1012 – 6ºandar Centro

CEP : 20071-910 Rio de Janeiro - RJ Brasil

Contato: http://www.starone.com.br/internas/fale_conosco/index.jsp

Última atualização : 25/01/2017

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

RESOLUÇÃO Nº 572, DE 28 DE SETEMBRO DE 2011.

Aprova a Norma para Certificação e Homologação de Antenas de Estações Terrenas Operando com Satélites Geoestacionários.

O CONSELHO DIRETOR DA AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, no uso das atribuições que lhe foram conferidas pelo art. 22 da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997, e pelo art. 35 do Regulamento da Agência Nacional de Telecomunicações, aprovado pelo Decreto nº 2.338, de 7 de outubro de 1997;

CONSIDERANDO os comentários recebidos em decorrência da Consulta Pública nº 44, de 3 de dezembro de 2010, publicada no Diário Oficial da União de 7 de dezembro de 2010;

CONSIDERANDO que, de acordo com o que dispõe o inciso I do art. 214, da Lei nº 9.472, de 1997, cabe à Anatel editar regulamentação em substituição aos regulamentos, normas e demais regras em vigor;

CONSIDERANDO que, de acordo com o Parágrafo Único do art. 1º da Lei nº 9.472, de 1997, compete à União, por intermédio do órgão regulador, organizar a implantação e funcionamento de redes de telecomunicações;

CONSIDERANDO o princípio geral dos processos de certificação e homologação de produtos para telecomunicações de assegurar que os produtos comercializados ou utilizados no País estejam em conformidade com os Regulamentos editados ou as normas adotadas pela Anatel;

CONSIDERANDO deliberação tomada em sua Reunião nº 622, realizada em 22 de setembro de 2011;

CONSIDERANDO o constante dos autos do processo nº 53500.012882/2010,

RESOLVE:

Art. 1º Aprovar a Norma para Certificação e Homologação de Antenas de Estações Terrenas Operando com Satélites Geoestacionários.

Art 2º Revogar a Resolução nº 364, de 29 de abril de 2004.

Art 3º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

RONALDO MOTA SARDENBERG
Presidente do Conselho

ANEXO À RESOLUÇÃO Nº 572, DE 28 DE SETEMBRO DE 2011.

NORMA PARA CERTIFICAÇÃO E HOMOLOGAÇÃO DE ANTENAS DE ESTAÇÕES TERRENAS OPERANDO COM SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS

1. Objetivo

Esta norma estabelece os requisitos técnicos gerais e específicos mínimos de antenas de transmissão utilizadas em estações terrenas operando com satélites geoestacionários, a serem demonstrados na avaliação da conformidade para efeito de certificação e homologação ante a Agência Nacional de Telecomunicações.

2. Abrangência

2.1 Os requisitos desta Norma se aplicam a antenas de estações terrenas operando com satélites geoestacionários com ganho acima ou igual a 25 dBi.

3. Referências

Para fins desta norma, são adotadas as seguintes referências:

- I – Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil, emitido pela Anatel;
- II – Regulamento para Certificação e Homologação de Produtos para Telecomunicações, emitido pela Anatel;
- III - IEEE STD 149-1979 – *IEEE Standard Test Procedures for Antennas*.

4. Definições

Para os fins a que se destina esta norma, aplicam-se as seguintes definições:

- I- Ângulo Teta Inicial (θ_{ini}): é o maior ângulo, expresso em graus, entre $4,5^\circ$ e o ângulo θ correspondente ao valor de $198,36 \lambda/D$ (limite entre o primeiro e o segundo lóbulo secundário);
- II- Ângulo Teta mínimo (θ_{min}): maior ângulo, expresso em graus, entre 1° e $100^\circ \lambda/D$;
- III- Antena: dispositivo para, em sistemas de telecomunicações, radiar ou captar ondas eletromagnéticas no espaço. Pode incluir qualquer circuito que a ela esteja mecanicamente incorporado;
- IV- Área da Abertura: área formada pela projeção do perímetro da antena sobre um plano perpendicular ao eixo da antena;
- V- Antena Isotrópica: antena hipotética cuja intensidade de radiação é uniforme para todas as direções do espaço;
- VI- Antenas Estabilizadas: Caracteriza-se pela antena que mantém suas características operacionais quando em mobilidade;
- VII- Antena “*offset*”: antena refletora não simétrica;

- VIII- Antena Simétrica: antena refletora em que o refletor principal é constituído por uma superfície de revolução, tendo como eixo a direção para a qual o ganho é máximo;
- IX- Antena Transportável: Caracteriza-se pela antena que dispõe de recursos e facilidades para seu transporte e para múltiplas instalações ou reinstalações, não opera em mobilidade.
- X- Comprimento de Onda (λ): razão entre a velocidade da luz no espaço livre e a frequência de operação da antena;
- XI- Diagrama de Radiação: diagrama representando a densidade de potência radiada pela antena, em um dado plano, a uma distância constante da antena, em função de um ângulo medido a partir de uma direção de referência, para uma dada polarização do campo elétrico. Para efeito desta norma, consideram-se os diagramas de radiação descritos em função de sistema de coordenadas esféricas;
- XII- Diagrama de Radiação em Polarização Co-polar: diagrama de radiação para a polarização co-polar do campo elétrico;
- XIII- Diagrama de Radiação em Polarização Cruzada: diagrama de radiação para a polarização cruzada do campo elétrico;
- XIV- Eixo da Antena: direção para a qual o ganho da antena é máximo;
- XV- Envoltória do Ganho: curva em relação à qual o ganho deverá ter valores menores ou iguais para qualquer ângulo de radiação;
- XVI- Erro de Apontamento: valor médio quadrático do ângulo, medido em graus, formado pela direção de apontamento desejada e a direção de máxima radiação;
- XVII- Potência equivalente isotropicamente radiada (EIRP): Potência entregue a uma antena, multiplicada pelo ganho da antena em relação a uma antena isotrópica, numa determinada região.
- XVIII- Família de Antenas: conjunto de modelos de antenas, de um mesmo fabricante, com a mesma polarização, a mesma faixa de frequências, e com elementos constitutivos de mesma natureza;
- XIX- Ganho: razão entre a intensidade de radiação em uma dada direção e a intensidade de radiação de uma antena isotrópica, para uma mesma potência incidente na entrada das duas antenas. Quando não especificado de outra forma, o ganho refere-se à direção em que é máximo;
- XX- Ganho Mínimo (G_{\min}): menor valor do ganho na direção do eixo, dentro da faixa de frequências de operação da antena;
- XXI- Ganho Relativo: razão entre o ganho da antena em uma dada direção e o ganho na direção do eixo;
- XXII- Intensidade de Radiação: potência radiada por unidade de ângulo sólido, em uma dada direção;
- XXIII- Largura de Feixe: faixa angular dentro da qual o diagrama de radiação em polarização co-polar apresenta valores maiores ou iguais a 3 dB em relação ao seu valor máximo;
- XXIV- Largura de Feixe de 1 dB: faixa angular dentro da qual o diagrama de radiação em polarização co-polar apresenta valores maiores ou iguais a 1 dB em relação ao seu valor máximo;
- XXV- Lóbulo Lateral: lóbulos de radiação existentes, excetuando-se o lóbulo principal;
- XXVI- Lóbulo Principal: lóbulo de radiação que contém a direção de máximo ganho da antena;

XXVII- Perda de inserção da antena: É assumida como sendo a perda de inserção do alimentador dada pela relação, expressa em dB, entre a potência existente na sua porta de alimentação e a potência encontrada na porta de saída do sistema alimentador (ou elemento radiante primário). A perda de inserção total do sistema alimentador é o somatório da perda ôhmica que ocorre nos respectivos materiais condutores e dielétricos, da perda que ocorre devido ao descasamento da antena, e da perda devida a fuga e vazamento indesejável de sinal de radiofrequência;

XXVIII- Plano E: plano que contém o vetor campo elétrico, para pontos de observação na direção de máxima radiação, e a direção de máxima radiação. Definição válida apenas para antenas com polarização linear;

XXIX- Plano H: plano perpendicular ao plano E. Definição válida apenas para antenas com polarização linear;

XXX- Plano 45°: plano que forma um ângulo de 45° com os planos E e H. Definição válida apenas para antenas com polarização linear;

XXXI- Polarização de uma Antena: polarização do campo elétrico que contém a maior parte da energia radiada, na direção de máxima radiação;

XXXII- Polarização Co-polar: para a direção do eixo, é a polarização idêntica à polarização da antena; para outras direções, é a polarização do campo elétrico recebido através da medida do diagrama de radiação, mantendo-se inalterada a polarização da antena transmissora durante a medida do diagrama;

XXXIII- Polarização Cruzada: para antenas com polarização linear, é a polarização do campo elétrico ortogonal à polarização co-polar; para antenas com polarização circular, é a polarização circular com sentido de rotação oposto ao definido para a polarização co-polar;

XXXIV- Regiões de Transbordamento: regiões angulares do diagrama de radiação nas quais ocorrem os transbordamentos da iluminação nos refletores da antena. Definição válida apenas para antenas refletoras;

XXXV- Regiões de Cáustica: regiões angulares do diagrama de radiação onde se concentram os raios produzidos por espalhamento nas bordas dos refletores da antena. Definição válida apenas para antenas refletoras;

XXXVI- Ventos de Sobrevivência: ventos cuja velocidade é a máxima que a antena pode suportar sem a ocorrência de deformações e outras avarias que alterem permanentemente as suas características elétricas;

XXXVII- Ventos Operacionais: ventos cuja velocidade é a máxima que a antena pode suportar sem que o seu eixo sofra desvios angulares maiores que 15% da largura de feixe.

5. Características Elétricas

5.1 Ganho Mínimo

5.1.1 O valor nominal do ganho mínimo e a porta de referência utilizada na determinação deste parâmetro deverão ser informados pelo fabricante.

5.1.2 No caso da antena possibilitar diversas opções de configurações de número de portas, *diplexers* e polarizações, o ganho deve ser referenciado à porta de entrada da corneta, e deverão ser informadas as perdas de inserção de cada configuração opcional.

5.1.3 O valor medido desse ganho não deverá diferir do valor nominal informado por mais de 0,5 dB.

5.2 Envoltória do Ganho em Polarização Co-polar

5.2.1 A envoltória do ganho, em polarização co-polar, para direções compreendidas entre θ_{\min} e 180° , é dada pelas relações detalhadas na Tabela 1, com os critérios de tolerância do item 5.4.

Tabela 1

Envoltória do Ganho para Polarização Co-Polar	
Faixa de ângulos θ (graus)	Envoltória (dBi)
de θ_{\min} a 20	$29 - 25 \log(\theta)$
de 20 a 26,3	- 3,5
de 26,3 a 48	$32 - 25 \log(\theta)$
de 48 a 180	-10

onde: θ - ângulo entre a direção considerada e o eixo da antena, medido em graus;
 θ_{\min} - maior ângulo, expresso em graus, entre 1° e $100^\circ \lambda/D$;
 D - maior diâmetro da área da abertura, expresso em metros.

5.3 Envoltória do Ganho em Polarização Cruzada

5.3.1 As envoltórias do ganho em Polarização Cruzada, para antenas operando em Polarização Linear em frequências menores ou iguais a 17 GHz, são dadas pelas relações detalhadas na Tabela 2 abaixo, com os critérios de tolerância do item 5.4.

Tabela 2

Envoltória do Ganho para a Polarização Cruzada, (expresso em dBi), para antenas operando em frequências menores ou iguais a 17 GHz, em Polarização Linear			
Faixa de ângulos θ (graus)	Diâmetro da Abertura da Antena (D)		
	$D \leq 2,4 \text{ m}$	$2,4 \text{ m} < D \leq 7 \text{ m}$	$7 \text{ m} < D$
de 0 a $10,95 \lambda/D$	27 dB abaixo do ganho da antena	30 dB abaixo do ganho da antena	35 dB abaixo do ganho da antena
de $10,95 \lambda/D$ a $89,44 \lambda/D$	20 dB abaixo do ganho da antena	22 dB abaixo do ganho da antena	22 dB abaixo do ganho da antena
de $89,44 \lambda/D$ a $170 \lambda/D$	$23 - 20 \log(170 \lambda/D)$		
de $170 \lambda/D$ a 7	$23 - 20 \log(\theta)$		
de 7 a 26,3	$20,2 - 16,7 \log(\theta)$		
de 26,3 a 48	$32 - 25 \log(\theta)$		
de 48 a 180	-10		

Obs.: Quando o valor de $170 \lambda/D$ for maior que 7 graus, considerar a envoltória correspondente a próxima faixa angular cujo limite superior seja maior que o valor de $170 \lambda/D$.

5.3.2 As envoltórias do ganho em Polarização Cruzada, para antenas operando em Polarização Linear na faixa de frequências compreendida entre 17 e 31 GHz, são dadas pelas relações detalhadas na Tabela 3 abaixo, com os critérios de tolerância do item 5.4.

Tabela 3

Envoltória do Ganho para a Polarização Cruzada, (expresso em dBi), para antenas operando em frequências entre 17 e 31 GHz, em Polarização Linear			
Faixa de ângulos θ (graus)	Diâmetro da Abertura da Antena expresso em D/λ		
	$D/\lambda \leq 80$	$80 < D/\lambda \leq 140$	$140 < D/\lambda$
de 0 a $10,95 \lambda/D$	25 dB abaixo do ganho da antena	30 dB abaixo do ganho da antena	35 dB abaixo do ganho da antena
de $10,95 \lambda/D$ a $89,44 \lambda/D$	20 dB abaixo do ganho da antena	22 dB abaixo do ganho da antena	22 dB abaixo do ganho da antena
de $89,44 \lambda/D$ a $170 \lambda/D$	$23 - 20 \log (170 \lambda/D)$		
de $170 \lambda/D$ a 7	$23 - 20 \log (\theta)$		
de 7 a 26,3	$20,2 - 16,7 \log (\theta)$		
de 26,3 a 48	$32 - 25 \log (\theta)$		
de 48 a 180	-10		

Obs.: Quando o valor de $170 \lambda/D$ for maior que 7 graus, considerar a envoltória correspondente a próxima faixa angular cujo limite superior seja maior que o valor de $170 \lambda/D$.

5.3.3 As envoltórias do ganho de Polarização Cruzada, para antenas operando em Polarização Circular em frequências menores ou iguais a 7,075 GHz, são dadas pelas relações detalhadas na Tabela 4 abaixo, com os critérios de tolerância do item 5.4.

Tabela 4

Envoltória do Ganho para a Polarização Cruzada (expresso em dBi), para antenas operando em frequências menores ou iguais a 7,075 GHz, em Polarização Circular			
Faixa de ângulos θ (graus)	Diâmetro da Abertura da Antena (D)		
	$D \leq 2.4 \text{ m}$	$2.4 \text{ m} < D \leq 7 \text{ m}$	$7 \text{ m} < D$
de 0 a $10,95 \lambda/D$	17,7 dB abaixo do Ganho da antena	27,3 dB abaixo do ganho da antena	30,5dB abaixo do ganho da antena
de $10,95 \lambda/D$ a $89,44 \lambda/D$	17,7 dB abaixo do ganho da antena	20 dB abaixo do ganho da antena	22 dB abaixo do ganho da antena
de $89,44 \lambda/D$ a $170 \lambda/D$	$23 - 20 \log (170 \lambda/D)$		
de $170 \lambda/D$ a 7	$23 - 20 \log (\theta)$		
de 7 a 26,3	$20,2 - 16,7 \log (\theta)$		
de 26,3 a 48	$32 - 25 \log (\theta)$		
de 48 a 180	-10		

Obs.: Quando o valor de $170 \lambda/D$ for maior que 7 graus, considerar a envoltória correspondente a próxima faixa angular cujo limite superior seja maior que o valor de $170 \lambda/D$.

5.3.4 As envoltórias do ganho de Polarização Cruzada, para antenas operando em Polarização Circular na faixa de frequências compreendida entre 7,075 e 12,7 GHz, são dadas pelas relações detalhadas na Tabela 5 abaixo, com os critérios de tolerância do item 5.4.

Tabela 5

Envoltória do Ganho para a Polarização Cruzada (expresso em dBi), para antenas operando em frequências entre 7,075 e 12,7 GHz, em Polarização Circular			
Faixa de ângulos θ (graus)	Diâmetro da Abertura da Antena (D)		
	$D \leq 2,4$ m	$2,4\text{m} < D \leq 4,5\text{m}$	$4,5$ m < D
de 0 a $10,95 \lambda/D$	21.2dB abaixo do Ganho da antena	24.8dB abaixo do ganho da antena	27,3dB abaixo do ganho da antena
de $10,95 \lambda/D$ a $89,44 \lambda/D$	20 dB abaixo do ganho da antena	20 dB abaixo do ganho da antena	20 dB abaixo do ganho da antena
de $89,44 \lambda/D$ a $170 \lambda/D$	$23 - 20 \log (170 \lambda/D)$		
de $170 \lambda/D$ a 7	$23 - 20 \log (\theta)$		
de 7 a 26,3	$20,2 - 16,7 \log (\theta)$		
de 26,3 a 48	$32 - 25 \log (\theta)$		
de 48 a 180	-10		

Obs.: Quando o valor de $170 \lambda/D$ for maior que 7 graus, considerar a envoltória correspondente a próxima faixa angular cujo limite superior seja maior que o valor de $170 \lambda/D$.

5.3.5 As envoltórias do ganho de Polarização Cruzada, para antenas operando em Polarização Circular nas faixas de frequências compreendida entre 12,7 e 17 GHz, são dadas pelas relações detalhadas na Tabela 6 abaixo, com os critérios de tolerância do item 5.4.

Tabela 6

Envoltória do Ganho para a Polarização Cruzada , (expresso em dBi), para antenas operando em frequências entre 12,7 e 17 GHz, em Polarização Circular			
Faixa de ângulos θ (graus)	Diâmetro da Abertura da Antena (D)		
	$D \leq 2,4$ m	$2,4\text{m} < D \leq 7$ m	7 m < D
de 0 a $10,95 \lambda/D$	17,7 dB abaixo do Ganho da antena	27 dB abaixo do ganho da antena	30,5dB abaixo do ganho da antena
de $10,95 \lambda/D$ a $89,44 \lambda/D$	17,7 dB abaixo do ganho da antena	20 dB abaixo do ganho da antena	22 dB abaixo do ganho da antena
de $89,44 \lambda/D$ a $170 \lambda/D$	$23 - 20 \log (170 \lambda/D)$		
de $170 \lambda/D$ a 7	$23 - 20 \log (\theta)$		
de 7 a 26,3	$20,2 - 16,7 \log (\theta)$		
de 26,3 a 48	$32 - 25 \log (\theta)$		
de 48 a 180	-10		

Obs.: Quando o valor de $170 \lambda/D$ for maior que 7 graus, considerar a envoltória correspondente a próxima faixa angular cujo limite superior seja maior que o valor de $170 \lambda/D$.

5.3.6 As envoltórias do ganho de Polarização Cruzada, para antenas operando em Polarização Circular na faixa de frequências compreendida entre 17 e 31 GHz, são dadas pelas relações detalhadas na Tabela 7 abaixo, com os critérios de tolerância do item 5.4.

Tabela 7

Envoltória do Ganho para a Polarização Cruzada, (expresso em dBi), para antenas operando em frequências entre 17 e 31 GHz, em Polarização Circular			
Faixa de ângulos θ (graus)	Diâmetro da Abertura da Antena expresso em D/λ		
	$D/\lambda \leq 54$	$54 < D/\lambda \leq 120$	$120 < D/\lambda$
de 0 a $10,95 \lambda/D$	17,7 dB abaixo do ganho da antena	24 dB abaixo do ganho da antena	27 dB abaixo do ganho da antena
de $10,95 \lambda/D$ a $89,44 \lambda/D$	17,7 dB abaixo do ganho da antena	20 dB abaixo do ganho da antena	22 dB abaixo do ganho da antena
de $89,44 \lambda/D$ a $170 \lambda/D$	$23 - 20 \log (170 \lambda/D)$		
de $170 \lambda/D$ a 7	$23 - 20 \log (\theta)$		
de 7 a 26,3	$20,2 - 16,7 \log (\theta)$		
de 26,3 a 48	$32 - 25 \log (\theta)$		
de 48 a 180	-10		

Obs.: Quando o valor de $170 \lambda/D$ for maior que 7 graus, considerar a envoltória correspondente a próxima faixa angular cujo limite superior seja maior que o valor de $170 \lambda/D$.

5.4 Critérios de Tolerância para a Envoltória do Ganho

5.4.1 Para verificação de critérios de tolerância referentes à envoltória do diagrama de radiação entre θ_{\min} e θ_{\max} , será considerado no ângulo de análise o Ganho Médio, calculado da média aritmética dos valores de ganho dos diagramas de transmissão da antena nos diversos semi-planos de cada polarização ortogonal e para cada frequência. O Ganho Médio, expresso em dBi, na frequência f e polarização p , para um determinado ângulo θ , é obtido por:

$$Ganho_Médio_f(\theta) = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{\phi_i}^{N} Ganho_f(\theta, \phi) \right) \quad (dBi)$$

onde :

N : é o número de semiplanos ϕ do diagrama de radiação, considerados para o cálculo do Ganho Médio

5.4.1.1 Para um determinado ângulo θ , qualquer dos valores absolutos de ganho a serem considerados para o cálculo do Ganho Médio não poderá estar mais do que 1,5 dB acima do nível da envoltória do diagrama de radiação, para aquele mesmo ângulo.

5.4.2 Para verificação dos critérios de tolerância para a envoltória do diagrama de radiação para ângulos superiores a θ_{\min} , serão considerados os valores de ganho dos diagramas de transmissão da antena em cada semi-plano de cada polarização ortogonal e para cada frequência.

5.4.3 As tolerâncias para as envoltórias do ganho em Polarização Co-polar, para antenas operando em frequências menores ou iguais a 8,4 GHz, são dadas pelas relações detalhadas na Tabela 8 abaixo.

Tabela 8

Tolerâncias para a Envoltória do Ganho para a Polarização Co-polar , para antenas operando em frequências menores ou iguais a 8,4 GHz			
Janela angular θ (graus)	Diâmetro da Abertura da Antena (D)		
	$D \leq 2,4$ m	$2,4\text{m} < D \leq 3,6\text{m}$	$3,6$ m < D
de θ_{\min} a $130 \lambda/D$	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio	12 dB abaixo do ganho da antena
de $130 \lambda/D$ a $170 \lambda/D$	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio	12 dB abaixo do ganho da antena
de $170 \lambda/D$ a θ_{ini}	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio		Permitido que lóbulos laterais excedam a envoltória especificada, desde que o excesso não ocorra em mais de 15 % da janela angular, e não mais do que 1 dB
de θ_{ini} a 20 graus	Permitido que lóbulos laterais excedam a envoltória especificada, desde que o excesso não ocorra em mais de 15 % da janela angular, e não mais do que 3 dB		
de 20 a 180 graus, fora das regiões de transbordamento e cáustica	Permitido que lóbulos laterais excedam a envoltória especificada, desde que o excesso não ocorra em mais de 15 % da janela angular, e não mais do que 6dB		
de 70 a 180 graus, nas regiões de transbordamento e cáustica	O ganho da antena poderá ter valores de até 3 dBi, em janelas angulares inferiores a 40 graus. Essa tolerância se aplica somente a antenas refletoras de abertura.		

Obs.:

- Quando o valor de θ_{ini} for maior que 7 graus, considerar a envoltória correspondente à próxima faixa angular, cujo limite superior seja maior que o valor de $170 \lambda/D$.
- Ganho Médio definido conforme 5.4.1

5.4.4 As tolerâncias para as envoltórias do ganho em Polarização Co-polar, para antenas operando na faixa de frequências compreendida entre 8,4 e 17 GHz, são dadas pelas relações detalhadas na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9

Tolerâncias para a Envolvória do Ganho para a Polarização Co-polar , para antenas operando em frequências entre 8,4 e 17 GHz			
Janela angular θ (graus)	Diâmetro da Abertura da Antena (D)		
	$D \leq 2,4$ m	$2,4\text{m} < D \leq 3,6\text{m}$	$3,6$ m < D
de θ_{\min} a $130 \lambda/D$	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio	12 dB abaixo do ganho da antena
de $130 \lambda/D$ a $170 \lambda/D$	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio	12 dB abaixo do ganho da antena
de $170 \lambda/D$ a θ_{ini}	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio		
de θ_{ini} a 20 graus	Permitido que lóbulos laterais excedam a envoltória especificada, desde que o excesso não ocorra em mais de 15 % da janela angular, e não mais do que 3 dB		
de 20 a 180 graus, fora das regiões de transbordamento e cáustica	Permitido que lóbulos laterais excedam a envoltória especificada, desde que o excesso não ocorra em mais de 15 % da janela angular, e não mais do que 6dB		
de 70 a 180 graus, nas regiões de transbordamento e cáustica	O ganho da antena poderá ter valores de até 3 dBi, em janelas angulares inferiores a 40 graus. Essa tolerância se aplica somente a antenas refletoras de abertura.		

Obs.:

- Quando o valor de θ_{ini} for maior que 7 graus, considerar a envoltória correspondente à próxima faixa angular, cujo limite superior seja maior que o valor de $170 \lambda/D$.
- Ganho Médio definido conforme 5.4.1

5.4.5 As tolerâncias para as envoltórias do ganho em Polarização Co-polar, para antenas operando nas faixas de frequências compreendidas entre 17 e 31 GHz, são dadas pelas relações detalhadas na Tabela 10.

Tabela 10

Tolerâncias para a Envolvória do Ganho para a Polarização Co-polar , para antenas operando em frequências entre 17 e 31 GHz			
Janela angular θ (graus)	Diâmetro da Abertura da Antena (D)		
	$D/\lambda \leq 80$	$80 < D/\lambda \leq 140$	$140 < D/\lambda$
de θ_{\min} a $130 \lambda/D$	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio	12 dB abaixo do ganho da antena
de $130 \lambda/D$ a $170 \lambda/D$	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio	12 dB abaixo do ganho da antena
de $170 \lambda/D$ a θ_{ini}	Sem tolerância para o valor de Ganho Médio		
de θ_{ini} a 7 graus	Permitido que lóbulos laterais excedam a envoltória especificada, desde que o excesso não ocorra em mais de 15% da janela angular, e não mais do que 3 dB		
de 7 a 20 graus	Permitido que lóbulos laterais excedam a envoltória especificada não mais do que 3 dB		
de 20 a 180 graus, fora das regiões de transbordamento e cáustica	Permitido que lóbulos laterais excedam a envoltória especificada, desde que o excesso não ocorra em mais de 15 % da janela angular, e não mais do que 6dB		
de 70 a 180 graus, nas regiões de transbordamento e cáustica	O ganho da antena poderá ter valores de até 3 dBi, em janelas angulares inferiores a 40 graus. Essa tolerância se aplica somente a antenas refletoras de abertura.		

Obs.:

- Quando o valor de θ_{ini} for maior que 7 graus, considerar a envoltória correspondente à próxima faixa angular, cujo limite superior seja maior que o valor de $170 \lambda/D$.
- Ganho Médio definido conforme 5.4.1

5.4.6 As tolerâncias para as envoltórias do ganho em Polarização Cruzada são aplicáveis para as faixas angulares entre θ_{ini} e 180 graus, para antenas operando em frequências menores ou iguais a 31 GHz, e são dadas pelas relações detalhadas nos itens 5.4.3, 5.4.4 e 5.4.5.

5.5 Polarização

As antenas deverão radiar em polarização linear ou em polarização circular, com polarização simples ou dupla, respeitando a regulamentação sobre condições de uso de radiofrequências especificada no Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências, aprovado pela Anatel.

6. Características Mecânicas

6.1 Resistência ao Vento

A antena deverá suportar ventos de sobrevivência com velocidade não inferior a 180 km/h e ventos operacionais com velocidade não inferior a 70 km/h. Os valores nominais das velocidades dos ventos de sobrevivência e operacional deverão ser informados pelo fabricante.

7. Certificação e Homologação

7.1 Para certificação e homologação, as características elétricas descritas no item 5 deverão ser submetidas aos ensaios descritos no anexo I e o fabricante deverá fornecer uma declaração de conformidade referente às características mecânicas descritas no item 6.

7.1.1 No caso de uma família de antenas, o modelo de menor ganho deverá ser submetido aos ensaios descritos no Anexo I, para avaliação da conformidade. Para os demais modelos deverá ser fornecida, pelo fabricante, uma declaração de conformidade relativa aos requisitos dos itens 5 e 6 da presente norma, anexando-se as especificações das características elétricas e mecânicas. Para cada modelo pertencente à família, devem ser fornecidos os arquivos de diagramas de radiação conforme detalhe apresentado no Anexo II..

7.1.2 A certificação e homologação do modelo de menor ganho abrangerá a certificação e a homologação dos demais modelos constitutivos de uma mesma família.

7.2 Os diagramas de radiação deverão ser fornecidos em arquivo eletrônico no formato descrito no Anexo II e enviados à Anatel quando da homologação da antena para serem utilizados, pela Anatel, na coordenação das estações terrenas.

8. Identificação da Homologação

As antenas deverão portar o selo Anatel de identificação legível, incluindo a logomarca Anatel, o número da homologação e a identificação da homologação por código de barras, conforme modelo e instruções descritas no art. 39 e Anexo III do Regulamento para Certificação e Homologação de Produtos para Telecomunicações, anexo à Resolução nº 242, de 30.11.2000, ou outra que venha substituí-la.

9. Disposições Finais e Transitórias

9.1 Esta Norma aplicar-se-à também às antenas estabilizadas utilizadas em estações terrenas transmitindo para satélites geoestacionários e àquelas utilizadas em estações de rastreo, telemetria, controle, monitoração e de acesso transmitindo para satélites não geoestacionários, salvo em situações excepcionais justificadamente demonstradas, sendo objeto de análise da Agência.

9.2 Os Terminais de Telecomunicações que estejam equipados com antenas de ganho abaixo de 25dBi deverão atender os requisitos das Normas de certificação e dos serviços a que se destinam, emitidas pela Anatel.

ANEXO I

MÉTODOS DE ENSAIO PARA A AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DE ANTENAS PARA ESTAÇÕES TERRENAS

I.1 Condições Gerais de Ensaio

I.1.1 Os métodos de ensaio para a avaliação da conformidade apresentados neste anexo são típicos e, dependendo do ensaio, obrigatórios ou recomendados. Os métodos de ensaio devem estar aderentes aos procedimentos da IEEE STD 149-1979 – *IEEE Standard Test Procedures for Antennas*. Métodos alternativos podem ser utilizados mediante acordo entre o Solicitante da certificação, o Laboratório de Ensaios e o Organismo de Certificação Designado. A descrição e a justificativa do método alternativo acordado devem constar do Relatório de Ensaio.

I.1.2 O exemplar da antena a ser apresentado para avaliação da conformidade deve ser representativo dos modelos em produção.

I.1.3 Do relatório de ensaio deverão constar uma descrição dos procedimentos de teste, uma relação dos equipamentos e dispositivos utilizados, e uma estimativa de erro de cada medida.

I.2 Ganho

I.2.1 Objetivo

Determinar o ganho da antena.

I.2.2 Métodos de medição

I.2.2.1 Os ensaios deverão ser realizados nas frequências inferior, central e superior de cada faixa de frequências de operação de transmissão, respeitando-se as limitações no caso da medição estar sendo realizada com os métodos iii), iv) e v).

I.2.2.2 O método de medição a ser utilizado na medida do ganho, deverá ser o do item i) abaixo. Em caso de impossibilidade de se utilizar este método, os métodos ii), iii), iv) e v) poderão ser utilizados, nesta ordem de prioridade, desde que adequadamente justificado:

i) Por integração do diagrama de radiação: Neste método a diretividade da antena é determinada pela integração numérica do diagrama de radiação, e deste valor é subtraída a respectiva perda de inserção da antena, para a correta determinação do seu ganho.

ii) método comparativo: Também chamado de “método de transferência de ganho”, em que o sinal recebido pela antena sob teste é comparado com o sinal recebido por uma antena padrão com ganho conhecido.

iii) Método comparativo de ganho de transmissão via satélite: Neste método se transmite uma portadora através da antena em teste, e, adicionalmente, uma segunda portadora de frequência ligeiramente diferente é também transmitida através de uma antena de referência de ganho conhecido. Uma vez ajustado o nível da segunda portadora para que ambas portadoras estejam presentes com a mesma intensidade na porta de recepção da antena de referência, o ganho é

determinado pela diferença de EIRP de subida da antena de referência e da antena sob teste, levando-se ainda em conta os parâmetros sistêmicos dos enlaces em questão.

iv) Por comparação com utilização de fontes de rádio estelares.

v) Por análise da largura de feixe de 3 dB e de 10 dB.

Este método só poderá ser utilizado na impossibilidade, devidamente comprovada, do emprego dos métodos indicados nos itens i, ii, iii.

Neste caso, o ganho é calculado através das equações abaixo:

$$G(dBi) = Do(dBi) - PI$$

$$Do(dBi) = 10 \times \text{Log}_{10} \left(\frac{(MFT + MFD)}{2} \right)$$

com :

$$MFT = \frac{31000}{(FTH \times FTE)}$$

$$MFD = \frac{91000}{(FDH \times FDE)}$$

Onde:

PI = Perda de Inserção do sistema alimentador

FTH - feixe de 3 dB, em graus, no plano H

FTE - feixe de 3 dB, em graus, no plano E

FDH - feixe de 10 dB, em graus, no plano H

FDE - feixe de 10 dB, em graus, no plano E

I.3 Diagramas de Radiação

I.3.1 Objetivo

Determinar os diagramas de radiação para polarização co-polar e polarização cruzada.

I.3.2 Métodos de Medição:

Os seguintes métodos de medição poderão ser utilizados na medida do diagrama de radiação:

- i) Em Campo Elevado ou “Slant”, em condição de campo distante; (recomenda-se que o campo elevado apresente flutuação-“ripple” – máximo de sinal de +/-0,5 dB na abertura de teste e polarização cruzada melhor que 30dB).
- ii) Em Campo Elevado ou “Slant”, com técnica de desfocalização; (recomenda-se que o campo elevado apresente flutuação -“ripple” – máximo de sinal de +/-0,5 dB na abertura de teste e polarização cruzada melhor que 30dB).
- iii) Em sistemas de focalização compactos do tipo “Compact Range”, com uso de refletores múltiplos ou refletor simples; (recomenda-se sistemas compactos com flutuação - “ripple” – máximo de sinal de +/-0,25 dB na abertura de teste e polarização cruzada melhor que 40dB).

- iv) Em Sistemas de Extrapolação de Campo Próximo, do tipo esférico - “Spherical Near-Field”; (recomenda-se o emprego de sistemas de extrapolação com precisão de +/- 3 dB para níveis de lóbulos secundários de -50dB e polarização cruzada melhor que 35dB).
- v) No caso de impossibilidade, devidamente comprovada, do emprego dos métodos de medidas relacionados nos itens i, ii, iii e iv, (por exemplo, no caso de antenas de grandes dimensões), a medida do diagrama poderá ser realizada em campo, utilizando satélite, com o auxílio dos seus próprios recursos de movimentação da antena. Nesta situação, o diagrama de radiação será registrado realizando as excursões de movimento de posicionamento angular de, no mínimo, ± 10 graus elétricos, nas polarizações disponíveis, assim como nas excursões de potência e frequências disponíveis. Os executores dos ensaios devem tomar as medidas necessárias para que não ocorram interferências intersistêmicas.

I.3.3 Procedimentos de teste de Diagramas de Radiação.

- i) Deverão ser registrados os diagramas de radiação nas frequências inferior, central e superior de cada faixa de frequências de operação de transmissão.
- ii) Para antenas que apresentem refletores com simetria de revolução ou simetria entre quadrantes, deverão ser registrados os diagramas de radiação no plano de azimute, ($\phi=0$ e 180 graus; $\theta = 0$ a 180 graus). No caso de antenas com refletores que não apresentem simetria de revolução, (antenas off-set por exemplo), deverão ser também caracterizados os diagramas no plano de elevação ($\phi=90$ e 270 graus; $\theta = 0$ a 180 graus).
- iii) Para o caso estabelecido em I.3.2.v, deverão ser registrados os diagramas de radiação em dois planos ortogonais. Neste caso, o fabricante também deverá apresentar os diagramas de radiação teóricos completos.

I.3.3.1 Para antenas com polarização linear:

- i) Para cada situação descrita no item I.3.3.i e I.3.3.ii, deverão ser registrados os diagramas nas polarizações Vertical e Horizontal.
- ii) Para antenas simétricas, com refletores que apresentem simetria de revolução ou simetria entre quadrantes, adicionalmente aos diagramas nas polarizações Vertical e Horizontal do item I.3.3.1.ii, deverá ser registrado o diagrama de radiação para a polarização a 45 graus.
- iii) Para o caso estabelecido em I.3.2.v, as recomendações I.3.3.i, I.3.3.1.i e I.3.3.1.ii ficam restritas às excursões de movimento de posicionamento angular de, no mínimo, ± 10 graus elétricos, nas polarizações disponíveis, assim como às excursões de sinal e frequência disponíveis.

I.3.3.2 Para antenas com polarização circular, quatro métodos de medidas poderão ser utilizados, seguindo-se, preferencialmente, a ordem de prioridade abaixo:

- i) Registrar os diagramas de radiação com a antena sob teste em polarização linear, conforme item I.3.3.1. Em complemento, para a determinação do nível de polarização cruzada em polarização circular, deverá ser realizada a medida de razão axial do sistema alimentador isoladamente, com este alimentador configurado para polarização circular, sendo a medida realizada na direção do eixo de apontamento do respectivo alimentador. Recomenda-se que esta medida de razão axial seja realizada em câmara anecóica, com o alimentador sob teste estático, de acordo com o procedimento descrito em I.3.3.2.ii, neste caso podendo-se ou não realizar a medida em varredura de frequência.
- ii) Registrar os diagramas de radiação com a utilização de uma antena transmissora rotatória, com polarização linear, com velocidade de rotação muito maior que a velocidade de rotação do posicionador da antena sob teste. O diagrama de radiação resultante apresentará duas envoltórias, correspondentes a uma sequência de máximos e mínimos, com frequência igual a da rotação da antena transmissora. A diferença entre os valores das envoltórias, para um dado ângulo de radiação, fornece a relação axial para aquele ângulo de radiação. Os envelopes dos diagramas e os valores de relação axial deverão ser convertidos em diagramas em polarização co-polar e em polarização cruzada.
- iii) Registrar os diagramas de radiação com utilização de uma antena transmissora com polarização circular, com sentido de rotação idêntico ao da antena sob teste, para medida do diagrama co-polar, e com sentido de rotação oposto, para medida do diagrama em polarização cruzada.
- iv) Obter os diagramas de radiação a partir da medida de diagramas de amplitude e fase para sinais transmitidos por duas polarizações ortogonais de uma antena com polarização linear, realizados conforme item I.3.3.1. Os valores de módulo e fase dos sinais obtidos durante a medida deverão ser convertidos para valores de amplitude em polarização co-polar e cruzada;
- v) Para o caso estabelecido em I.3.2.v, as recomendações I.3.3.i, I.3.3.2.i , ii , iii e iv ficam restritas às excursões de movimento de posicionamento angular de, no mínimo, ± 10 graus elétricos, nas polarizações disponíveis, assim como às excursões de sinal e frequência disponíveis.

I.3.4 Arquivo eletrônico

Os diagramas de radiação deverão ser fornecidos em arquivo eletrônico no formato descrito no anexo II.

I.4 Perda de Retorno

I.4.1 Objetivo

Determinar a perda de retorno, em função da frequência, na porta de entrada da antena.

I.4.2 Métodos de Medidas

Dois métodos de medida poderão ser utilizados na medida da perda de retorno:

- i) Por refletometria, em varredura, com utilização de analisador de redes escalar e acoplador direcional ou junção tipo “T” de alta diretividade; (recomenda-se que a diretividade do sistema de medida se apresente, no mínimo, 20dB melhor do que a perda de retorno especificada a ser caracterizada).
- ii) Por refletometria, em varredura, com utilização de analisador de redes vetorial; (recomenda-se que a diretividade do sistema de medida se apresente 20dB melhor do que a perda de retorno especificada a ser caracterizada).

I.4.3 Procedimentos de teste de perda por retorno.

- i) Quando possível destacar o alimentador primário da antena, a medida poderá ser realizada no alimentador da antena isoladamente, sem necessidade de estar integrado ao seu sistema de refletores.
 - a. No caso de antenas do tipo “on-axis”, equipada com múltiplos refletores, (por exemplo, com ótica Cassegrain, Gregoriana ou “ADE/Ring-Focus”), que a medida de perda de retorno seja realizada no subconjunto alimentador mais subrefletor, com o subrefletor posicionado em relação a abertura do alimentador de maneira idêntica à encontrada quando de sua instalação na antena completa.
- ii) Quando da existência de várias opções de alimentadores para a mesma antena, supondo-se a existência de um único modelo de corneta radiante para a família de alimentadores, o fabricante deverá selecionar uma das opções para verificação de conformidade e declarar o desempenho das demais versões não ensaiadas.

I.5 Perda de Inserção do sistema alimentador.

I.5.1 Objetivos

Determinar a perda de inserção do alimentador, em função da frequência, na porta de entrada da antena.

Este parâmetro deverá ser considerado apenas no caso da utilização do método de determinação de Ganho descrito em I.2.2.i

A perda de inserção do alimentador deve ser determinada a partir da soma de suas componentes de perdas; ou seja, levando-se em conta a componente devido a perdas ôhmicas e a componente devido a perda de retorno conforme abaixo:

I.5.2 Métodos de Medidas

Cinco métodos poderão ser utilizados para se determinar a perda ôhmica do alimentador:

- i) Por refletometria em varredura, medindo-se a perda de retorno com a abertura do alimentador em curto-circuito, com utilização de analisador de redes escalar e acopladores direcionais de alta diretividade; (recomenda-se que o descasamento da porta de teste do sistema de medida seja melhor que 26dB). O valor da perda de inserção é o valor médio da perda de retorno, dividido por 2.
- ii) Por refletometria em varredura, medindo-se a perda de retorno com a abertura do alimentador em curto-circuito, com utilização de analisador de redes vetorial automático; (recomenda-se que o descasamento equivalente da porta de teste do sistema de medida seja melhor que 26dB). O valor da perda de inserção é o valor médio da perda de retorno, dividido por 2.
- iii) Por medida indireta da Perda Ôhmica do alimentador através da sua temperatura equivalente de ruído.
- iv) Por método de cavidade, através de refletometria, com a abertura do alimentador em curto-circuito, com utilização de analisador de redes escalar ou vetorial.
- v) Na indisponibilidade ou impossibilidade do emprego de qualquer dos métodos indicados nos itens i, ii, iii e iv acima, o fabricante deverá informar através de declaração a perda ôhmica do alimentador.

I.5.3 Recomendações sobre os procedimentos de teste de perda de inserção do sistema alimentador.

- i) A medida poderá ser realizada no alimentador da antena isoladamente, sem necessidade de estar integrado ao seu sistema de refletores.
- ii) No caso de impossibilidade ou indisponibilidade de recursos para se realizar curto-circuito efetivo na abertura radiante do alimentador para aplicação dos métodos listados nos itens I.5.2.i , I.5.2.ii e I.5.2.iv, poderá ser realizado o curto-circuito na flange do guia de onda cilíndrico da cadeia alimentadora, imediatamente anterior à corneta radiante. Nesta situação, será arbitrado para a corneta radiante uma perda de inserção de 0,03dB, que deverá ser adicionado ao valor de perda de inserção medido.
- iii) Quando da existência de várias opções de alimentadores para a mesma antena, supondo-se a existência de um único modelo de corneta radiante para a família de alimentadores, o fabricante deverá selecionar uma das opções para verificação de conformidade e informar o desempenho das demais versões não ensaiadas.

ANEXO II

FORMATO PADRÃO DE ARQUIVOS PARA ARMAZENAMENTO ELETRÔNICO DE DIAGRAMAS DE RADIAÇÃO DE ANTENAS DE ESTAÇÕES TERRENAS

II.1 Objetivo

Este anexo descreve o padrão adotado pela Anatel para transferência e armazenamento de diagramas de radiação de antenas de estações terrenas.

II.2 Arquivo

II.2.1 Estrutura Geral

O arquivo para armazenamento eletrônico de diagramas de radiação de antenas de estações terrenas deve estar estruturado na forma de blocos e conter os valores de ganho, em dBi, em polarização co-polar e em polarização cruzada, conforme estrutura abaixo:

<i>1 Título</i>	}	<i>cabeçalho</i>
<i>2 Comentários</i>		
<i>3 Comentários</i>		
<i>4 Identificação de arquivo (id, pol, orient, freq)</i>		
<i>5 Número de blocos do arquivo (nb)</i>		
<i>linha de controle do bloco 1 (ϕ_k)</i>		
n_1	m_1	}
θ_1	A_{Co1}	
	F_{Co1}	
	A_{Xo1}	
	F_{Co1}	
.....	
.....	
θ_n	A_{Con}	
	F_{Con}	
	A_{Xon}	
	F_{com}	
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		

Para antenas “off-set” com polarização linear, deverão ser apresentados arquivos, correspondendo a ambos os alinhamentos de alimentador descritos no item I.3.4.

II.2.1.1 Cabeçalho

O cabeçalho deverá conter 4 (quatro) linhas seguindo o formato abaixo descrito:

- i) a linha 1, denominada Linha de Título, deverá conter o número máximo de 52 caracteres;
- ii) a linha 2, denominada Linha de Comentário 1, deverá conter o nome do fabricante, modelo e código de certificação/homologação da Antena. A Linha de Comentário 1 deverá conter o número máximo de 80 caracteres;
- iii) a linha 3, denominada Linha de Comentário 2, deverá conter o nome do laboratório gerador do diagrama e o nome do arquivo;
- iv) a linha 4, denominada identificação do arquivo, será composta de 4 campos (*id*, *pol*, *orient* e *freq*) cada qual descrevendo um aspecto de radiação da antena, onde:

- *id*, identificação do arquivo, no caso deve ser sempre igual a 200;
- *pol*, polarização da antena, deve assumir os valores 1 (linear) ou 2 (circular/elíptica);
- *orient*:
 - caso *pol* = 1, “orient” deve indicar o semi-plano ϕ que contém a componente principal do campo elétrico, (0° para polarização horizontal e 90° para polarização vertical);
 - caso *pol* = 2, “orient” deve ser 1 para polarização circular/elíptica *esquerda*, ou 2 (para polarização circular/elíptica *direita*);
 - para casos indeterminados utilizar *pol* = 0 e *orient* = 0.
- *freq*, frequência em GHz.

II.2.1.2 Número de blocos do arquivo (*nb*)

O número de blocos do arquivo (*nb*) deve ser informado na linha 5 do arquivo.

Adotar $nb = 8$, caso as medidas tenham sido efetuadas em quatro planos. Os arquivos digitalizados deverão conter os semi-planos $\phi_K = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ$ e 315° .

Adotar $nb = 4$, caso as medidas tenham sido efetuadas em apenas dois planos. Os arquivos digitalizados deverão conter os semi-planos $\phi_K = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ e 270° .

II.2.1.3 Blocos

Após a linha 5 deve ser inserida a sequência de blocos de dados com as principais funções e parâmetros associados. Cada bloco deve conter as informações abaixo:

- i) a linha 1 de cada bloco, denominada Linha de Controle do Bloco (ϕ_K), deve conter o ângulo de corte em graus no plano ϕ , a que se refere o bloco, (fazer $\phi = 90$ coincidir com o corte de elevação superior, quando esta condição não estiver satisfeita, indicar a posição do plano de elevação superior em comentários). Varia de 0 a 360° ;
- ii) a linha 2 de cada bloco será composta de 2 campos (*n* e *m*), onde:

- *n* = número de linhas do bloco, i.e., número de θ_i discretizados. O número de linhas por bloco deve ser igual a 361. Para θ_i entre 0° a 20° devem ser discretizados todos os pontos de $0,1^\circ$ a $0,1^\circ$, totalizando uma quantidade de 201 linhas. Para θ_i entre 21° a 180° devem ser discretizados todos os pontos de 1° a 1° , totalizando uma quantidade de 160 linhas. Os blocos devem conter necessariamente o mesmo número de linhas;
- *m* = número de colunas do bloco.

- iii) após a linha 2 cada bloco deverá conter as seguintes informações:

- θ_i , direção angular (em graus) relativa ao eixo da antena. Varia de 0° a 180° , para cada semi-plano do corte ϕ_K , sendo que $\theta_i = 0^\circ$;
- A_{Coi} , ganho, em dBi, em polarização co-polar, na direção angular θ_i em cada bloco ou semi-plano ϕ_K correspondente;
- F_{Coi} , deverá ser preenchido com 0 (zero);
- A_{XI} , ganho, em dBi, em polarização cruzada, na direção angular θ_i em cada bloco ou semi-plano ϕ_K correspondente.

II.2.2 Formato de Apresentação do Arquivo

O arquivo de diagrama deve ser apresentado no formato XLS (EXCEL®), devendo ser montado no padrão acima descrito pela conversão automática a partir dos padrões de saída dos equipamentos de medidas de diagramas de radiação utilizados, respeitadas as devidas indicações de semi-planos de corte (ϕ), polarizações e frequências.

II.2.2.1 Planilha XLS com exemplo de diagrama (Tabela 1)

A tabela 1 ilustra um exemplo de diagrama de radiação digitalizado na forma de uma planilha xls.

Tabela 1 - Planilha XLS com exemplo de diagrama

Linha de Título								
Linha de comentário 1 (Ex: fab, descrição, modelo e certificado da Antena)								
Linha de comentário 2 (Ex: Descrição do diagrama)								
200	1	90	14,000					
8								
0								
361	5							
0	46,13	0	-6,918	0				
0,1	46,043	0	-12,164	0				
0,2	45,706	0	-3,26	0				
0,3	45,05	0	0,702	0				
0,4	44,043	0	2,31	0				
0,5	42,788	0	3,674	0				
0,6	40,924	0	4,64	0				
0,7	38,729	0	4,934	0				
...				
20,0	-12,659	0	-24,414	0				
21,0	-19,287	0	-29,358	0				
22,0	-21,584	0	-20,932	0				
23,0	-26,682	0	-27,771	0				
...				
178	-15,578	0	-30,023	0				
179	-12,591	0	-30,727	0				
180	-11,334	0	-44,894	0				
90								
361	5							
0	46,13	0	14,674	0				
0,1	46,09	0	-0,021	0				
0,2	45,835	0	11,134	0				
0,3	45,264	0	17,63	0				
0,4	44,37	0	20,814	0				
0,5	43,147	0	22,424	0				

0,6	41,531	0	23,156	0				
0,7	39,697	0	23,304	0				
...				
20,0	-25,831	0	-18,099	0				
21,0	-20,566	0	-26,991	0				
22,0	-20,999	0	-22,157	0				
23,0	-15,856	0	-20,032	0				
...				
178	-17,724	0	-27,573	0				
179	-15,612	0	-36,017	0				
180	-19,678	0	-28,109	0				
180								
361	5							
0	46,13	0	-6,918	0				
0,1	45,898	0	-0,961	0				
0,2	45,339	0	2,565	0				
0,3	44,48	0	4,597	0				
0,4	43,243	0	5,999	0				
0,5	41,584	0	6,952	0				
0,6	39,65	0	6,99	0				
0,7	37,062	0	6,867	0				
...				
20,0	-14,785	0	-22,112	0				
21,0	-13,598	0	-26,235	0				
22,0	-12,646	0	-22,278	0				
23,0	-13,24	0	-22,59	0				
...				
178	-14,152	0	-20,21	0				
179	-14,764	0	-29,583	0				
180	-10,918	0	-28,349	0				
270								
361	5							
0	46,13	0	14,674	0				
0,1	45,864	0	19,743	0				
0,2	45,315	0	22,436	0				
0,3	44,549	0	24,062	0				
0,4	43,461	0	24,903	0				
0,5	41,91	0	25,06	0				
0,6	40,173	0	24,755	0				
0,7	38,022	0	23,644	0				
...				
20,0	-13,388	0	-30,469	0				
21,0	-13,088	0	-29,111	0				
22,0	-11,779	0	-23,447	0				
23,0	-17,815	0	-23,035	0				
...				
178	-16,235	0	-28,011	0				
179	-11,951	0	-28,252	0				
180	-9,268	0	-21,585	0				

II.2.3 Sistemas de Coordenadas para Diagramas de Radiação

As figuras abaixo ilustram os semi-planos ϕ_K :

Figura 1 - Exemplo de antena refletora em sistema de coordenadas esféricas, conforme arquivo padrão

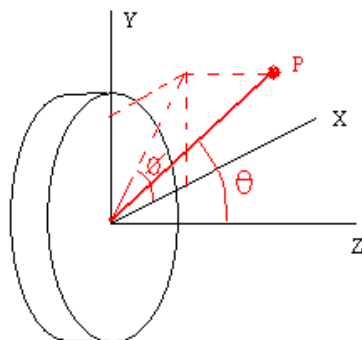


Figura 2 - Semi-plano Genérico ϕ_K

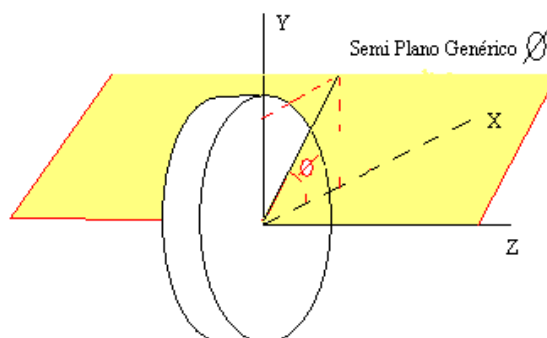


Figura 3 - Semi-plano $\phi_K = 0^\circ$

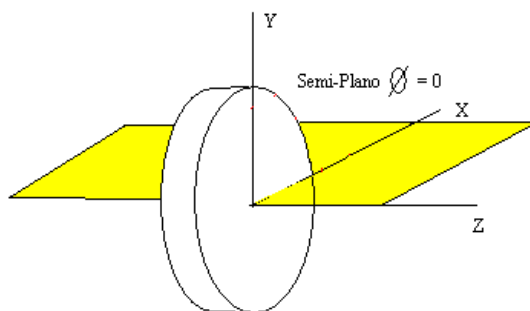


Figura 4 - Semi-plano $\phi_K = 90^\circ$

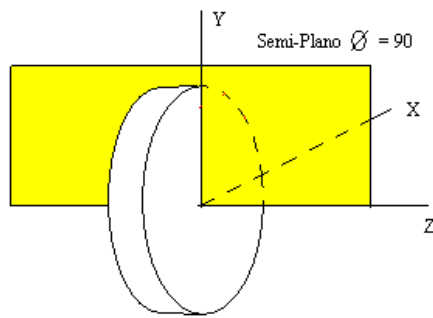


Figura 5 - Semi-plano $\phi_K = 180^\circ$

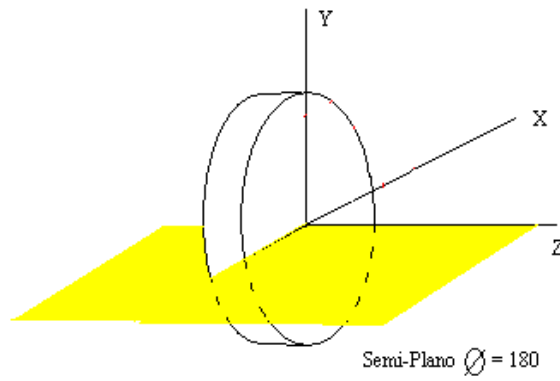


Figura 6 - Semi-plano $\phi_K = 270^\circ$

