

# MANUAL DE EXEMPLOS PARA LICENCIAMENTO DE ESTAÇÕES TERRENAS



## **Prefácio**

Este Manual foi escrito com o objetivo de prover alguns exemplos de cálculos para verificar o atendimento aos limites de densidade de e.i.r.p. previstos na Norma das Condições de Operação de Satélites Geoestacionários em Banda Ku com Cobertura sobre o Território Brasileiro (Norma de 2 graus da Banda Ku), na Norma das Condições de Operação de Satélites Geoestacionários em Banda Ka com Cobertura sobre o Território Brasileiro (Norma de 2 graus da Banda Ka) e na Norma para Licenciamento de Estações Terrenas, bem como de auxiliar no cadastramento das informações referentes às estações terrenas para fins de licenciamento. Para tanto, é detalhado o significado dos campos do sistema informatizado para cadastramento, com o propósito de dirimir dúvidas e facilitar o preenchimento desses campos.

Além disso, este Manual apresenta os critérios para formação da designação de emissão, em conformidade com o Apêndice 1 do Regulamento de Radiocomunicações da União Internacional de Telecomunicações – UIT.



## Índice

I.	Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos.....	1
II.	Cálculos para Verificar o Atendimento à Norma de 2 Graus da Banda Ku, à Norma de 2 Graus da Banda Ka e à Norma de Licenciamento de Estações Terrenas .....	5
II. 1.	No Enlace de Subida.....	5
III.	Verificação de Consistência dos Dados Informados .....	30
IV.	Transmissão de Multiportadoras .....	33
V.	Formação da Designação de Emissão.....	36
V. 1.	Largura de faixa necessária .....	36
V. 2.	Classe de emissão .....	38
VI.	Significado dos Campos Existentes no Sistema de Cadastramento de Estações Terrenas do STEL.....	47
VI.1.	Tela “Características da Estação Terrena”.....	47
VI.2.	Tela “Designação Emissão” .....	47
VI.3.	Tela “Frequência Estações Terrenas” .....	52
Anexo 1	.....	57
Anexo 2	.....	59



## I. Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos

Para calcular a Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos, devemos utilizar a seguinte expressão<sup>1</sup>:

$$B_{tx\_s} = \frac{T_{informação}}{FEC \times Código Concatenado \times Nbps}$$

Onde,

$B_{tx\_s}$ :  $B_{Taxa\ transmissão\ de\ símbolos}$  = Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos, em Hertz;

$T_{informação}$ : Taxa de bits (rb) = Taxa em bits por segundo equivalente à informação a ser transmitida, englobando o *overhead* aplicável;

FEC: *Forward Error Correction* = Taxa do código corretor de erro (valor adimensional);

---

<sup>1</sup> É importante ressaltar que o cálculo da Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos não engloba o fator de *roll off*. O fator de *roll off* é utilizado para o cálculo das bandas ocupada e alocada das portadoras e não tem nenhuma relação com a Norma de 2 graus da banda Ku aprovada pela Resolução nº 288, de 21 de janeiro de 2002, com a Norma de 2 graus da banda Ka aprovada pela Resolução nº 599, de 30 de outubro de 2012 e com a Norma de Licenciamento de Estações Terrenas aprovada pela Resolução nº 593, de 27 de junho de 2012.

**Nbps:** Para as modulações convencionais (BPSK, QPSK, 8-PSK, 16-QAM, 16-APSK e 32-APSK) é o número de bits por símbolo (valor adimensional). Para as modulações não convencionais, ele será um número encontrado por comparação do espectro gerado por essa modulação com o espectro de uma modulação convencional conhecida referente à Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos.

Exemplos:

$N_{bps} = 1$  para a modulação BPSK

$N_{bps} = 2$  para as modulações QPSK e OQPSK

$N_{bps} = 3$  para a modulação 8-PSK

$N_{bps} = 4$  para a modulação 16-QAM e 16-APSK

$N_{bps} = 5$  para a modulação 32-APSK

$N_{bps_{equivalente}} = 1,33$  para as modulações MSK e GMSK

**Código Concatenado:** Taxa do código corretor de erro concatenado (valor adimensional). Os códigos concatenados mais usuais são o *Reed Solomon* e o *Turbo Code*. No caso do *Reed Solomon* os códigos são independentes e, portanto, temos acesso às taxas do FEC e do código concatenado isoladamente. No caso do *Turbo Code*, os códigos não são independentes e, portanto, a

taxa do código concatenado já está englobada na taxa do FEC, devendo-se assumir, neste caso, *código concatenado* igual a 1;

Caso seja utilizada uma emissão DVB-S2, a Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos seria dada pela seguinte expressão:

$$B_{tx\_S} = \frac{T_{informação}}{Eficiência \cdot Espectral}$$

Onde a Eficiência Espectral<sup>2</sup> é um valor típico obtido a partir do tipo de modulação e o FEC.

Exemplo de cálculo da Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos:

$$T_{informação} = 48,4 \text{ Mbps}$$

$$FEC = \frac{3}{4} = 0,75$$

$$\text{Código Concatenado} = 188/204 = 0,92157 \text{ (Reed Solomon)}$$

$$\text{Modulação QPSK} \rightarrow N_{bps} = 2$$

$$B_{tx\_S} = \frac{48.400.000}{0,75 \times 0,92157 \times 2} = 35.012.765 \text{ Hz} = 35.012,765 \text{ kHz}$$

---

<sup>2</sup> A Eficiência Espectral é dada por FEC x Código Concatenado x Nbps. Dessa forma, o cálculo da Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos ( $B_{tx\_S}$ ) realizando-se a substituição, permanece a mesma. No entanto, para o caso de uma emissão DVB-S2, o FEC associado ao tipo de modulação é suficiente para o cálculo da Eficiência Espectral, não sendo possível realizar o cálculo FEC x Código Concatenado x Nbps para este caso.



Caso uma emissão DVB-S2 fosse utilizada:

$$T_{\text{informação}} = 48,4 \text{ Mbps}$$

$$\text{FEC} = \frac{3}{4} = 0,75$$

Modulação QPSK

$$\text{Eficiência Espectral} = 1,487473$$

$$B_{tx-s} = \frac{48.400.000}{1,487473} = 32.538.406 \text{ Hz} = 32.538,406 \text{ kHz}$$

A Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos é utilizada nos cálculos de densidade de e.i.r.p fora do eixo do enlace de subida e de densidade de e.i.r.p. do enlace descida, estabelecidos na Norma das Condições de Operação de Satélites Geoestacionários em Banda Ku com Cobertura sobre o Território Brasileiro (Norma de 2 graus da banda Ku), aprovada pela Resolução nº 288, de 21 de janeiro de 2002, na Norma das Condições de Operação de Satélites Geoestacionários em Banda Ka com Cobertura sobre o Território Brasileiro (Norma de 2 graus da banda Ka), aprovada pela Resolução nº 599, de 30 de outubro de 2012 e na Norma de Licenciamento de Estações Terrenas, aprovada pela Resolução nº 593, de 27 de junho de 2012.

## **II. Cálculos para Verificar o Atendimento à Norma de 2 Graus da Banda Ku, à Norma de 2 Graus da Banda Ka e à Norma de Licenciamento de Estações Terrenas**

### **II. 1. No Enlace de Subida**

a) No que concerne à banda Ku, o limite de densidade de e.i.r.p. fora do eixo no enlace de subida é dado pela expressão, conforme item 4.1.1, VII, da Norma de 2 graus da Banda Ku,

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\theta) = -19 - 25 \times \log_{10}(\theta) \text{ dBW/Hz}, \quad 2,17^\circ \leq \theta < 36^\circ$$

b) Para a banda Ka, o limite de densidade de e.i.r.p. fora do eixo no enlace de subida é dado pela expressão, conforme item 4.2.1, III, da Norma de 2 graus da Banda Ka,

b1) Quando se tratar de estação terrena de acesso:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\theta) = -35 - 25 \times \log_{10}(\theta) \text{ dBW/Hz}, \quad 2,17^\circ \leq \theta < 48^\circ$$

b2) Quando se tratar de estação terrena do usuário:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\theta) = -29 - 25 \times \log_{10}(\theta) \text{ dBW/Hz}, \quad 2,17^\circ \leq \theta < 48^\circ$$

c) Em relação à banda C, o limite de densidade de e.i.r.p. fora do eixo no enlace de subida, para uma antena não inferior a 1,8m é dado pela

expressão, conforme item 3.7, II, da Norma de Licenciamento de Estações Terrenas,

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\theta) = -16 - 25 \times \log_{10}(\theta) \text{ dBW/Hz}, \quad 2,17^\circ \leq \theta < 36^\circ$$

Onde  $\theta$  é o ângulo topocêntrico de separação entre os dois satélites. A separação geocêntrica de 1,9 graus corresponde a um ângulo topocêntrico de 2,17 graus<sup>3</sup>.

Portanto, para uma separação topocêntrica de 2,17 graus, o limite de densidade de e.i.r.p. fora do eixo do enlace de subida é:

- Para a Banda Ku:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(2,17) = -19 - 25 \times \log_{10}(2,17) = -27,4 \text{ dBW/Hz}$$

- Para a Banda Ka, quando se tratar de estação terrena de acesso:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(2,17) = -35 - 25 \times \log_{10}(2,17) = -43,4 \text{ dBW/Hz}$$

- Para a Banda Ka, quando se tratar de estação terrena do usuário:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(2,17) = -29 - 25 \times \log_{10}(2,17) = -37,41 \text{ dBW/Hz}$$

---

<sup>3</sup> No território brasileiro, o ângulo topocêntrico pode ser aproximado pelo valor do ângulo geocêntrico multiplicado pela constante 1,14.

- Para a banda C:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(2,17) = -16 - 25 \times \log_{10}(2,17) = -24,4 \text{ dBW/Hz}$$

Quando do licenciamento de uma estação terrena transmissora, o atendimento ao limite de densidade de e.i.r.p. fora do eixo estabelecido no item 4.1.1, VII, da Norma de 2 graus da Banda Ku, no item 4.2.1, III da Norma de 2 graus da Banda Ka, ou no item 3.7, II, da Norma de Licenciamento de Estações Terrenas, será verificado nos seguintes ângulos:  $\theta = \pm 2,1^\circ, \pm 2,2^\circ, \pm 3,3^\circ, \pm 4,4^\circ$  e  $\pm 4,5^\circ$  no(s) plano(s) medido(s) correspondente(s) à(s) polarização(ões) a ser(em) utilizada(s)<sup>4</sup>. Assim:

- Para a Banda Ku:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 2,1) = -19 - 25 \times \log_{10}(|\pm 2,1|) = -27,06 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 2,2) = -19 - 25 \times \log_{10}(|\pm 2,2|) = -27,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 3,3) = -19 - 25 \times \log_{10}(|\pm 3,3|) = -31,96 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 4,4) = -19 - 25 \times \log_{10}(|\pm 4,4|) = -35,09 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 4,5) = -19 - 25 \times \log_{10}(|\pm 4,5|) = -35,33 \text{ dBW/Hz}$$

---

<sup>4</sup> Em certos casos, o atendimento aos limites da norma poderá ser verificado no plano médio, utilizando-se a expressão:  $\bar{g}_f(\theta) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N g_n(\theta)$ , onde N é o número de planos e  $g_n(\theta)$  é o ganho nos planos correspondentes às polarizações a serem utilizadas. Esse cálculo será realizado pela Anatel.

- Para a Banda Ka, quando se tratar de estação terrena de acesso:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 2,1) = -35 - 25 \times \log_{10}(|\pm 2,1|) = -43,06 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 2,2) = -35 - 25 \times \log_{10}(|\pm 2,2|) = -43,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 3,3) = -35 - 25 \times \log_{10}(|\pm 3,3|) = -47,96 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 4,4) = -35 - 25 \times \log_{10}(|\pm 4,4|) = -51,09 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 4,5) = -35 - 25 \times \log_{10}(|\pm 4,5|) = -51,33 \text{ dBW/Hz}$$

- Para a Banda Ka, quando se tratar de estação terrena do usuário:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 2,1) = -29 - 25 \times \log_{10}(|\pm 2,1|) = -37,06 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 2,2) = -29 - 25 \times \log_{10}(|\pm 2,2|) = -37,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 3,3) = -29 - 25 \times \log_{10}(|\pm 3,3|) = -41,96 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 4,4) = -29 - 25 \times \log_{10}(|\pm 4,4|) = -45,09 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 4,5) = -29 - 25 \times \log_{10}(|\pm 4,5|) = -45,33 \text{ dBW/Hz}$$

- Para a banda C:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 2,1) = -16 - 25 \times \log_{10}(|\pm 2,1|) = -24,06 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 2,2) = -16 - 25 \times \log_{10}(|\pm 2,2|) = -24,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 3,3) = -16 - 25 \times \log_{10}(|\pm 3,3|) = -28,96 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 4,4) = -16 - 25 \times \log_{10}(|\pm 4,4|) = -32,09 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\pm 4,5) = -16 - 25 \times \log_{10}(|\pm 4,5|) = -32,33 \text{ dBW/Hz}$$

Para saber qual é o ganho da antena na direção  $\theta$ , geralmente é necessário conhecer o diagrama de radiação dessa antena<sup>5</sup>.

Nesse sentido, o item 4.1.1, V, da Norma de 2 graus da Banda Ku, determina que o ganho fora do eixo, na polarização principal das antenas das estações terrenas transmissoras, não deve exceder a seguinte envoltória:

$$G_{et}(\theta) = 29 - 25 \times \log_{10}(\theta) \text{ dBi}, \quad 2,17^\circ \leq \theta < 36^\circ$$

Similarmente, para a Banda Ka, o ganho da antena da estação terrena deve ser calculado utilizando a seguinte expressão, conforme item 4.2.1, II da Norma de 2 graus da banda Ka:

$$G_{et}(\theta) = 29 - 25 \times \log_{10}(\theta) \text{ dBi}, \quad 2,17^\circ \leq \theta < 48^\circ$$

Portanto, o ganho fora do eixo de uma antena que atende à Norma de 2 graus da banda Ku e à Norma de 2 graus da banda Ka, com  $\theta = \pm 2,1^\circ, \pm 2,2^\circ, \pm 3,3^\circ, \pm 4,4^\circ$  e  $\pm 4,5^\circ$  é:

$$G_{et}(\pm 2,1) = 29 - 25 \times \log_{10}(|\pm 2,1|) = 20,94 \text{ dBi}$$

---

<sup>5</sup> De acordo com a Norma para Certificação e Homologação de Antenas para Estações Terrenas Operando com Satélites Geoestacionários, aprovada pela Resolução nº 572, de 28 de setembro de 2011, para  $\theta$  entre  $0^\circ$  e  $20^\circ$ , são verificados todos os pontos discretizados com granularidade de  $0,1^\circ$ , totalizando uma quantidade de 201 pontos do diagrama de radiação. Dessa medição, serão obtidos os valores dos ganhos nos ângulos  $\pm 2,1^\circ, \pm 2,2^\circ, \pm 3,3^\circ, \pm 4,4^\circ$  e  $\pm 4,5^\circ$ .

$$G_{et}(\pm 2,2) = 29 - 25 \times \log_{10}(|\pm 2,2|) = 20,44 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(\pm 3,3) = 29 - 25 \times \log_{10}(|\pm 3,3|) = 16,04 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(\pm 4,4) = 29 - 25 \times \log_{10}(|\pm 4,4|) = 12,91 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(\pm 4,5) = 29 - 25 \times \log_{10}(|\pm 4,5|) = 12,67 \text{ dBi}$$

Caso o ganho da antena exceda essa envoltória para quaisquer desses ângulos  $\theta$  e considerando os diagramas traçados para os diversos planos considerados, a potência de operação da estação terrena deverá ser reduzida correspondentemente de modo a garantir o atendimento aos limites de densidade de e.i.r.p. fora do eixo estabelecidos para a Norma de 2 graus da Banda Ku e para a Norma de 2 graus da Banda Ka<sup>6</sup>.

Para calcular a densidade de e.i.r.p. fora do eixo para uma estação terrena transmissora, deve-se primeiramente obter o valor da maior potência de transmissão da estação por meio da expressão:

$$P_{(tx)} = 10 \times \log_{10}(\text{maior potência na saída do HPA, em Watts}) - L$$

Onde,

---

<sup>6</sup> No que concerne à banda C, não há um diagrama de radiação de referência para as antenas das estações terrenas, devendo ser atendida a apenas a envoltória de densidade de e.i.r.p. fora do eixo das antenas dessas estações.

$P_{(tx)}$ : maior potência transmitida, para uma dada emissão, pela estação terrena, em dBW;

L: perda devido à atenuação do sinal entre a saída do HPA e a entrada da antena da estação terrena.

Com o valor da potência de transmissão, pode-se então calcular a densidade de e.i.r.p. fora do eixo utilizando a seguinte expressão<sup>7</sup>:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\theta) = P_{(tx)} + G_{et}(\theta) - 10 \times \log_{10}(B_{tx_s}) \text{ dBW/Hz}$$

Onde,

$D_{e.i.r.p.(tx)}(\theta)$ : densidade de e.i.r.p. do enlace de subida da estação terrena transmissora, na direção dada pelo ângulo  $\theta$ , em dBW/Hz;

$P_{(tx)}$ : maior potência transmitida, para uma dada emissão, pela estação terrena, em dBW;

$G_{et}(\theta)$ : ganho da antena da estação terrena na direção dada pelo ângulo  $\theta$ , em dBi;

---

<sup>7</sup> No caso de licenciamento em bloco de estações terrenas, esse cálculo é efetuado para a estação terrena típica.



$B_{tx\_S}$ : Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos, em Hertz.

- Exemplo 1 - Banda Ku:

Considerando uma estação terrena transmissora utilizando uma antena de 96 cm de diâmetro, certificada pela Anatel, um amplificador de potência de 2 W e uma perda de 1 dB entre a saída do HPA e a entrada da antena, têm-se os seguintes valores de potência transmitida, em dBW, e de ganho da antena no plano de elevação, para uma polarização vertical, em dBi<sup>8</sup>:

$$P_{(tx)} = 10 \times \log_{10}(2W) - 1 \text{ dB}$$

$$P_{(tx)} = 2 \text{ dBW}$$

$$G_{et}(+2,1) = 14,822 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-2,1) = 13,336 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+2,2) = 11,467 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-2,2) = 15,930 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+3,3) = 14,684 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-3,3) = 8,048 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+4,4) = 2,340 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-4,4) = 2,628 \text{ dBi}$$

---

<sup>8</sup> Uma análise idêntica deverá ser feita para os demais planos e para as demais polarizações, caso existam.

$$G_{et}(+4,5) = 5,395 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-4,5) = 3,209 \text{ dBi}$$

Considerando ainda uma taxa de informação de 128 kbps, um FEC de 2/3, um código concatenado do tipo *Turbo Code* e uma modulação MSK, têm-se o seguinte valor para a Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos:

$$T_{\text{informação}} = 128 \text{ kbps}$$

$$\text{FEC} = 2/3 = 0,6667$$

$$\text{Código Concatenado} = 1 \text{ (por ser } \textit{Turbo Code}\text{)}$$

$$\text{Modulação MSK} \rightarrow \text{Nbps}_{\text{equivalente}} = 1,33$$

$$B_{tx-s} = \frac{128.000}{0,6667 \times 1 \times 1,33} = 144.360 \text{ Hz} = 144,360 \text{ kHz}$$

Desse modo, a densidade de e.i.r.p. fora do eixo para  $\theta = \pm 2,1^\circ, \pm 2,2^\circ, \pm 3,3^\circ, \pm 4,4^\circ$  e  $\pm 4,5^\circ$  é:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+2,1) = 2 + 14,822 - 10 \times \log_{10}(144.360) = - 34,77 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-2,1) = 2 + 13,336 - 10 \times \log_{10}(144.360) = - 36,26 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+2,2) = 2 + 11,467 - 10 \times \log_{10}(144.360) = - 38,13 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-2,2) = 2 + 15,930 - 10 \times \log_{10}(144.360) = - 33,66 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+3,3) = 2 + 14,684 - 10 \times \log_{10}(144.360) = - 34,91 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-3,3) = 2 + 8,048 - 10 \times \log_{10}(144.360) = - 41,55 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+4,4) = 2 + 2,340 - 10 \times \log_{10}(144.360) = - 47,25 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-4,4) = 2 + 2,628 - 10 \times \log_{10}(144.360) = - 46,97 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+4,5) = 2 + 5,395 - 10 \times \log_{10}(144.360) = - 44,20 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-4,5) = 2 + 3,209 - 10 \times \log_{10}(144.360) = - 46,39 \text{ dBW/Hz}$$

Para este exemplo, o limite de densidade da Norma de 2 graus da Banda Ku é atendido, considerando que a densidade de e.i.r.p. fora do eixo calculada para o enlace de subida é menor do que a estabelecida na Norma mencionada.

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+2,1) = - 34,77 \text{ dBW/Hz} \leq - 27,06 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-2,1) = - 36,26 \text{ dBW/Hz} \leq - 27,06 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+2,2) = - 38,13 \text{ dBW/Hz} \leq - 27,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-2,2) = - 33,66 \text{ dBW/Hz} \leq - 27,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+3,3) = - 34,91 \text{ dBW/Hz} \leq - 31,96 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-3,3) = - 41,55 \text{ dBW/Hz} \leq - 31,96 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+4,4) = - 47,25 \text{ dBW/Hz} \leq - 35,09 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-4,4) = - 46,97 \text{ dBW/Hz} \leq - 35,09 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+4,5) = - 44,20 \text{ dBW/Hz} \leq - 35,33 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-4,5) = - 46,39 \text{ dBW/Hz} \leq - 35,33 \text{ dBW/Hz}$$

- Exemplo 2 - Banda Ka, estação terrena de acesso:

Considerando uma estação terrena de acesso transmitindo com uma antena de 7,4m de diâmetro, certificada pela Anatel, um amplificador

de potência de 20 W e uma perda de 2 dB entre a saída do HPA e a entrada da antena, têm-se os seguintes valores de potência transmitida, em dBW, e de ganho da antena obtidos em campo no plano de elevação, para uma polarização vertical, em dBi<sup>9</sup>:

$$P_{(tx)} = 10 \times \log_{10}(20W) - 2 \text{ dB}$$

$$P_{(tx)} = 11 \text{ dBW}$$

$$G_{et}(+2,1) = 2,5 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-2,1) = 3,7 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+2,2) = 1,4 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-2,2) = 5,5 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+3,3) = 1,4 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-3,3) = 9,5 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+4,4) = 0,5 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-4,4) = 3,5 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+4,5) = -18,5 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-4,5) = 1,5 \text{ dBi}$$

Considerando ainda uma taxa de informação de 1 Gbps, um FEC de  $\frac{3}{4}$ , um código concatenado do tipo *Reed Solomon* 188/204 e uma modulação 16APSK, têm-se o seguinte valor para a Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos:

---

<sup>9</sup> Uma análise idêntica deverá ser feita para os demais planos e para as demais polarizações, caso existam.

$$T_{\text{informação}} = 1 \text{ Gbps}$$

$$\text{FEC} = \frac{3}{4} = 0,75$$

$$\text{Código Concatenado} = 188/204 = 0,9216 \text{ (por ser Reed Solomon)}$$

$$\text{Modulação 16APSK} \rightarrow \text{Nbps} = 4$$

$$B_{tx\_s} = \frac{1.000.000.000}{0,9216 \times 0,75 \times 4} = 361.702.127 \text{ Hz}$$

Desse modo, a densidade de e.i.r.p. fora do eixo para  $\theta = \pm 2,1^\circ, \pm 2,2^\circ, \pm 3,3^\circ, \pm 4,4^\circ$  e  $\pm 4,5^\circ$  é:

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(+2,1) = 11 + 2,5 - 10 \times \log_{10}(361.702.127) = -72,08 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(-2,1) = 11 + 3,7 - 10 \times \log_{10}(361.702.127) = -70,88 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(+2,2) = 11 + 1,4 - 10 \times \log_{10}(361.702.127) = -73,18 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(-2,2) = 11 + 5,5 - 10 \times \log_{10}(361.702.127) = -69,08 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(+3,3) = 11 + 1,4 - 10 \times \log_{10}(361.702.127) = -73,18 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(-3,3) = 11 + 9,5 - 10 \times \log_{10}(361.702.127) = -65,08 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(+4,4) = 11 + 0,5 - 10 \times \log_{10}(361.702.127) = -74,08 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(-4,4) = 11 + 3,5 - 10 \times \log_{10}(361.702.127) = -71,08 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(+4,5) = 11 - 18,5 - 10 \times \log_{10}(361.702.127) = -93,08 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(-4,5) = 11 + 1,5 - 10 \times \log_{10}(361.702.127) = -73,08 \text{ dBW/Hz}$$

Para este exemplo, o limite de densidade da Norma de 2 graus da Banda Ka é atendido, considerando que a densidade de e.i.r.p. fora do

eixo calculada para o enlace de subida é menor do que a estabelecida na Norma mencionada.

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+2,1) = -72,08 \text{ dBW/Hz} \leq -43,06 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-2,1) = -70,88 \text{ dBW/Hz} \leq -43,06 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+2,2) = -73,18 \text{ dBW/Hz} \leq -43,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-2,2) = -69,08 \text{ dBW/Hz} \leq -43,45 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+3,3) = -73,18 \text{ dBW/Hz} \leq -47,96 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-3,3) = -65,08 \text{ dBW/Hz} \leq -47,96 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+4,4) = -74,08 \text{ dBW/Hz} \leq -51,08 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-4,4) = -71,08 \text{ dBW/Hz} \leq -51,08 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+4,5) = -93,08 \text{ dBW/Hz} \leq -51,33 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-4,5) = -73,08 \text{ dBW/Hz} \leq -51,33 \text{ dBW/Hz}$$

- Exemplo 3 – Banda Ka, estação terrena do usuário:

Considerando uma estação terrena do usuário transmitindo com uma antena de 74 cm de diâmetro, certificada pela Anatel, um amplificador de potência de 4 W e uma perda de 0,5 dB entre a saída do HPA e a entrada da antena, têm-se os seguintes valores de potência transmitida, em dBW, e de ganho da antena obtidos em campo no plano de elevação, para uma polarização vertical, em dBi<sup>10</sup>:

---

<sup>10</sup> Uma análise idêntica deverá ser feita para os demais planos e para as demais polarizações, caso existam.

$$P_{(tx)} = 10 \times \log_{10}(4W) - 0,5 \text{ dB}$$

$$P_{(tx)} = 5,52 \text{ dBW}$$

$$G_{et}(+2,1) = 11,39 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-2,1) = 9,49 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+2,2) = 11,49 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-2,2) = 10,49 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+3,3) = 2,49 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-3,3) = 7,39 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+4,4) = -8,51 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-4,4) = -2,51 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+4,5) = -7,51 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-4,5) = -2,01 \text{ dBi}$$

Considerando ainda uma taxa de informação de 512 kbps, um FEC de  $\frac{3}{4}$ , um código concatenado do tipo *Turbo Code* e uma modulação 8-PSK, têm-se o seguinte valor para a Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos:

$$T_{\text{informação}} = 512 \text{ kbps}$$

$$\text{FEC} = \frac{3}{4} = 0,75$$

$$\text{Código Concatenado} = 1 \text{ (por ser } \textit{Turbo Code}\text{)}$$

$$\text{Modulação 8-PSK} \rightarrow N_{\text{bps}} = 3$$

$$B_{tx\_s} = \frac{512.000}{0,75 \times 1 \times 3} = 227.555 \text{ Hz}$$

Desse modo, a densidade de e.i.r.p. fora do eixo para  $\theta = \pm 2,1^\circ, \pm 2,2^\circ, \pm 3,3^\circ, \pm 4,4^\circ$  e  $\pm 4,5^\circ$  é:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+2,1) = 5,52 + 11,39 - 10 \times \log_{10}(227.555) = -36,66 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-2,1) = 5,52 + 9,49 - 10 \times \log_{10}(227.555) = -38,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+2,2) = 5,52 + 11,49 - 10 \times \log_{10}(227.555) = -36,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-2,2) = 5,52 + 10,49 - 10 \times \log_{10}(227.555) = -37,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+3,3) = 5,52 + 2,49 - 10 \times \log_{10}(227.555) = -45,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-3,3) = 5,52 + 7,39 - 10 \times \log_{10}(227.555) = -40,66 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+4,4) = 5,52 - 8,51 - 10 \times \log_{10}(227.555) = -56,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-4,4) = 5,52 - 2,51 - 10 \times \log_{10}(227.555) = -50,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+4,5) = 5,52 - 7,51 - 10 \times \log_{10}(227.555) = -55,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-4,5) = 5,52 - 2,01 - 10 \times \log_{10}(227.555) = -50,06 \text{ dBW/Hz}$$

Para este exemplo, o limite de densidade da Norma não é atendido, considerando que a densidade de e.i.r.p. fora do eixo calculada para o enlace de subida para  $\theta = +2,1^\circ, +2,2^\circ, -3,3^\circ$  é maior do que a estabelecida na Norma mencionada.

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+2,1) = -36,66 \text{ dBW/Hz} \geq -37,06 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-2,1) = -38,56 \text{ dBW/Hz} \leq -37,06 \text{ dBW/Hz}$$



$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+2,2) = -36,56 \text{ dBW/Hz} \geq -37,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-2,2) = -37,56 \text{ dBW/Hz} \leq -37,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+3,3) = -45,56 \text{ dBW/Hz} \leq -41,96 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-3,3) = -40,66 \text{ dBW/Hz} \geq -41,96 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+4,4) = -56,56 \text{ dBW/Hz} \leq -45,09 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-4,4) = -50,56 \text{ dBW/Hz} \leq -45,09 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+4,5) = -55,56 \text{ dBW/Hz} \leq -45,33 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-4,5) = -50,06 \text{ dBW/Hz} \leq -45,33 \text{ dBW/Hz}$$

Observe-se que para  $\theta = +2,1^\circ$  há um excesso de 0,4 dB, para  $\theta = +2,2^\circ$  há um excesso de 1 dB e para  $\theta = -3,3^\circ$  há um excesso de 1,3 dB.

Dessa forma, deve ser reduzida a potência de transmissão da estação, alteradas as características da portadora ou utilizada outra antena mais diretiva para que seja atendida a densidade de e.i.r.p. estabelecida na Norma de 2 graus da Banda Ka.

Neste exemplo, para que possa ser utilizada a mesma antena e não seja necessário alterar as características técnicas da portadora, a potência de transmissão da estação deve ser reduzida de 4W para 2,95W (redução de 1,3 dB) visando atender o limite de densidade da Norma.

- Exemplo 4 – Banda C:

Considerando uma estação terrena transmissora utilizando uma antena de 2 m de diâmetro com frequência central em 6.000 MHz, certificada

pela Anatel, um amplificador de potência de 5 W e uma perda de 2 dB entre a saída do HPA e a entrada da antena, têm-se os seguintes valores de potência transmitida, em dBW, e de ganho da antena no plano de elevação, para uma polarização vertical, em dBi<sup>11</sup>:

$$P_{(tx)} = 10 \times \log_{10}(5W) - 2 \text{ dB}$$

$$P_{(tx)} = 5 \text{ dBW}$$

$$G_{et}(+2,1) = 12,822 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-2,1) = 11,336 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+2,2) = 9,467 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-2,2) = 13,930 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+3,3) = 12,684 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-3,3) = 6,048 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+4,4) = 0,340 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-4,4) = 0,628 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(+4,5) = 3,395 \text{ dBi}$$

$$G_{et}(-4,5) = 1,209 \text{ dBi}$$

Considerando ainda uma taxa de informação de 256 kbps, um FEC de 1/2, um código concatenado do tipo *Turbo Code* e uma modulação GMSK, têm-se o seguinte valor para a Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos:

---

<sup>11</sup> Uma análise idêntica deverá ser feita para os demais planos e para as demais polarizações, caso existam.

$$T_{\text{informação}} = 256 \text{ kbps}$$

$$\text{FEC} = 1/2 = 0,5$$

Código Concatenado = 1 (por ser *Turbo Code*)

$$\text{Modulação GMSK} \rightarrow \text{Nbps}_{\text{equivalente}} = 1,33$$

$$B_{\text{tx}_s} = \frac{256.000}{0,5 \times 1 \times 1,33} = 384.962,41 \text{ Hz} = 384,962 \text{ kHz}$$

Desse modo, a densidade de e.i.r.p. fora do eixo para  $\theta = \pm 2,1^\circ, \pm 2,2^\circ, \pm 3,3^\circ, \pm 4,4^\circ$  e  $\pm 4,5^\circ$  é:

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(+2,1) = 5 + 12,822 - 10 \times \log_{10}(384.962,41) = - 38,03 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(-2,1) = 5 + 11,336 - 10 \times \log_{10}(384.962,41) = - 39,52 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(+2,2) = 5 + 9,467 - 10 \times \log_{10}(384.962,41) = - 41,39 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(-2,2) = 5 + 13,930 - 10 \times \log_{10}(384.962,41) = - 36,92 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(+3,3) = 5 + 12,684 - 10 \times \log_{10}(384.962,41) = - 38,17 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(-3,3) = 5 + 6,048 - 10 \times \log_{10}(384.962,41) = - 44,81 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(+4,4) = 5 + 0,340 - 10 \times \log_{10}(384.962,41) = - 50,51 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(-4,4) = 5 + 0,628 - 10 \times \log_{10}(384.962,41) = - 50,23 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(+4,5) = 5 + 3,395 - 10 \times \log_{10}(384.962,41) = - 47,46 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{\text{e.i.r.p.}(tx)}(-4,5) = 5 + 1,209 - 10 \times \log_{10}(384.962,41) = - 49,65 \text{ dBW/Hz}$$

Para este exemplo, o limite de densidade para a banda C da Norma de Licenciamento de Estações Terrenas é atendido, considerando que a

densidade de e.i.r.p. fora do eixo calculada para o enlace de subida é menor do que a estabelecida na Norma mencionada.

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+2,1) = -38,03 \text{ dBW/Hz} \leq -24,06 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-2,1) = -39,52 \text{ dBW/Hz} \leq -24,06 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+2,2) = -41,39 \text{ dBW/Hz} \leq -24,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-2,2) = -36,92 \text{ dBW/Hz} \leq -24,56 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+3,3) = -38,17 \text{ dBW/Hz} \leq -28,96 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-3,3) = -44,81 \text{ dBW/Hz} \leq -28,96 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+4,4) = -50,51 \text{ dBW/Hz} \leq -32,09 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-4,4) = -50,23 \text{ dBW/Hz} \leq -32,09 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+4,5) = -47,46 \text{ dBW/Hz} \leq -32,33 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-4,5) = -49,65 \text{ dBW/Hz} \leq -32,33 \text{ dBW/Hz}$$

No caso de licenciamento de Estações Terrenas a Bordo de Embarcações – ESVs, os mesmos cálculos exemplificados anteriormente devem ser realizados.

Contudo, além desses cálculos, são consideradas condições complementares estabelecidas no Regulamento de Radiocomunicações da UIT, conforme item 6.4.1 da Norma para o Licenciamento de Estações Terrenas.

Essas condições complementares abarcam dois cálculos adicionais:

- Máxima densidade de e.i.r.p. da ESV na direção do horizonte:

Aplica-se neste caso a mesma expressão utilizada para calcular a densidade de e.i.r.p. fora do eixo, levando em consideração o ganho da antena da ESV na direção do horizonte (o ângulo  $\theta$  corresponde ao ângulo de elevação da antena):

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(\theta_{\text{horizonte}}) = P_{(tx)} + G_{et}(\theta_{\text{horizonte}}) - 10 \times \log_{10}(B_{tx\_s}) \text{ dBW/MHz}$$

Para ESVs operando na banda C, o limite para a densidade de e.i.r.p. na direção do horizonte é  $D_{e.i.r.p.(tx)}(\theta_{\text{horizonte}}) = 17 \text{ dBW/MHz}$ , que corresponde a  $-43 \text{ dBW/Hz}$ . Para a banda Ku, o limite é  $D_{e.i.r.p.(tx)}(\theta_{\text{horizonte}}) = 12,5 \text{ dBW/MHz}$ , que corresponde a  $-47,6 \text{ dBW/Hz}$ .

Assim, para uma ESV em banda Ku com as mesmas características técnicas descritas no Exemplo 1 (vide página [12]), cujo ângulo de elevação da antena seja de  $54^\circ$  e os ganhos para esse ângulo sejam  $G_{et}(+54^\circ) = -7,51 \text{ dBi}$  e  $G_{et}(-54^\circ) = -8,42 \text{ dBi}$ , a maior densidade de e.i.r.p. da ESV na direção do horizonte é o maior valor entre:

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(+54) = 2 + (-7,51) - 10 \times \log_{10}(144.360) = -57,10 \text{ dBW/Hz}$$

$$D_{e.i.r.p.(tx)}(-54) = 2 + (-8,42) - 10 \times \log_{10}(144.360) = -58,01 \text{ dBW/Hz}$$

Para este exemplo, a maior densidade de e.i.r.p. da ESV na direção do horizonte é  $-57,10 \text{ dBW/Hz}$ , inferior ao limite de  $-47,6 \text{ dBW/Hz}$ .

- Máxima e.i.r.p. da ESV na direção do horizonte:

Para esse cálculo, vale a expressão utilizada para calcular a densidade de e.i.r.p. na direção do horizonte, eliminando-se o elemento referente à banda:

$$\text{e.i.r.p.}_{(tx)}(\theta_{\text{horizonte}}) = P_{(tx)} + G_{et}(\theta_{\text{horizonte}}) \text{ dBW}$$

Para ESVs operando na banda C, o limite para a e.i.r.p. na direção do horizonte é  $\text{e.i.r.p.}_{(tx)}(\theta_{\text{horizonte}}) = 20,8 \text{ dBW}$ . Para a banda Ku, o limite é  $\text{e.i.r.p.}_{(tx)}(\theta_{\text{horizonte}}) = 16,3 \text{ dBW}$ .

Assim, para a ESV descrita acima, a maior e.i.r.p. na direção do horizonte é o maior valor entre:

$$\text{e.i.r.p.}_{(tx)}(+54) = 2 + (-7,51) = -5,51 \text{ dBW}$$

$$\text{e.i.r.p.}_{(tx)}(-54) = 2 + (-8,42) = -6,42 \text{ dBW}$$

Para este exemplo, a maior densidade de e.i.r.p. da ESV na direção do horizonte é  $-5,51 \text{ dBW/Hz}$ , inferior ao limite de  $16,3 \text{ dBW}$  para a banda Ku.

II. 2. No Enlace de Descida<sup>12</sup> (para fins de coordenação entre redes de satélites)

Para a Banda Ku, o limite de densidade de e.i.r.p. estabelecido na Norma para o enlace de descida é – 22 dBW/Hz.

Para a Banda Ka, o limite de densidade de e.i.r.p. estabelecido na Norma para o enlace de descida é – 16,5 dBW/Hz.

Para calcular a densidade de e.i.r.p. no enlace de descida da rede de satélite analisada, deve-se utilizar a seguinte expressão:

$$\begin{aligned} D_{\text{e.i.r.p.}(\text{sat})} &= P_{\text{max}(\text{sat})} + G_{\text{sat}} - 10 \times \log_{10}(B_{\text{tx\_S}}) \\ &= \text{e.i.r.p.}_{\text{max}(\text{sat})} - 10 \times \log_{10}(B_{\text{tx\_S}}) \end{aligned}$$

Onde,

$D_{\text{e.i.r.p.}(\text{sat})}$ : densidade máxima de e.i.r.p. por emissão, calculada no enlace de descida, em dBW/Hz;

$P_{\text{max}(\text{sat})}$ : potência máxima transmitida pelo satélite, por emissão, em dBW;

---

<sup>12</sup> Como a Norma de Licenciamento de Estações Terrenas, aprovada pela Resolução nº 593, de 27 de junho de 2012, estabelece limites de densidade de e.i.r.p. fora do eixo apenas para as estações terrenas transmissoras (enlace de subida), não haverá referência a esta Norma nos cálculos do enlace de descida.

$G_{\text{sat}}$  : ganho da antena do satélite, em sua direção de máxima radiação, em dBi;

$e.i.r.p.^{13}_{\text{max(sat)}}$ : produto da potência máxima transmitida pelo satélite pelo ganho da antena do satélite, em sua direção de máxima radiação, em dBW;

$B_{\text{tx}_S}$ : Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos, em Hertz.

- Exemplo 1 - Banda Ku:

$$P_{\text{max(sat)}} = 17 \text{ dBW}$$

$$G_{\text{sat}} = 35 \text{ dBi}$$

$$e.i.r.p.^{\text{max(sat)}} = P_{\text{max(sat)}} + G_{\text{sat}} = 52 \text{ dBW}$$

$$B_{\text{tx}_S} = 35.012,765 \text{ kHz}$$

$$D_{e.i.r.p.(sat)} = 17 + 35 - 10 \times \log_{10}(35.012.765) = -23,44 \text{ dBW/Hz}$$

Para este exemplo, o limite de densidade de e.i.r.p. da Norma de 2 graus da Banda Ku é atendido, considerando que a densidade de e.i.r.p. calculada para o enlace de descida é menor do que a estabelecida na Norma mencionada, ou seja,

---

<sup>13</sup> Esse parâmetro é o usualmente fornecido pelos operadores de satélites e utilizado para o cálculo da densidade de e.i.r.p. do satélite uma vez que engloba a potência máxima transmitida pelo satélite ( $P_{\text{max(sat)}}$ ) e o ganho da antena do satélite ( $G_{\text{sat}}$ ).



$$D_{e.i.r.p.(sat)} = -23,44 \text{ dBW/Hz} \leq -22 \text{ dBW/Hz}.$$

Cabe destacar que o limite de  $-22 \text{ dBW/Hz}$ , estabelecido no inciso II, item 4.3.1, da Norma de 2 graus da Banda Ku, está relacionado ao valor de pico da cobertura de descida do satélite (centro do feixe), devendo ser atendido para todas as designações de emissão de recepção de cada estação terrena.

- Exemplo 2 - Banda Ka:

$$P_{\max(sat)} = 20 \text{ dBW}$$

$$G_{\text{sat}} = 45 \text{ dBi}$$

$$e.i.r.p.\max(sat) = P_{\max(sat)} + G_{\text{sat}} = 65 \text{ dBW}$$

$$B_{\text{tx}_S} = 450 \text{ MHz}$$

$$D_{e.i.r.p.(sat)} = 20 + 45 - 10 \times \log_{10}(450.000.000) = -21,53 \text{ dBW/Hz}$$

Para este exemplo, o limite de densidade de e.i.r.p. da Norma de 2 graus da Banda Ka é atendido, considerando que a densidade de e.i.r.p. calculada para o enlace de descida é menor do que a estabelecida na Norma mencionada, ou seja,

$$D_{e.i.r.p.(sat)} = -21,53 \text{ dBW/Hz} \leq -16,5 \text{ dBW/Hz}.$$

Assim como ocorre para a banda Ku, ressalte-se que o limite de  $-16,5$  dBW/Hz, estabelecido no inciso III, item 4.2.1, da Norma de 2 graus da Banda Ka, também está relacionado ao valor de pico da cobertura de descida do satélite (centro do feixe), devendo ser atendido para todas as designações de emissão de recepção de cada estação terrena.

### **III. Verificação de Consistência dos Dados Informados**

A razão Portadora/Ruído deve corresponder ao valor do C/N mínimo ou limiar requerido para o sistema atender ao desempenho de qualidade, em termos de taxa de erro de bit (BER) especificado, sem englobar nenhuma margem de enlace adicional.

Como a razão Portadora/Ruído deve estar relacionada a uma certa banda (largura de faixa) e a fim de que os termos e as sistemáticas de cálculos estejam padronizadas, definiu-se que a banda associada a essa razão Portadora/Ruído é a Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos, em Hz.

Para verificar a consistência do valor da razão Portadora/Ruído (C/N) informada, deve-se primeiramente conhecer qual é a taxa de erro de bit (BER) típica da emissão. Com esse valor, pode-se encontrar a razão energia de bit por densidade de ruído térmico ( $E_b/N_0$ ).

Esse parâmetro ( $E_b/N_0$ ) é importante, pois para cada tipo de modem, modulação, FEC e código concatenado, há um conjunto de valores de BER associado a um conjunto de valores de  $E_b/N_0$ . Portanto, o  $E_b/N_0$  é o parâmetro que relaciona a BER com a razão Portadora/Ruído.

Um modem certificado pela Anatel possui uma tabela que informa o valor do  $E_b/N_0$  correspondente a uma dada BER, dependendo da

modulação, do FEC e do código concatenado. Portanto, especificada uma BER, tem-se um valor de  $E_b/N_0$ .

Com o valor do  $E_b/N_0$  pode-se calcular a razão Portadora/Ruído (C/N) pela expressão:

$$C/N^{14} = E_b/N_0 + 10 \times \log_{10}(T_{\text{informação}}) - 10 \times \log_{10}(B_{\text{tx}_S})$$

Como os valores da taxa de informação ( $T_{\text{informação}}$ ) e da Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos ( $B_{\text{tx}_S}$ ) são conhecidos, obtém-se o valor da razão Portadora/Ruído. Caso esse valor seja menor que a razão Portadora/Ruído informada, o sistema não está garantindo a proteção adequada. Caso esse valor seja maior que a razão Portadora/Ruído informada, o sistema estará contemplando margens adicionais, o que não é desejável, nem correto, uma vez que isto onerará não só o próprio sistema como os demais sistemas que compartilham o espectro de frequências os quais também terão de dispor de margens de enlaces adicionais para tanto.

As tabelas contidas nos Anexos 1 e 2 apresentam valores típicos de  $E_b/N_0$  em função da modulação, do FEC, do código concatenado, para uma BER típica de  $10^{-7}$ . Estas tabelas podem ser consideradas como referência para verificar a consistência dos dados do requerente ao

---

<sup>14</sup> A Relação Portadora/Ruído =  $C/N = C/N_0 - 10 \times \log_{10}(B_{\text{tx}_S})$  onde  $C/N_0 = E_b/N_0 + 10 \times \log_{10}(T_{\text{informação}})$ .

licenciamento de uma dada estação terrena. Como estes valores variam em função do fabricante do modem, tolerâncias de 1 dB para mais ou para menos podem ser admitidas.

Exemplo:

Uma emissão DVB-S com modulação QPSK ( $N_{\text{bps}} = 2$ ), FEC de  $\frac{3}{4}$  e código concatenado do tipo *Reed Solomon* possui um  $E_b/N_0$  típico de 5,5 dB, para uma BER de  $10^{-7}$  (ver Anexo 1).

Considerando ainda que  $T_{\text{informação}} = 48,4$  Mbps e  $B_{\text{tx}_S} = 35.012,765$  kHz, tem-se:

$$C/N = 5,5 + 10 \times \log_{10}(48.400.000) - 10 \times \log_{10}(35.012.765) = 6,9 \text{ dB}$$

Caso a emissão fosse DVB-S2, o  $E_b/N_0$  típico seria 2,31. Considerando a  $T_{\text{informação}} = 48,4$  Mbps e  $B_{\text{tx}_S} = 32.538,406$  kHz, tem-se:

$$C/N = 2,31 + 10 \times \log_{10}(48.400.000) - 10 \times \log_{10}(32.538,406) = 4 \text{ dB}$$

Neste exemplo, tanto para o DVB-S quanto para o DVB-S2, caso seja cadastrado um valor de C/N de 7,5 dB, o sistema não está garantindo a proteção adequada. Se for cadastrado um valor de C/N de 5,8 dB, para o caso do DVB-S, ou um valor de C/N de 3,5 dB para o caso do DVB-S2, o sistema estará contemplando margens adicionais, o que não é desejável, nem correto, conforme já apresentado.

## IV. Transmissão de Multiportadoras

Define-se como transmissão de multiportadoras a transmissão de mais de uma portadora, através de um mesmo amplificador. A transmissão de multiportadoras gera produtos de intermodulação que consomem parte da potência disponível no HPA (*High Power Amplifier*) da estação terrena. A escolha do ponto de operação do HPA (reco *(back-off)* com relação à saturação) depende do tipo do HPA (SSPA, TWTA ou Klystron) e do número de portadoras que serão transmitidas por esse amplificador.

Exemplo: HPA (tipo SSPA) de 100W

Considerando um valor de *back off* ou reco típico para o modo multiportadoras de 4,8 dB, para um HPA de 100W:

$$\text{Potência do HPA (dBW)} = 10 \log 100 = 20 \text{ dBW}$$

$$\text{Potência útil do HPA} = 20 - 4,8 = 15,2 \text{ dBW, equivalente a } 33,1 \text{ W}$$

a) A potência correspondente à transmissão de cada portadora, assumindo portadoras de mesmo nível de potência, será:

$$P_{(tx)} \text{ de cada portadora} = \text{Potência útil do HPA (dBW)} - L - 10 \log n$$

Sendo  $n$  o número de portadoras e  $L$  a perda entre a saída do HPA e a entrada da antena.

b) Para o caso de transmissão de multiportadoras com níveis de potência diferenciados, o modo prático de dimensionamento da potência do HPA baseia-se na definição da e.i.r.p. das portadoras que subirão através deste mesmo HPA. O valor da e.i.r.p. das portadoras é obtido através do cálculo de enlace. Considere o exemplo a seguir:

$$\text{e.i.r.p. da portadora 1} = 43,2 \text{ dBW}$$

$$\text{e.i.r.p. da portadora 2} = 45,0 \text{ dBW}$$

$$\text{e.i.r.p. da portadora 3} = 44,0 \text{ dBW}$$

$$G_{\text{tx}} = 52,4 \text{ dBi} \quad (\text{ganho de transmissão de uma antena } \textit{offset} \text{ de } 3,6\text{m} \\ \text{de uma estação terrena operando em banda Ku})$$

$$L = 1 \text{ dB} \quad (\text{perda entre a saída do HPA e a entrada da antena})$$

A soma das e.i.r.p. das portadoras 1, 2 e 3 é dada pela seguinte equação:

$$\sum \text{e.i.r.p.} = 10 \times \log \left( 10^{\frac{\text{e.i.r.p.}_1}{10}} + 10^{\frac{\text{e.i.r.p.}_2}{10}} + 10^{\frac{\text{e.i.r.p.}_3}{10}} \right)$$

$$\sum \text{e.i.r.p.} = 10 \times \log \left( 10^{\frac{43,2}{10}} + 10^{\frac{45,0}{10}} + 10^{\frac{44,0}{10}} \right) = 48,9 \text{ dBW}$$

A potência na saída do HPA então seria:

$$48,9 \text{ dBW} - 52,4 \text{ dBi} + L = - 2,5 \text{ dBW}.$$

Considerando um recuo de saída no HPA de 4,8 dB, a potência necessária na saída do HPA seria de:

$$- 2,5 \text{ dBW} + 4,8 \text{ dB} = 2,3 \text{ dBW}, \text{ equivalente a } 1,7 \text{ W}.$$

Tendo em vista que o valor da potência do HPA é pequena (menor que 10W), mostra-se mais adequado a utilização de um PA (*Power Amplifier*). Neste caso, o valor do recuo pode ser menor, algo em torno de 3 dB, o que resultaria em uma potência:

$$- 2,5 \text{ dBW} + 3 \text{ dB} = 0,5 \text{ dBW}, \text{ equivalente a } 1,12 \text{ W}.$$

c) Para o caso das VSATs esta análise não é apropriada, pois cada VSAT somente transmite uma única portadora *Inbound*.



## **V. Formação da Designação de Emissão**

A designação de emissão é composta por duas partes distintas. A primeira parte é constituída de quatro símbolos que representam a largura de faixa necessária da emissão. A segunda parte é constituída de cinco símbolos que representam as características da emissão.

### **V. 1. Largura de faixa necessária**

A largura de faixa necessária é expressa por três algarismos e uma letra. A letra ocupa a posição da casa decimal e representa a unidade da largura de faixa. O primeiro caractere não poderá ser nem zero nem K, M ou G.

A largura de faixa necessária deverá ser expressa em uma unidade determinada, conforme descrito abaixo:

entre 0,001 e 999 Hz será expressa em Hz (letra H);

entre 1,00 e 999 kHz será expressa em kHz (letra K);

entre 1,00 e 999 MHz será expressa em MHz (letra M);

entre 1,00 e 999 GHz será expressa em GHz (letra G).

Exemplo:

Largura de faixa necessária	Primeiros 4 símbolos da Designação de Emissão			
0,002 Hz	H	0	0	2
0,1 Hz	H	1	0	0
25,3 Hz	2	5	H	3
400 Hz	4	0	0	H
2,4 kHz	2	K	4	0
6 kHz	6	K	0	0
12,5 kHz	1	2	K	5
180,4 kHz	1	8	0	K
180,5 kHz	1	8	1	K
180,7 kHz	1	8	1	K
1,25 MHz	1	M	2	5
2 MHz	2	M	0	0
10 MHz	1	0	M	0
202 MHz	2	0	2	M
5,65 GHz	5	G	6	5

## V. 2. Classe de emissão

A classe de emissão é o conjunto de características básicas e quaisquer características adicionais opcionais, conforme descrito a seguir.

As características básicas são descritas por três símbolos:

1) *Primeiro símbolo* – tipo de modulação da portadora principal. Cada modulação está associada a uma determinada letra:

1.1) Emissão de uma portadora não modulada – N

1.2) Emissão na qual a portadora principal é modulada em amplitude (incluindo os casos em que as subportadoras tenham modulação angular):

1.2.1) Faixa lateral dupla – A

1.2.2) Faixa lateral única, portadora completa – H

1.2.3) Faixa lateral única, portadora de nível reduzido ou variável – R

- 1.2.4) Faixa lateral única, portadora suprimida – J
- 1.2.5) Faixas laterais independentes – B
- 1.2.6) Faixa lateral residual ou vestigial – C
- 1.3) Emissão cuja portadora principal é modulada em ângulo.
  - 1.3.1) Modulação de frequência – F
  - 1.3.2) Modulação de fase – G
- 1.4) Emissão cuja portadora principal é modulada em amplitude e em ângulo, quer simultaneamente ou em uma seqüência pré-estabelecida – D
- 1.5) Emissão de impulsos<sup>15</sup>
  - 1.5.1) Sequência de impulsos não modulados – P
  - 1.5.2) Uma seqüência de impulsos
    - 1.5.2.1) modulada em amplitude – K
    - 1.5.2.2) modulada em largura/duração – L
    - 1.5.2.3) modulada em posição/fase – M
    - 1.5.2.4) na qual a portadora é modulada em ângulo durante o período angular do impulso – Q

---

<sup>15</sup>Emissões em que a portadora principal é diretamente modulada por um sinal que foi codificado em forma quantizada – modulação por código de pulsos.

1.5.2.5) que é uma combinação das anteriores ou é produzida por outros meios – V

1.6) Casos não cobertos pelos itens acima, nos quais uma emissão consiste da portadora principal modulada, quer simultaneamente ou em uma sequência pré-estabelecida, em uma combinação de dois ou mais dos seguintes modos: em amplitude, em ângulo, ou por impulso – W

1.7) Outros casos não cobertos – X

2) *Segundo símbolo* – natureza do(s) sinal(ais) que modula(m) a portadora principal. Cada natureza do sinal modulante está associada a um determinado número:

2.1) Ausência de sinal modulador – 0

2.2) Um único canal contendo informação quantificada ou digital, sem a utilização de uma subportadora<sup>16</sup> moduladora – 1

2.3) Um único canal contendo informação quantificada ou digital, com a utilização de uma subportadora<sup>17</sup> moduladora – 2

2.4) Um único canal contendo informação analógica – 3

---

<sup>16</sup> Excluindo-se a multiplexação por divisão no tempo.

<sup>17</sup> Excluindo-se a multiplexação por divisão no tempo.

2.5) Dois ou mais canais contendo informação quantificada ou digital – 7

2.6) Dois ou mais canais contendo informação analógica - 8

2.7) Sistema composto por um ou mais canais contendo informação quantificada ou digital, e um ou mais canais contendo informação analógica – 9

2.8) Outros casos não cobertos – X

3) *Terceiro símbolo* – tipo de informação a ser transmitida<sup>18</sup>. Cada tipo de informação é associado a uma determinada letra:

3.1) Nenhuma informação transmitida – N

3.2) Telegrafia - para recepção acústica – A

3.3) Telegrafia - para recepção automática – B

3.4) Fac-símile – C

3.5) Transmissão de dados, telemetria, telecomando – D

3.6) Telefonia (incluindo radiodifusão sonora) – E

---

<sup>18</sup> Nesse contexto, a palavra “informação” não inclui informação de natureza constante, invariável, como a provida por emissões de frequências padrões, radares de ondas contínuas e de pulso, etc.

3.7) Televisão (vídeo) – F

3.8) Combinação dos referidos anteriormente – W

3.9) Outros casos não cobertos – X

Adicionalmente, dois símbolos opcionais podem ser acrescentados para uma descrição mais completa de uma emissão. São eles o quarto e o quinto símbolos.

4) *Quarto símbolo* – Detalhes do(s) sinal(ais). Esse detalhamento está associado a uma determinada letra:

4.1) Código de duas condições com elementos que diferem em número e/ou duração – A

4.2) Código de duas condições com elementos de mesmo número e duração sem correção de erros – B

4.3) Código de duas condições com elementos de mesmo número e duração com correção de erros – C

4.4) Código de quatro condições em que cada condição representa um elemento de sinal (de um ou mais bits) – D

- 4.5) Código de múltiplas condições, em que cada condição representa um elemento de sinal (de um ou mais bits) – E
- 4.6) Código de múltiplas condições, em que cada condição ou combinação de condições representa um caractere – F
- 4.7) Som de qualidade radiofônica (monofônico) – G
- 4.8) Som de qualidade radiofônica (estereofônico ou quadrifônico) – H
- 4.9) Som de qualidade comercial (excluindo as categorias apresentadas nos itens 4.10 e 4.11) – J
- 4.10) Som de qualidade comercial com utilização de inversão de frequência ou divisão de faixa – K
- 4.11) Som de qualidade comercial com sinais separados modulados em frequência para controlar o nível de sinal demodulado – L
- 4.12) Sinal de preto e branco (Monocrômico) – M
- 4.13) Sinal de Cor – N
- 4.14) Combinação dos casos referidos anteriormente – W
- 4.15) Outros casos não cobertos – X



5) *Quinto símbolo* – Natureza da multiplexação. Essa especificação está associada a uma determinada letra:

5.1) Nenhuma – N

5.2) Multiplexação por divisão de código<sup>19</sup> – C

5.3) Multiplexação por divisão de frequência – F

5.4) Multiplexação por divisão de tempo – T

5.5) Combinação de multiplexação por divisão de frequência e de multiplexação por divisão de tempo – W

5.6) Outros tipos de multiplexação – X

Sempre que o quarto ou o quinto símbolo não for utilizado, a respectiva posição deverá ser preenchida com um traço.

Exemplo a):

a1) Uma emissão com largura de faixa necessária de 36 MHz – Os 4 caracteres que compõe a primeira parte da emissão são: 36M0;

---

<sup>19</sup> Inclui técnicas de espalhamento de banda.

- a2) Modulada em frequência – O primeiro caractere da segunda parte da emissão é F;
- a3) Em um sistema composto por um ou mais canais contendo informação quantificada ou digital, e um ou mais canais contendo informação analógica – O segundo caractere da segunda parte da emissão é 9;
- a4) Combinando vários tipos de informação diferentes – O terceiro caractere da segunda parte da emissão é W;
- a5) Sem outros detalhamentos – O quarto e o quinto caracteres da segunda parte da emissão devem ser preenchidos com um traço cada;
- a6) A emissão completa será 36M0F9W--

Exemplo b):

- b1) Uma emissão com largura de faixa necessária de 5 MHz – Os 4 caracteres que compõe a primeira parte da emissão são: 5M00;
- b2) Modulada em fase – O primeiro caractere da segunda parte da emissão é G;
- b3) Transmitida em um único canal contendo informação quantificada ou digital, sem a utilização de uma subportadora modulada – O segundo caractere da segunda parte da emissão é 1;

- b4) Contendo tipos de informação não contemplados pelos casos descritos – O terceiro caractere da segunda parte da emissão é X;
- b5) Sem outros detalhamentos – O quarto e o quinto caracteres da segunda parte da emissão devem ser preenchidos com um traço cada;
- b6) A emissão completa será 5M00G1X--

## **VI. Significado dos Campos Existentes no Sistema de Cadastramento de Estações Terrenas do STEL**

### **VI.1. Tela “Características da Estação Terrena”**

#### **a) Dados Adicionais**

**Perda (dB)** – Esse campo deve ser preenchido com o valor correspondente à perda devido à atenuação do sinal entre a saída do HPA e a entrada da antena da estação terrena.

#### **b) Dados do Amplificador de Potência (HPA)**

**Potência Nominal** – Valor da potência nominal do HPA em Watts, obtido diretamente da certificação do equipamento<sup>20</sup>. Poderá ser cadastrado mais de um HPA para cada antena.

### **VI.2. Tela “Designação Emissão”**

#### **a) Dados da Designação de Emissão – Transmissão (No sentido ETN – Satélite)**

---

<sup>20</sup> O “*back off*” ou recuo do sistema pode ser obtido pela Potência Nominal do HPA, conforme cadastrado, menos o somatório das potências de operação para cada frequência, menos o atenuador (caso exista).

**Designação Emissão** – Esse campo deve ser preenchido com a designação da emissão a ser transmitida, observando-se os critérios de formação previamente apresentados (item V deste Manual).

**Polarização** – Esse campo apresenta as opções de polarização para a emissão transmitida.

**Transmissão Simultânea** – Transmissão de mais de uma emissão pela estação terrena ao mesmo tempo (quando a estação terrena transmite simultaneamente mais de uma emissão).

**Modulação** – Esse campo dispõe de uma lista contendo todos os tipos de modulação previstos pela Anatel. Ao final dessa lista há a opção “outra”. Ao escolher a opção “outra”, um campo texto aparecerá ao lado para que a modulação seja informada manualmente pelo usuário. Para cada tipo de modulação prevista pela Anatel há um número de bits por símbolo associado para que se realize o cálculo da “Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos”. Quando a opção “outra” for selecionada, a modulação deverá ser informada manualmente. Neste caso, a entidade interessada na obtenção da licença deverá encaminhar à área da Anatel responsável pelo licenciamento documento apresentando as comparações pelo espectro, bem como a memória de cálculo, que demonstre o número de bits por símbolo a ser

associado à nova modulação. Caberá a Anatel incluir os novos dados à lista de modulações.

**Taxa Informação (kbps)** – Taxa em bits por segundo equivalente à informação a ser transmitida, englobando o *overhead* aplicável.

**FEC** – É a taxa do código corretor de erro (valor adimensional)

**Código Concatenado** – Nesse campo, deve ser selecionado o código corretor de erro do tipo *Reed Solomon* ou *Turbo Code*. Caso seja escolhido *Reed Solomon* um novo campo será criado para que seja inserido o valor adequado. Caso seja escolhido *Turbo Code*, não será necessário prover informação, pois o sistema considerará internamente o valor 1 (um) para os cálculos.

**Banda Equivalente à Taxa Tx de Símbolos (kHz)** – Esta informação será calculada automaticamente pelo sistema, utilizando os dados cadastrados para a transmissão (Modulação, Taxa Informação, FEC e Código Concatenado) (item I deste Manual).

**Maior Potência de Transmissão (dBW)** – Este campo será preenchido automaticamente pelo sistema com o maior valor de “Potência de Transmissão” cadastrado na tela “Frequências”.

**Maior Densidade de Potência de Transmissão (dBW/Hz)** – Esta informação será calculada automaticamente pelo sistema, utilizando o valor da “Maior Potência de Transmissão” menos  $10 \times \log_{10}$ (“Banda Equivalente à Taxa Tx de Símbolos”).

**b) Dados da Designação de Emissão – Recepção (No sentido Satélite – ETN)**

**Designação Emissão** – Esse campo deve ser preenchido com a Designação da Emissão a ser recebida, observando-se os critérios de formação previamente apresentados (item V deste Manual).

**Polarização** – Esse campo apresenta as opções de polarização para a emissão recebida.

**Recepção Simultânea** – Recepção de mais de uma emissão pela estação terrena ao mesmo tempo.

**Modulação** – Esse campo dispõe de uma lista contendo todos os tipos de modulação previstos pela Anatel. Ao final dessa lista há a opção “outra”. Ao escolher a opção “outra”, um campo texto aparecerá ao lado para que a modulação seja informada manualmente pelo usuário. Para cada tipo de modulação prevista

pela Anatel há um número de bits por símbolo associado para que se realize o cálculo da “Banda Equivalente à Taxa de Transmissão de Símbolos”. Quando a opção “outra” for selecionada, a modulação deverá ser informada manualmente. Neste caso, a entidade interessada na obtenção da licença deverá encaminhar à área da Anatel responsável pelo licenciamento documento apresentando as comparações pelo espectro, bem como a memória de cálculo, que demonstre o número de bits por símbolo a ser associado à nova modulação. Caberá à Anatel incluir os novos dados à lista de modulações.

**Taxa Informação (kbps)** – Taxa em bits por segundo equivalente à informação a ser recebida, englobando o *overhead* aplicável.

**FEC** – É a taxa do código corretor de erro (valor adimensional)

**Código Concatenado** – Nesse campo, deve ser selecionado o código corretor de erro do tipo *Reed Solomon* ou *Turbo Code*. Caso seja escolhido *Reed Solomon* um novo campo será criado para que seja inserido o valor adequado. Caso seja escolhido *Turbo Code*, não será necessário prover informação, pois o sistema considerará internamente o valor 1 (um) para os cálculos.

**Banda Equivalente à Taxa Tx de Símbolos (kHz)** – Esta informação será calculada automaticamente pelo sistema,



utilizando os dados cadastrados para a recepção (Modulação, Taxa Informação, FEC e Código Concatenado) (item I deste Manual).

**Maior Potência de Recepção (dBm)** – Este campo será preenchido automaticamente pelo sistema com o maior valor de “Potência de Recepção” cadastrado na tela “Frequências”.

**Maior Razão Portadora/Ruído (dB)** – Este campo será preenchido automaticamente pelo sistema com o maior valor de “Razão Portadora/Ruído” cadastrado na tela “Frequências”.

### **VI.3. Tela “Frequência Estações Terrenas”**

#### **a) Frequência(s) TX**

**Frequência** – Nesse campo deve(m) ser informada(s) a(s) frequência(s) central(is) a ser(em) transmitida(s). Para uma mesma emissão, podem ser cadastradas mais de uma frequência central.

**Potência de Transmissão (dBW)** – É a potência entregue à antena por emissão, sendo definida como a e.i.r.p. de transmissão da estação terrena por emissão menos o ganho de transmissão da antena da estação terrena (figura 1). Pode ser cadastrado um valor

de potência de transmissão diferente para cada frequência cadastrada.

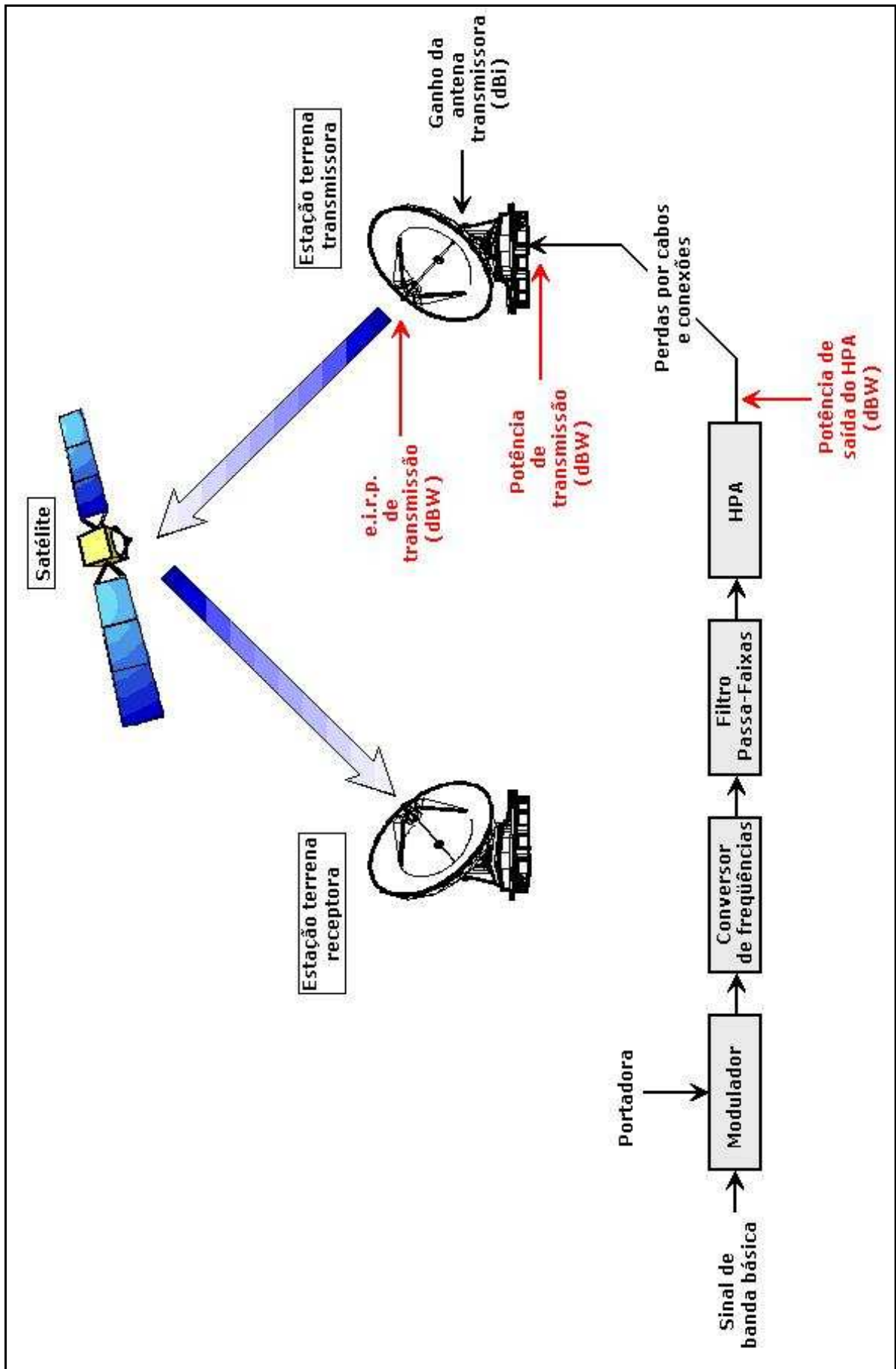


Figura 1 – Diagrama de um enlace de subida típico

## **b) Frequência(s) RX**

**Frequência** – Nesse campo deve(m) ser informada(s) a(s) frequência(s) central(is) a ser(em) recebida(s). Para uma mesma emissão podem ser cadastradas mais de uma frequência central.

**Potência de Recepção (dBm)** – É a potência de transmissão do satélite na direção da estação terrena receptora menos a atenuação espaço livre (figura 2). Pode ser cadastrado um valor de potência de recepção diferente para cada frequência cadastrada.

**Razão Portadora/Ruído (dB)** – É o valor do C/N mínimo ou limiar requerido para o sistema atender ao desempenho de qualidade, em termos de taxa de erro de bit (BER) especificado, sem englobar nenhuma margem de enlace adicional.

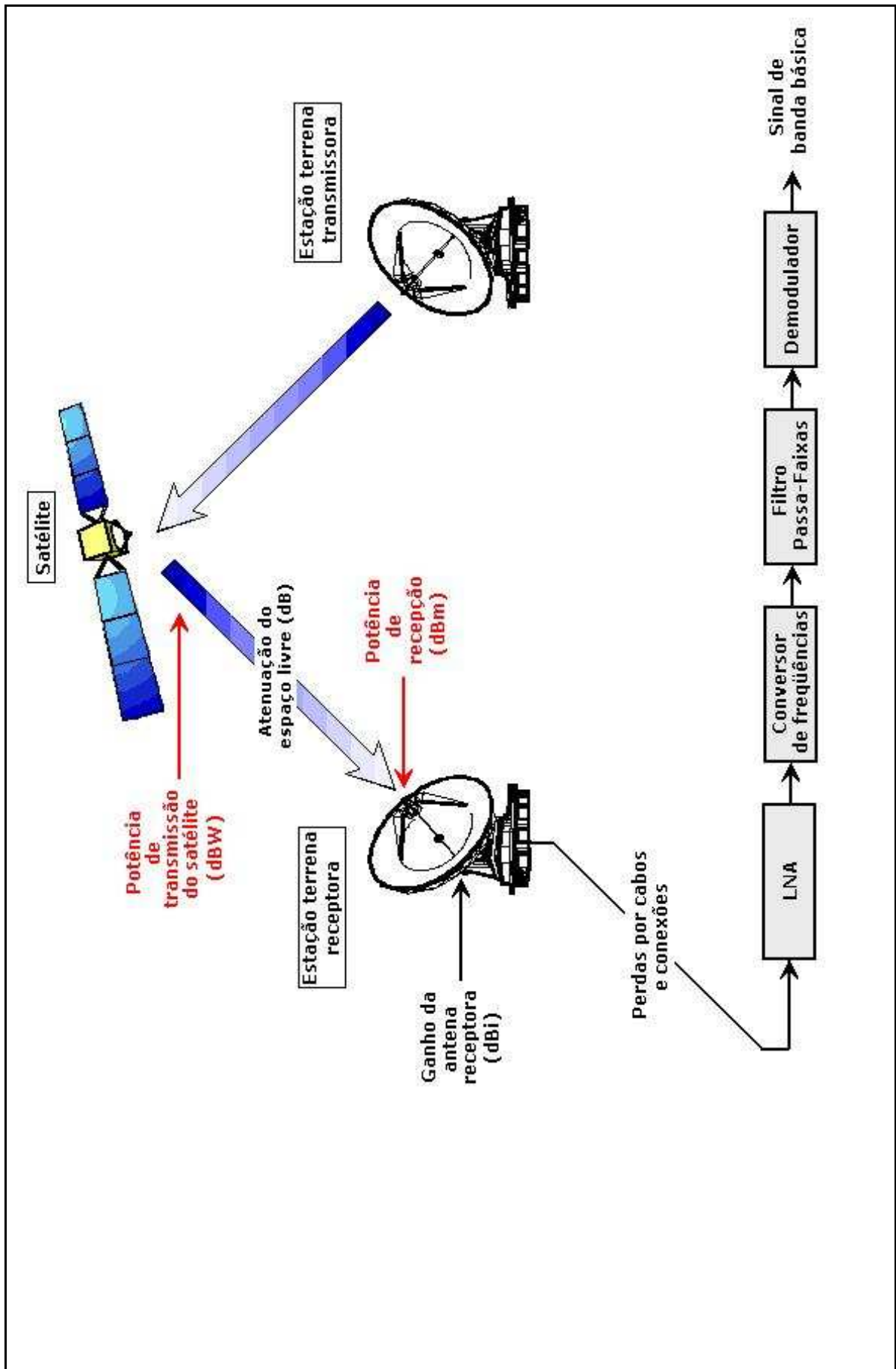


Figura 2 – Diagrama de um enlace de descida típico

## Anexo 1

Valores típicos de  $E_b/N_0$  em função da modulação, do FEC, do código concatenado, para uma BER típica de  $10^{-7}$

Modulação	FEC	Código Concatenado Tipo	$E_b/N_0$ Típico (dB)
BPSK	1/2	Não	6.5
BPSK	2/3	Não	7.0
BPSK	3/4	Não	7.5
BPSK	4/5	Não	7.8
BPSK	5/6	Não	8.0
BPSK	7/8	Não	8.5
BPSK	1/2	Sim – Reed Solomon	4.5
BPSK	2/3	Sim – Reed Solomon	5.0
BPSK	3/4	Sim – Reed Solomon	5.5
BPSK	4/5	Sim – Reed Solomon	5.8
BPSK	5/6	Sim – Reed Solomon	6.0
BPSK	7/8	Sim – Reed Solomon	6.5
BPSK	1/2	Sim – Turbo Code	4.0
BPSK	2/3	Sim – Turbo Code	4.5
BPSK	3/4	Sim – Turbo Code	5.0
BPSK	4/5	Sim – Turbo Code	5.2
BPSK	5/6	Sim – Turbo Code	5.5
BPSK	7/8	Sim – Turbo Code	6.0
QPSK	1/2	Não	6.5
QPSK	2/3	Não	7.0
QPSK	3/4	Não	7.5
QPSK	4/5	Não	7.8
QPSK	5/6	Não	8.0
QPSK	7/8	Não	8.5
QPSK	1/2	Sim – Reed Solomon	4.5
QPSK	2/3	Sim – Reed Solomon	5.0
QPSK	3/4	Sim – Reed Solomon	5.5
QPSK	4/5	Sim – Reed Solomon	5.8
QPSK	5/6	Sim – Reed Solomon	6.0
QPSK	7/8	Sim – Reed Solomon	6.5
QPSK	1/2	Sim – Turbo Code	4.0
QPSK	2/3	Sim – Turbo Code	4.5
QPSK	3/4	Sim – Turbo Code	5.0
QPSK	4/5	Sim – Turbo Code	5.2
QPSK	5/6	Sim – Turbo Code	5.5
QPSK	7/8	Sim – Turbo Code	6.0

**Valores típicos de  $E_b/N_0$  em função da modulação, do FEC, do código concatenado, para uma BER típica de  $10^{-7}$  (continuação)**

<b>Modulação</b>	<b>FEC</b>	<b>Código Concatenado Tipo</b>	<b><math>E_b/N_0</math> Típico (dB)</b>
8PSK	1/2	Não	9.0
8PSK	2/3	Não	9.5
8PSK	3/4	Não	10.0
8PSK	4/5	Não	10.3
8PSK	5/6	Não	10.5
8PSK	7/8	Não	11.0
8PSK	1/2	Sim – Reed Solomon	6.0
8PSK	2/3	Sim – Reed Solomon	6.5
8PSK	3/4	Sim – Reed Solomon	7.0
8PSK	4/5	Sim – Reed Solomon	7.2
8PSK	5/6	Sim – Reed Solomon	7.5
8PSK	7/8	Sim – Reed Solomon	8.0
8PSK	1/2	Sim – Turbo Code	5.5
8PSK	2/3	Sim – Turbo Code	6.0
8PSK	3/4	Sim – Turbo Code	6.5
8PSK	4/5	Sim – Turbo Code	6.8
8PSK	5/6	Sim – Turbo Code	7.0
8PSK	7/8	Sim – Turbo Code	7.5
16QAM	1/2	Não	10.5
16QAM	2/3	Não	11.0
16QAM	3/4	Não	11.5
16QAM	4/5	Não	11.8
16QAM	5/6	Não	12.0
16QAM	7/8	Não	12.5
16QAM	1/2	Sim – Reed Solomon	8.5
16QAM	2/3	Sim – Reed Solomon	9.0
16QAM	3/4	Sim – Reed Solomon	9.5
16QAM	4/5	Sim – Reed Solomon	9.8
16QAM	5/6	Sim – Reed Solomon	10.0
16QAM	7/8	Sim – Reed Solomon	10.5
16QAM	1/2	Sim – Turbo Code	7.0
16QAM	2/3	Sim – Turbo Code	7.5
16QAM	3/4	Sim – Turbo Code	8.0
16QAM	4/5	Sim – Turbo Code	8.2
16QAM	5/6	Sim – Turbo Code	8.5
16QAM	7/8	Sim – Turbo Code	9.0

## Anexo 2

**Valores típicos de  $E_b/N_0$  em função da modulação e do FEC, para uma BER típica de  $10^{-7}$ , utilizando-se DVB-S2**

<b>Modulação</b>	<b>FEC</b>	<b>Eficiência Espectral</b>	<b><math>E_b/N_0</math> Típico (dB)</b>
QPSK	1/2	0,988858	1,1
QPSK	3/5	1,188304	1,5
QPSK	2/3	1,322253	1,9
QPSK	3/4	1,487473	2,3
QPSK	4/5	1,587196	2,7
QPSK	5/6	1,654663	3,0
QPSK	8/9	1,766451	3,7
QPSK	9/10	1,788612	3,9
8PSK	3/5	1,779991	3,0
8PSK	2/3	1,980636	3,7
8PSK	3/4	2,228124	4,4
8PSK	5/6	2,478562	5,4
8PSK	8/9	2,646012	6,5
8PSK	9/10	2,679207	6,7
16APSK	2/3	2,637201	4,8
16APSK	3/4	2,966728	5,5
16APSK	4/5	3,165623	6,0
16APSK	5/6	3,300184	6,4
16APSK	8/9	3,523143	7,4
16APSK	9/10	3,567342	7,6
32APSK	3/4	3,703295	7,0
32APSK	4/5	3,951571	7,7
32APSK	5/6	4,11954	8,1
32APSK	8/9	4,397854	9,3
32APSK	9/10	4,453027	9,6

Nota: Os valores apresentados neste Anexo 2 são os valores da Norma DVBS-2, e não levam em conta a margem de implementação dos modems, que variam de acordo com o fabricante dos equipamentos.





Edição revisada em Abril de 2013

SUPERINTENDENTE DE SERVIÇOS PRIVADOS

**Bruno de Carvalho Ramos**

GERENTE GERAL DE SATÉLITES E SERVIÇOS GLOBAIS

**João Carlos Fagundes Albernaz**

GERENTE DE REGULAMENTAÇÃO

**Vania Maria da Silva**

RESPONSÁVEIS PELA REVISÃO

**Vania Maria da Silva** – Anatel

**Marcos Vinícius Ramos da Cruz** – Anatel

**Luciana Rabelo Novato Ferreira** – Anatel

**Antonio Paolino Iannelli** – Star One

**María Cristina García de Miguel** – Hispamar

Primeira Edição: Junho de 2006

SUPERINTENDENTE DE SERVIÇOS PRIVADOS

**Jarbas José Valente**

GERENTE GERAL DE SATÉLITES E SERVIÇOS GLOBAIS

**Sueli Matos de Araújo**

GERENTE DE REGULAMENTAÇÃO

**Vania Maria da Silva**

RESPONSÁVEIS PELA ELABORAÇÃO

**Vania Maria da Silva** – Anatel

**Marcos Vinícius Ramos da Cruz** – Anatel

**Antonio Paolino Iannelli** – Star One

**Flávio Bartolomeu da Silva** – Loral Skynet do Brasil



*Agência Nacional de Telecomunicações*

SAUS Quadra 6 – Ed. Ministro Sérgio Motta

Brasília DF – 70070-940

Tel: 61 2312-2000

Fax: 61 2312-2002

Central de Atendimento: 1331

Internet: [www.anatel.gov.br](http://www.anatel.gov.br)

Publicação original – Junho de 2006

Revisão – Abril de 2013