

## 4

### Resultados Numéricos

De modo a avaliar os efeitos da modelagem probabilística dos ganhos nos lóbulos laterais das antenas das estações terrenas no cálculo de interferências, os resultados desenvolvidos no Capítulo 3 são aplicados a ambientes interferentes contendo múltiplos satélites geoestacionários. Mais especificamente, são analisados três cenários envolvendo, respectivamente, dois, três e cinco sistemas via satélite operando na Banda Ka com antenas multi-feixe. Conforme ilustrado na Figura 4.1, nos sistemas considerados a comunicação é feita utilizando-se dois tipos de enlace: um enlace direto (*forward link*), correspondente a transmissões das estações do tipo *gateway* para os terminais de usuários, e um enlace reverso (*return link*), correspondente a transmissões dos terminais de usuários para as estações em gateway. Em todos os cenários analisados, os sistemas envolvidos foram considerados homogêneos, sendo os parâmetros de seus enlaces direto e reverso os apresentados nas tabelas 4.1 e 4.2, respectivamente. As áreas de serviço desses sistemas são definidas por múltiplos feixes circulares com 0.7 graus de abertura, com re-uso de frequência do tipo “quatro cores”, conforme ilustrado na Figura 4.2 para o caso particular de um satélite geoestacionário localizado a 23°W. Os resultados obtidos para cada um dos cenários analisados são apresentados nas seções a seguir.

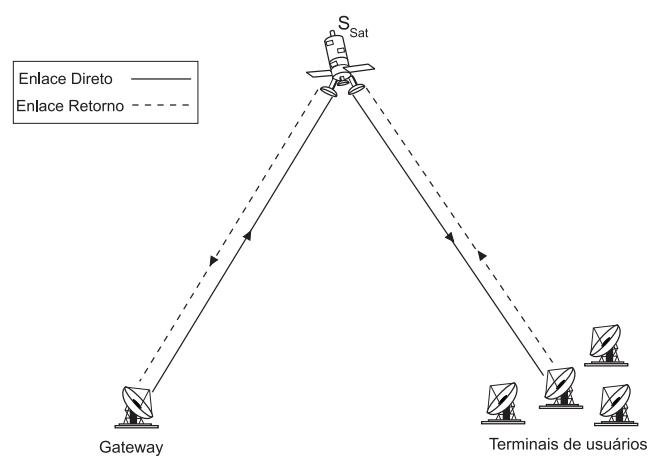


Figura 4.1: Enlaces direito e retorno

Tabela 4.1: Parâmetros do Enlace Direto

Lance de subida (Up-Link)	
frequência [GHz]	28.75
diâmetro da antena da estação terrena transmissora [m]	13
ganho máximo da antena da estação terrena transmissora [dBi]	69.25
potência da estação transmissora [dBW]	23
margem para atenuação por chuva [dB]	13
atenuação atmosférica [dB]	3
temperatura de ruido do satélite [K]	500
ganho máximo da antena de receptor do satélite [dBi]	47.97
Lance de descida (Down-Link)	
frequência [GHz]	19.2
diâmetro da antena da estação terrena receptora [m]	1.2
ganho máxima da antena da estação terrena receptora [dBi]	45.05
potência em receptor do satélite [dBW]	21.14
back-off [dB]	3
margem para atenuação por chuva [dB]	10.84
atenuação atmosférica [dB]	3
temperatura de ruido do receptor [K]	241
ganho máximo da antena de transmissão do satélite [dBi]	51.47

Tabela 4.2: Parâmetros de Enlace Reverso

Lance de subida (Up-Link)	
frequência [GHz]	29.5
diâmetro da antena da estação terrena transmissora [m]	1.2
ganho máximo da antena da estação terrena transmissora [dBi]	48.7842
potência da estação transmissora [dBW]	16.0206
margem para atenuação por chuva [dB]	10
atenuação atmosférica [dB]	3
temperatura de ruido do satélite [K]	500
ganho máximo da antena de receptor do satélite [dBi]	51.47
Lance de descida (Down-Link)	
frequência [GHz]	18.7
diâmetro da antena da estação terrena receptora [m]	13
ganho máxima da antena da estação terrena receptora [dBi]	65.5198
potência em receptor do satélite [dBW]	18
back-off [dB]	3
margem para atenuação por chuva [dB]	8
atenuação atmosférica [dB]	3
temperatura de ruido do receptor [K]	26914.6731
ganho máximo da antena de transmissão do satélite [dBi]	47.97

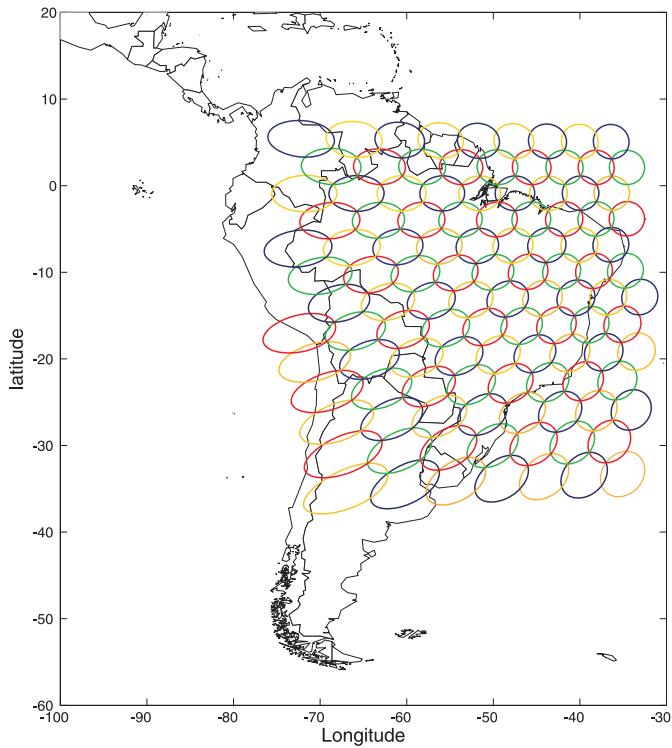


Figura 4.2: Feixes do Sistema Vítima (satélite  $S_V$ , posição orbital  $23^\circ\text{W}$ ).

## 4.1 Cenário I

Neste cenário, são considerados dois sistemas de comunicações por satélite, ambos com as características técnicas já mencionadas. O primeiro deles (sistema vítima,  $S_V$ ) tem seu satélite localizado na posição orbital  $23^\circ\text{W}$  e o segundo (sistema interferente,  $S_I$ ) tem seu satélite na posição orbital  $25^\circ\text{W}$ .

Foi considerada a interferência agregada produzida por 9 enlaces do sistema  $S_I$  em um enlace do sistema  $S_V$ . Conforme indicado nas figuras 4.3 e 4.4, os feixes de subida e descida destes nove enlaces foram escolhidos, respectivamente, como os vizinhos mais próximos (operando na mesma faixa de frequências) dos feixes de subida e descida do enlace vítima. As estações terrenas transmissoras dos enlaces interferentes foram colocadas na posição mais desfavorável da área de serviço em que estão localizadas. As estações terrenas receptoras dos enlaces interferentes e as estações terrenas transmissora e receptora do sistema vítima foram colocadas no centro das áreas de serviço correspondentes. Os locais das estações terrenas envolvidas estão também indicados nas figuras 4.3 e 4.4, para o sistema vítima e o sistema interferente, respectivamente. Os enlaces considerados neste cenário são ilustrados na Figura

## 4.5.

Os percursos das interferências que afetam os lances de subida e descida do enlace vítima encontram-se ilustrados nas figuras 4.6 e 4.7, respectivamente. Note que, neste caso, a variável aleatória  $z$  em (3-28) contém 10 parcelas: 9 delas correspondentes às variáveis aleatórias que caracterizam os ganhos das antenas transmissoras interferentes na direção do satélite vítima e 1 parcela que corresponde à variável aleatória que caracteriza o ganho da antena receptora do enlace vítima na direção do satélite interferente.

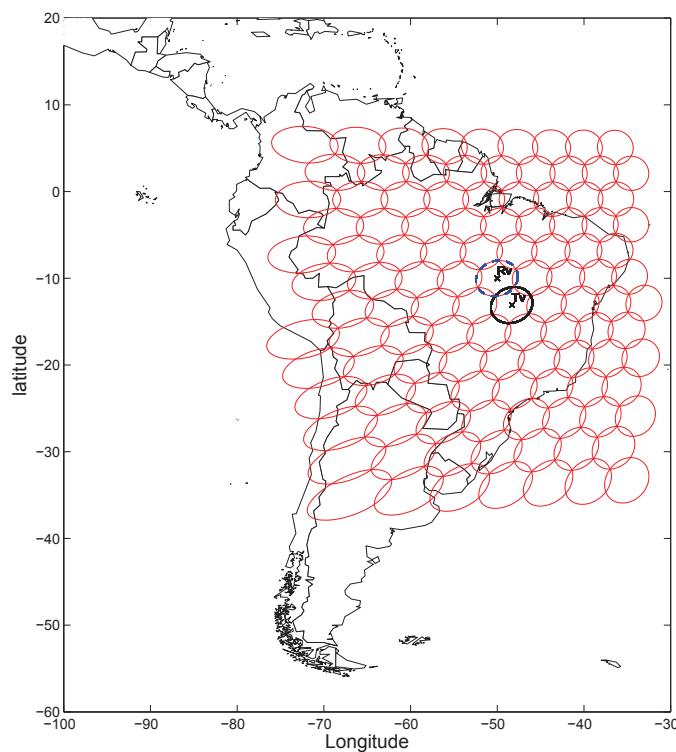


Figura 4.3: Localização das estações terrenas do sistema vítima

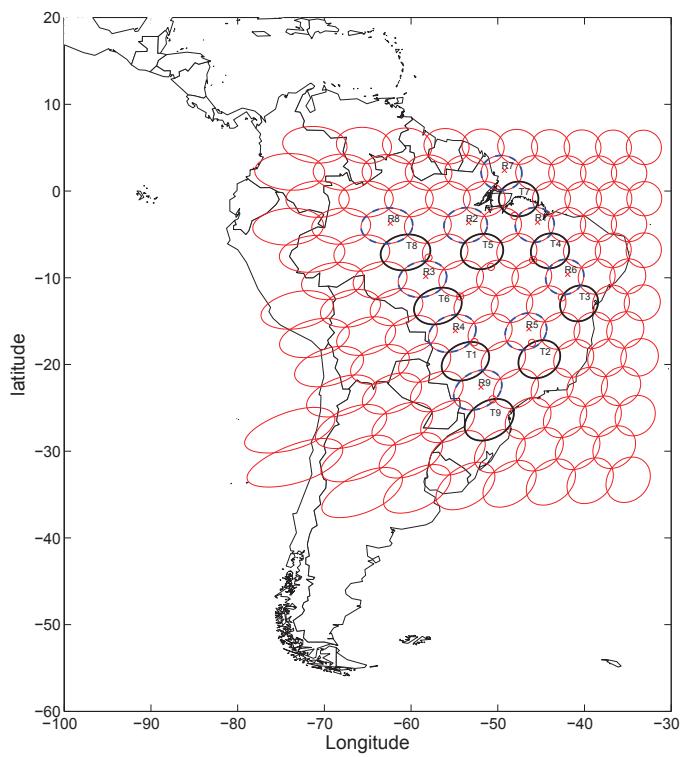


Figura 4.4: Localização das estações terrenas do sistema interferente

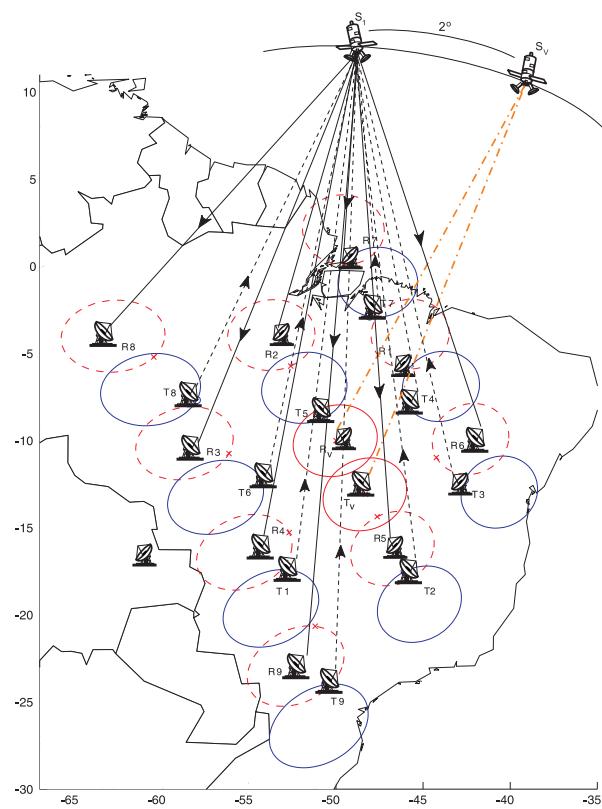


Figura 4.5: Enlaces considerados no Cenário I

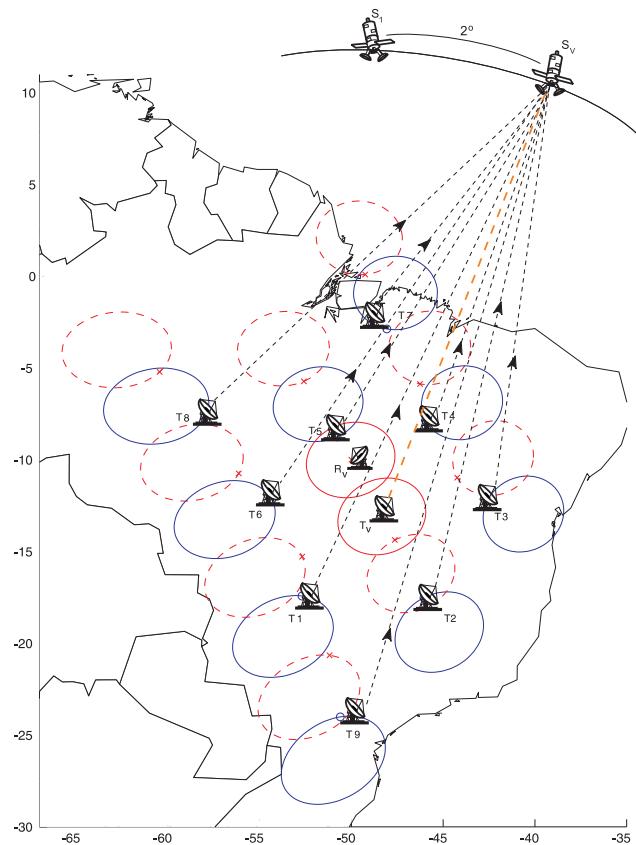


Figura 4.6: Interferência no lance de subida

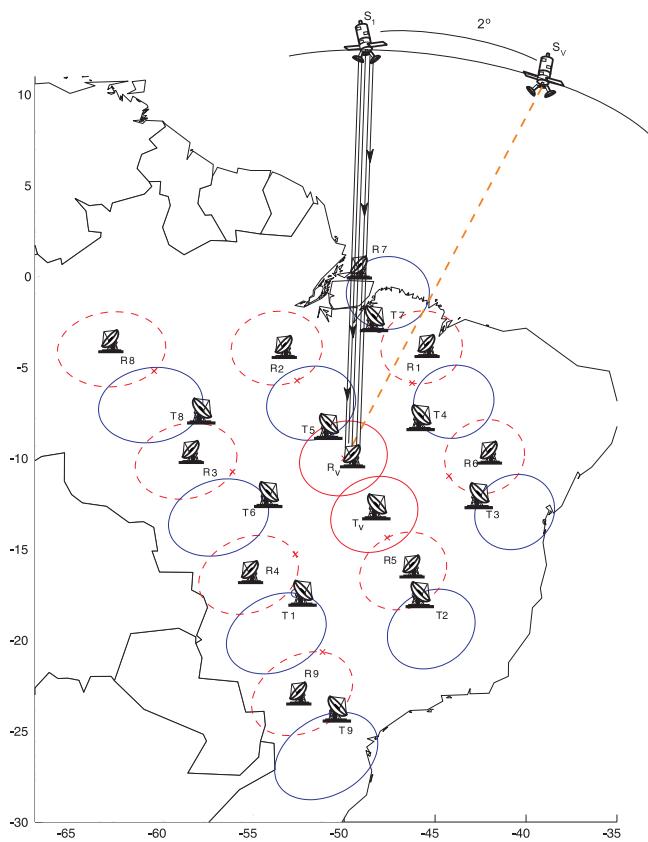


Figura 4.7: Interferência no lance de descida

### 4.1.1

#### Caso Exponencial

Neste caso, os ganhos nos lóbulos laterais das antenas das estações terrenas são modelados por variáveis aleatórias com função densidade de probabilidade exponenciais, sendo a função densidade de probabilidade  $p_{I/C}(\alpha)$ , da razão interferência-portadora, dada por (3-44), com  $F(Z)$  dada por (3-62) e (3-63). Os coeficientes  $c_\ell$  que aparecem em (3-62) são dados por (3-56) com os coeficientes  $a_j$  e  $b_j$  determinados de modo que a probabilidade de um ganho qualquer nos lóbulos laterais das antenas das estações terrenas exceder o diagrama de referência seja igual a 0,1. Considerando-se que o diagrama de referência dos lóbulos laterais das antenas são dados por  $32 - 25 \log \theta$ , os coeficientes  $a_j$  e  $b_j$  são dados por

$$a_j = \frac{\ln 10}{10^{3,2}} \theta_j^{2,5} \quad (4-1)$$

e

$$b_j = \frac{\ln 10}{10^{3,2}} \xi_j^{2,5} \quad (4-2)$$

A partir de  $p_{I/C}(\alpha)$  é possível determinar a função densidade de probabilidade  $p_{i/c}(\alpha)$  e a distribuição cumulativa de probabilidade  $C_{i/c}(\alpha)$  da razão interferência portadora expressa em dB, definidas em (3-47), (3-48), respectivamente. Além disso, considerando (3-49) é possível também determinar a função distribuição de probabilidade  $F_{c/i}(\alpha)$  da razão portadora-interferência (quando expressa em dB).

Os resultados obtidos para  $p_{I/C}(\alpha)$ ,  $p_{i/c}(\alpha)$ ,  $C_{i/c}(\alpha)$  e  $F_{c/i}(\alpha)$  são apresentados nas figuras 4.8 a 4.11 para o caso de interferência no enlace direto e nas figuras 4.12 a 4.15 para o caso de interferência no enlace reverso. Nas figuras estão também indicados os resultados correspondentes à modelagem determinística e à aproximação gaussiana.

### Enlace Direto

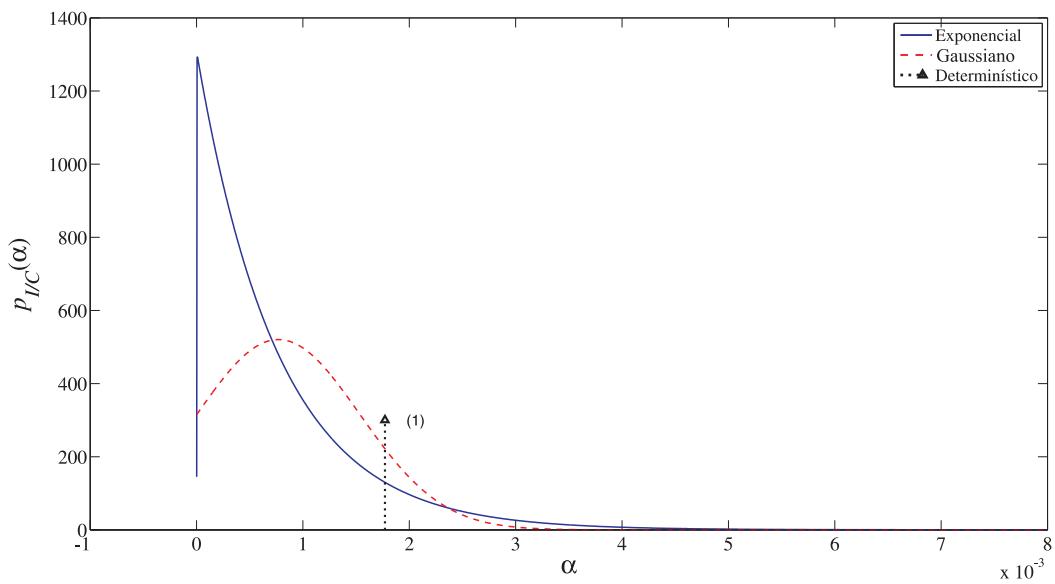


Figura 4.8: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora (caso exponencial, enlace direto).

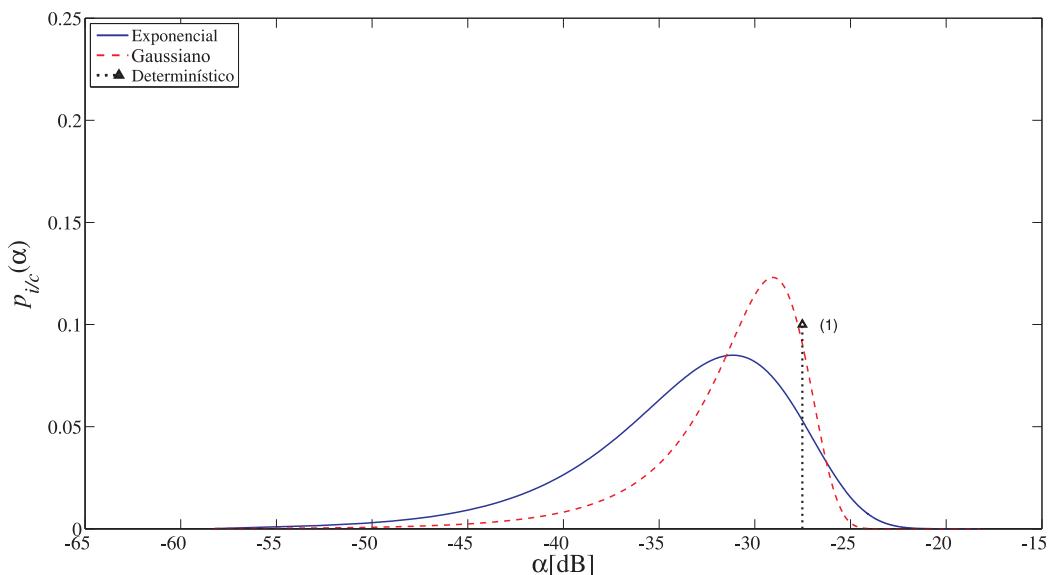


Figura 4.9: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora expressa em dB (caso exponencial, enlace direto).

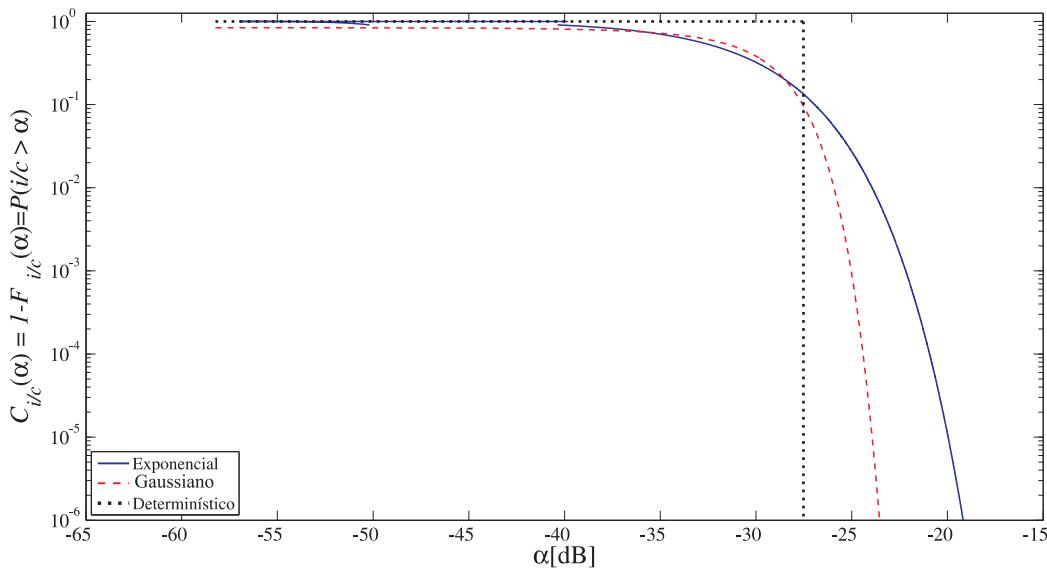


Figura 4.10: Distribuição cumulativa de probabilidade da razão interferência-portadora (caso exponencial, enlace direto).

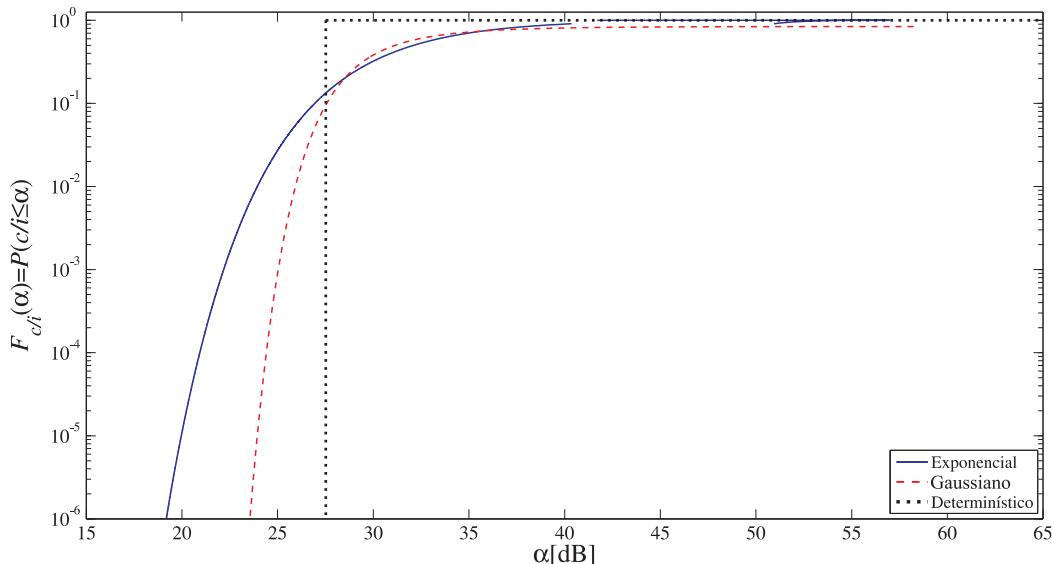


Figura 4.11: Função distribuição de probabilidade da razão portadora-interferência (caso exponencial, enlace direto).

## Enlace Reverso

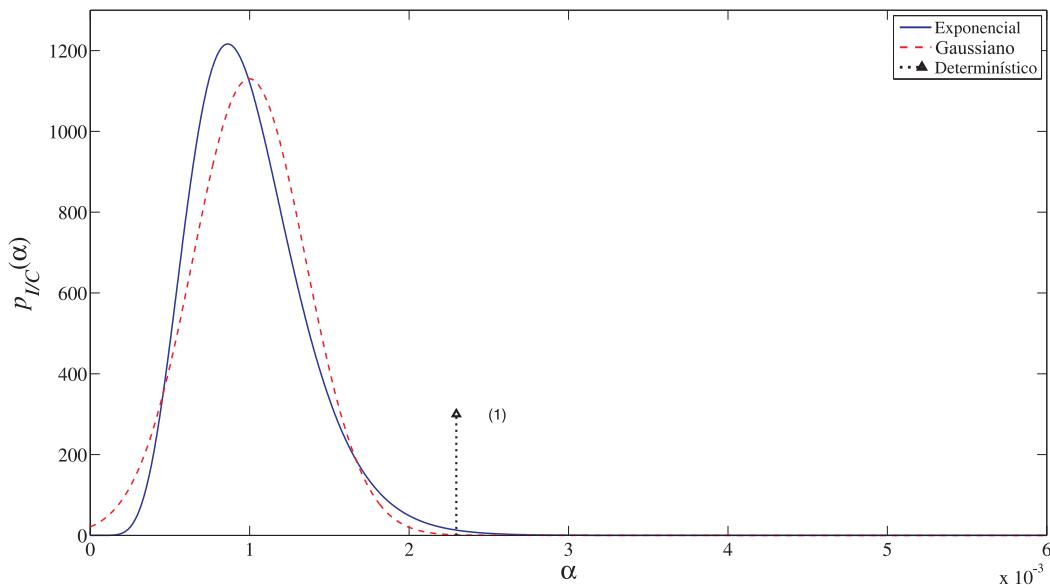


Figura 4.12: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora (caso exponencial, enlace reverso).

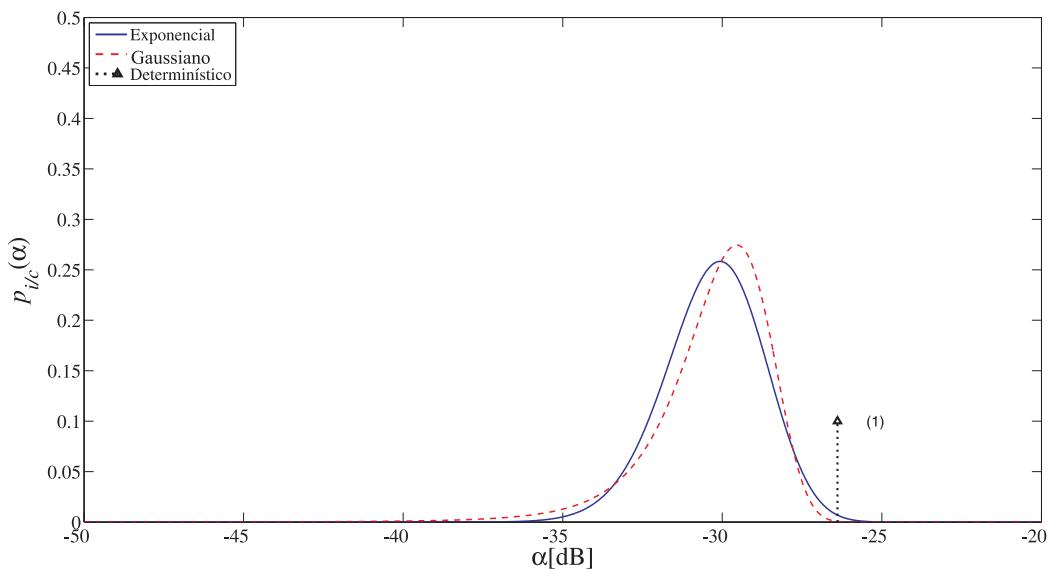


Figura 4.13: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora expressa em dB (caso exponencial, enlace reverso).

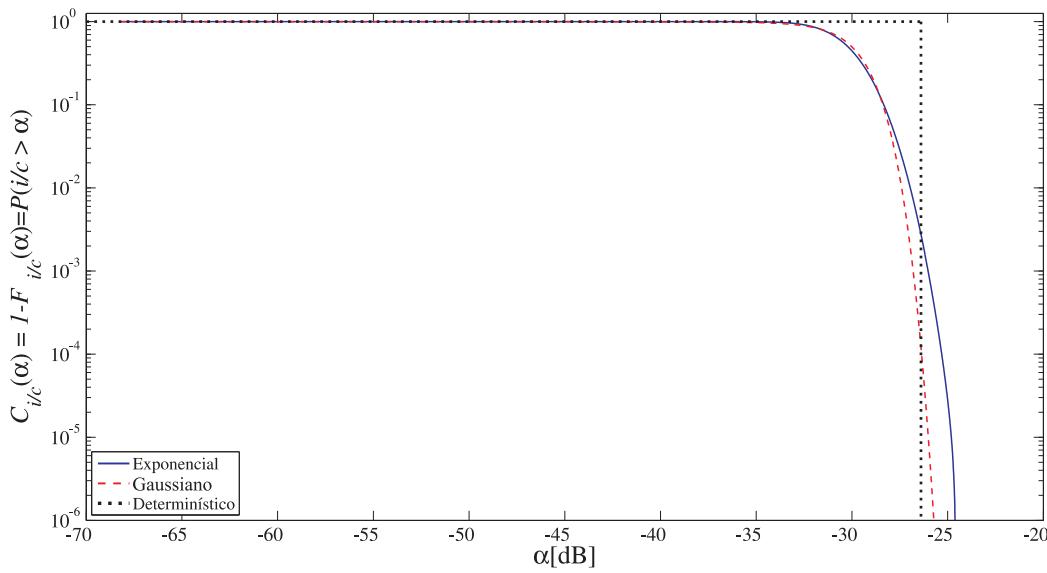


Figura 4.14: Distribuição cumulativa de probabilidade da razão interferência-portadora (caso exponencial, enlace reverso).

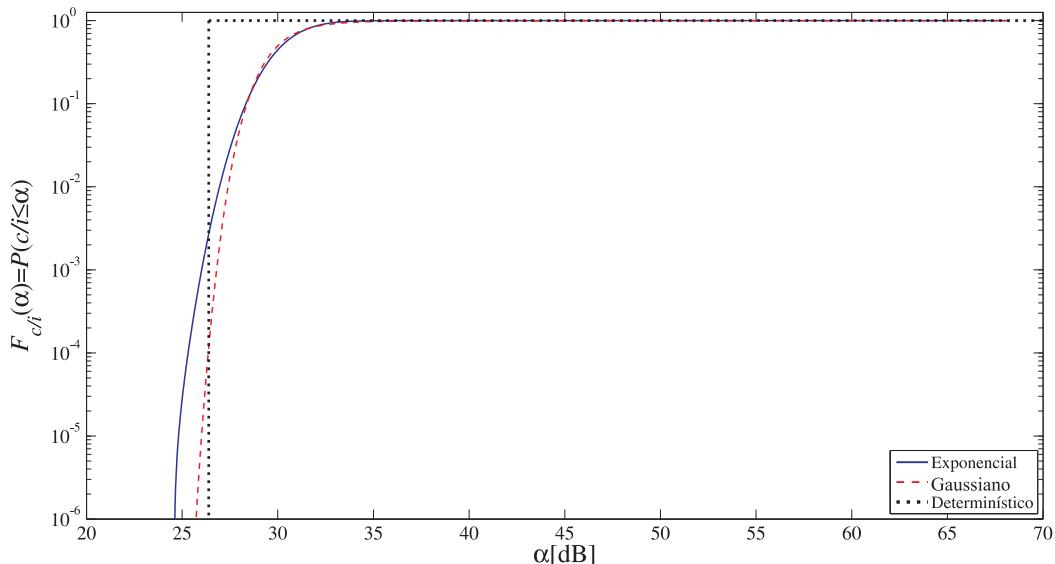


Figura 4.15: Função distribuição de probabilidade da razão portadora-interferência (caso exponencial, enlace reverso).

### 4.1.2

#### Caso Gama

Neste caso, os ganhos nos lóbulos laterais das antenas das estações terrenas são modelados por variáveis aleatórias com função densidade de probabilidade gama, sendo a função densidade de probabilidade  $p_{I/C}(\alpha)$ , da razão interferência-portadora, dada por (3-44), com  $F(Z)$  dada por (3-74) a (3-79). Os coeficientes  $s_j$  e  $c_j$  que aparecem em (3-75) e (3-76) foram determinados considerando-se duas condições: (i) que a probabilidade de um ganho qualquer nos lóbulos laterais das antenas das estações terrenas exceder o diagrama de referência é igual a 0,1 e (ii) que as variâncias das variáveis aleatórias que caracterizam os ganhos nos lóbulos laterais das antenas nos casos exponencial e gamma são iguais. Estas duas condições estão refletidas nas equações a seguir.

$$\int_0^{10^{3.2\theta-2.5}} c_j^{s_j} \beta^{s_j-1} e^{-c_j\beta} d\beta = 0,1 \quad (4-3)$$

e

$$c_j = \sqrt{s_j} c_j^{(exp)} \quad (4-4)$$

onde  $c_j^{(exp)}$  denota o parâmetro da função densidade de probabilidade do ganho no lóbulo lateral da antena no caso exponencial, determinado a partir de (3-56), (4-1) e (4-2).

A partir de  $p_{I/C}(\alpha)$  é possível determinar a função densidade de probabilidade  $p_{i/c}(\alpha)$  e a distribuição cumulativa de probabilidade  $C_{i/c}(\alpha)$  da razão interferência portadora expressa em dB, definidas em (3-47), (3-48), respectivamente. Além disso, considerando (3-49) é possível também determinar a função distribuição de probabilidade  $F_{c/i}(\alpha)$  da razão portadora-interferência (quando expressa em dB).

Os resultados obtidos para  $p_{I/C}(\alpha)$ ,  $p_{i/c}(\alpha)$ ,  $C_{i/c}(\alpha)$  e  $F_{c/i}(\alpha)$  são apresentados nas figuras 4.16 a 4.19 para o caso de interferência no enlace direto e nas figuras 4.20 a 4.23 para o caso de interferência no enlace reverso. Nas figuras estão também indicados os resultados correspondentes à modelagem determinística e à aproximação gaussiana.

### Enlace Direto

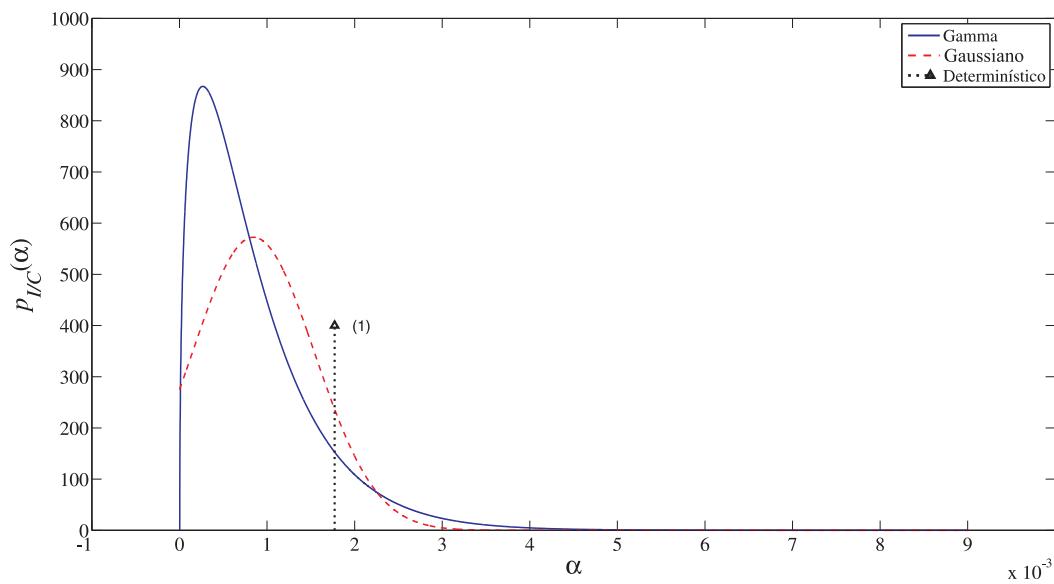


Figura 4.16: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora (caso gama, enlace direto).

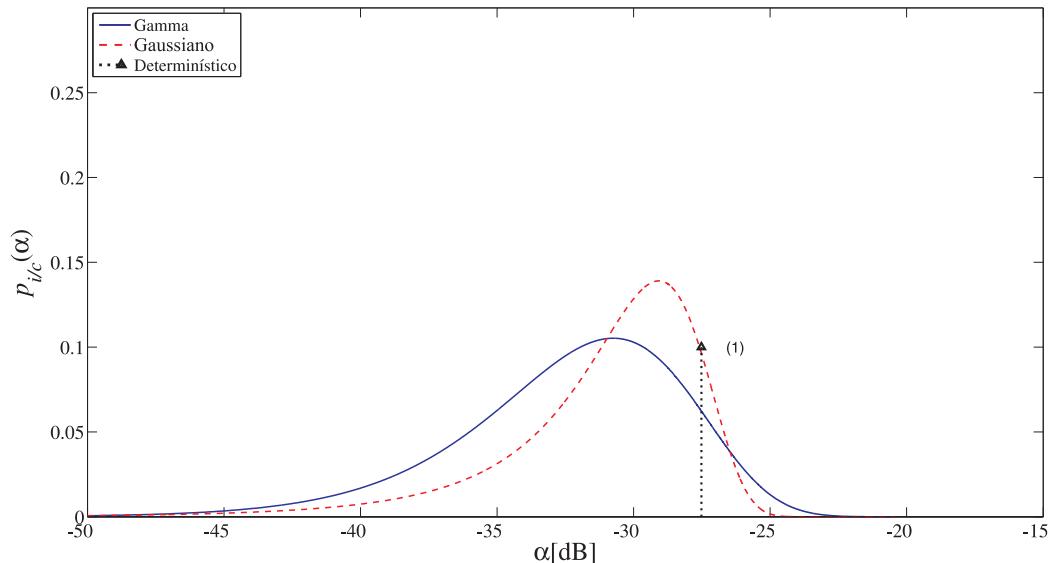


Figura 4.17: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora expressa em dB (caso gama, enlace direto).

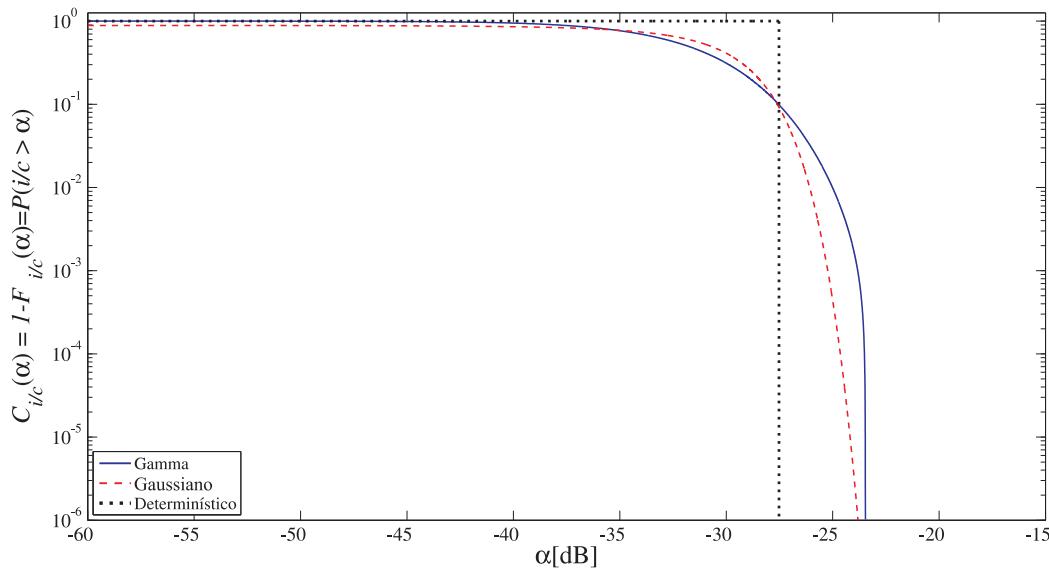


Figura 4.18: Distribuição cumulativa de probabilidade da razão interferência-portadora (caso gama, enlace direto).

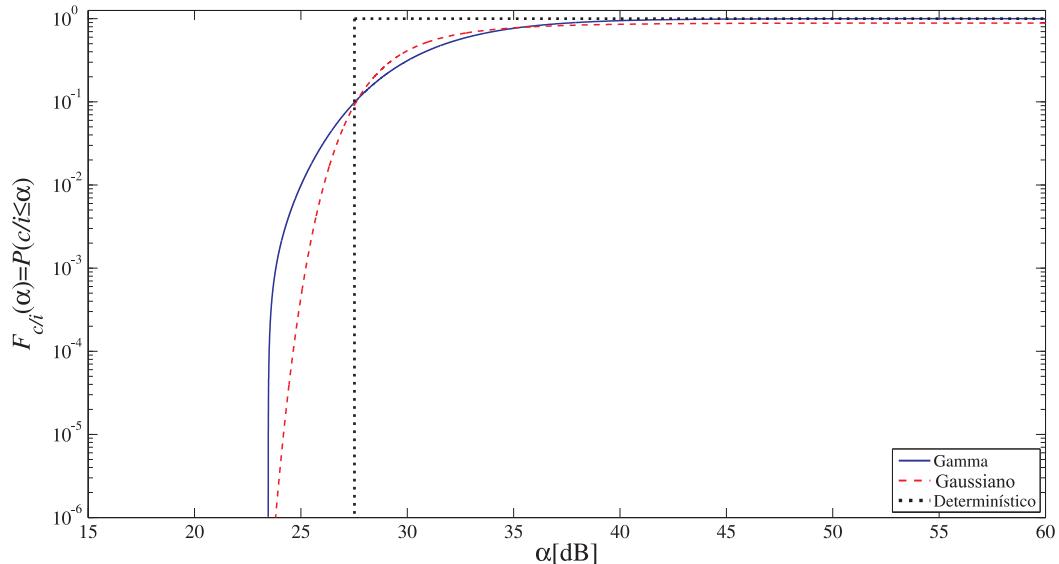


Figura 4.19: Função distribuição de probabilidade da razão portadora-interferência (caso gama, enlace direto).

## Enlace Reverso

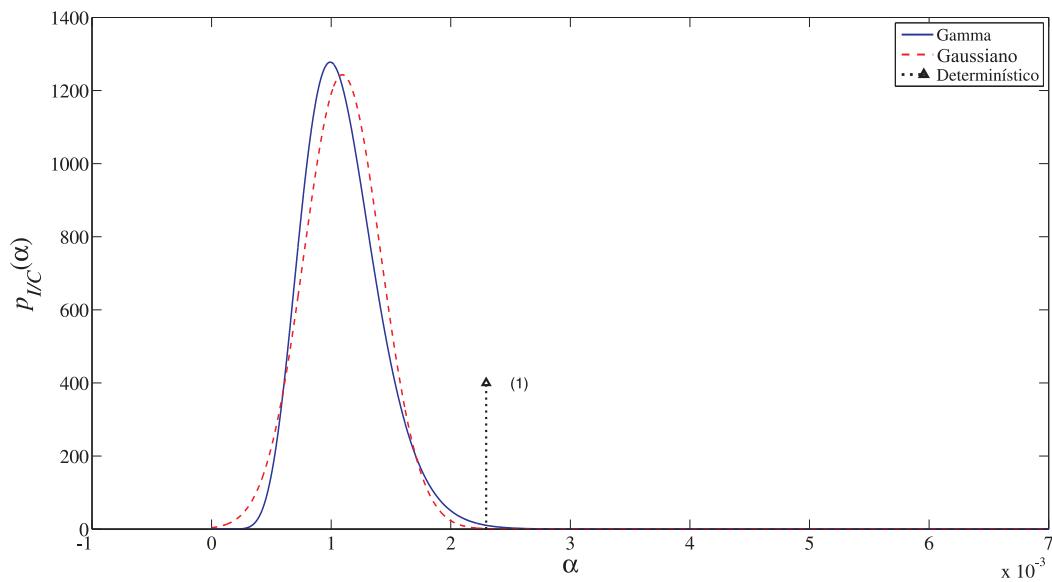
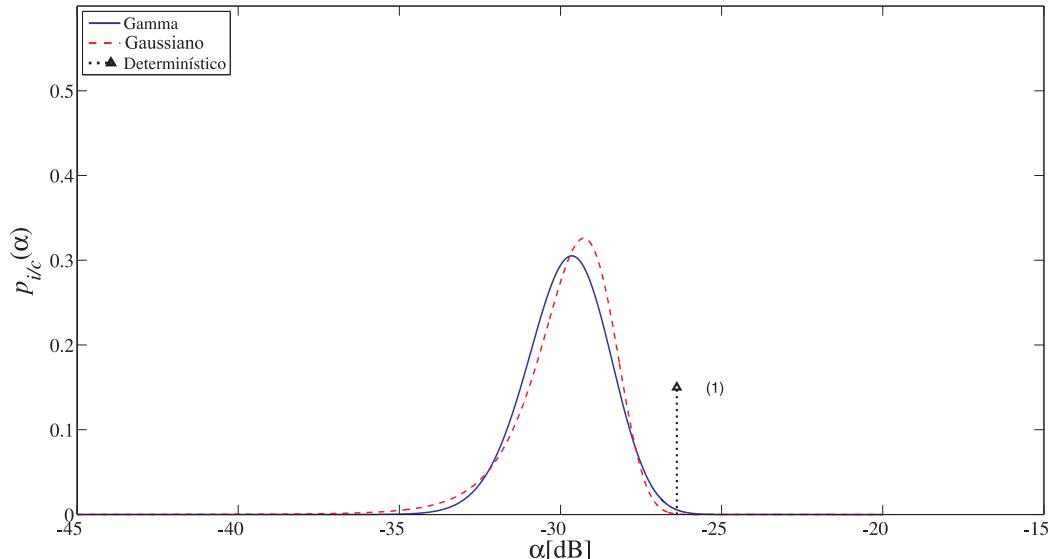


Figura 4.20: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora (caso gama, enlace reverso).



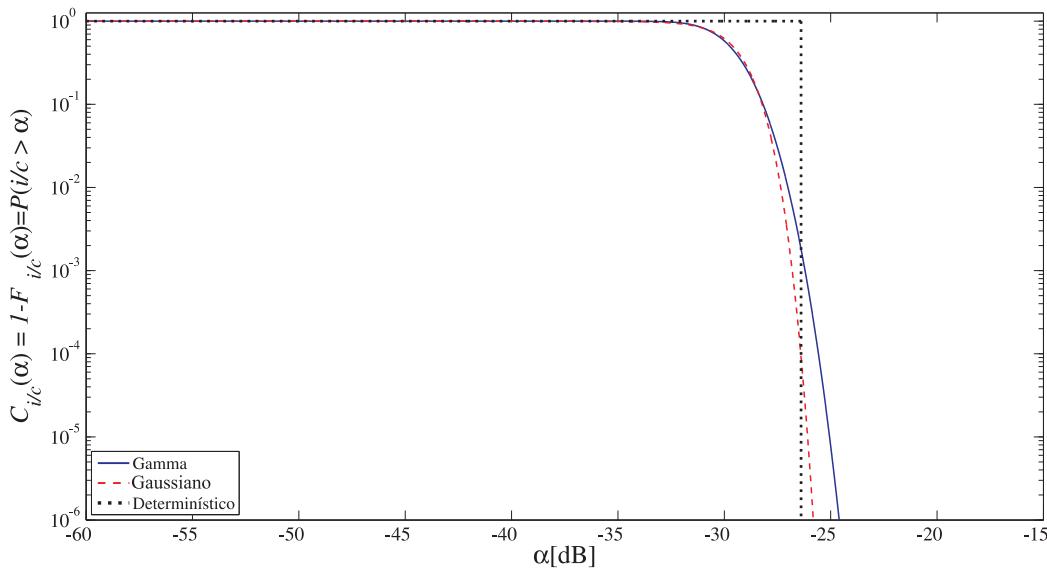


Figura 4.22: Distribuição cumulativa de probabilidade da razão interferência-portadora (caso gama, enlace reverso).

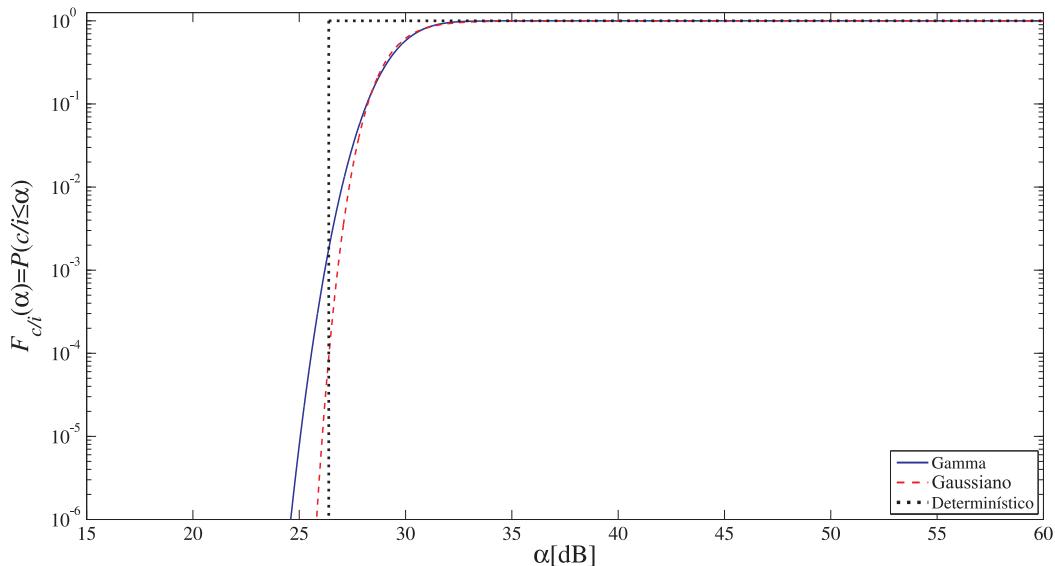


Figura 4.23: Função distribuição de probabilidade da razão portadora-interferência (caso gama, enlace reverso).

## 4.2

### Cenário II

Neste cenário, são considerados três sistemas de comunicações por satélite, todos com as características técnicas mencionadas no início desta capítulo. Um deles (sistema vítima,  $S_V$ ) tem seu satélite localizado na posição orbital  $23^\circ\text{W}$  e os dois outros (sistemas interferentes,  $S_1$  e  $S_2$ ) têm seus satélites nas posições orbitais  $25^\circ\text{W}$  e  $21^\circ\text{W}$ .

Foi considerada a interferência agregada produzida por 18 enlaces (9 do sistema  $S_1$  e 9 do sistema  $S_2$ ) no enlace vítima do sistema  $S_V$ . Como no Cenário I, em cada sistema interferente, os feixes de subida e descida foram escolhidos, respectivamente, como os vizinhos mais próximos (operando na mesma faixa de frequências) dos feixes de subida e descida do enlace vítima. As estações terrenas transmissoras dos enlaces interferentes foram colocadas na posição mais desfavorável da área de serviço em que estão localizadas. As estações terrenas receptoras dos enlaces interferentes e as estações terrenas transmissora e receptora do sistema vítima foram colocadas no centro das áreas de serviço correspondentes. Os enlaces considerados neste cenário são ilustrados na Figura 4.24.

Os percursos das interferências que afetam o lance de subida do enlace vítima são os mesmos para os sistemas  $S_1$  e  $S_2$  e podem ser apreciados na Figura 4.6. Os percursos das interferências que afetam o lance de descida do enlace vítima encontram-se ilustrados na Figuras 4.25. Note que, neste caso, a variável aleatória  $z$  em (3-28) contém 20 parcelas: 18 delas correspondentes às variáveis aleatórias que caracterizam os ganhos das antenas transmissoras interferentes na direção do satélite vítima e 2 parcelas que correspondem às variáveis aleatórias que caracterizam os ganhos da antena receptora do enlace vítima nas direções dos satélites interferentes.

#### 4.2.1

##### Caso Exponencial

Neste caso, os ganhos nos lóbulos laterais das antenas das estações terrenas são modelados por variáveis aleatórias com função densidade de probabilidade exponenciais, sendo a função densidade de probabilidade  $p_{I/C}(\alpha)$ , da razão interferência-portadora, dada por (3-44), com  $F(Z)$  dada por (3-62) e (3-63). Como no Cenário I, os parâmetros das densidades de probabilidade dos ganhos nos lóbulos laterais das antenas foram determinados utilizando-se (4-1) e (4-2).

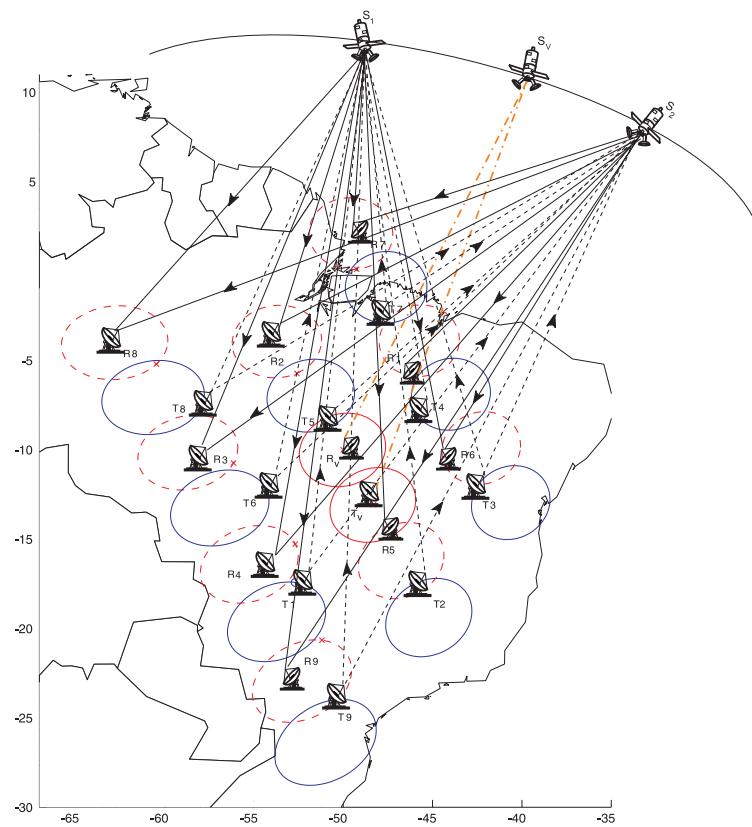


Figura 4.24: Enlaces considerados no Cenário II

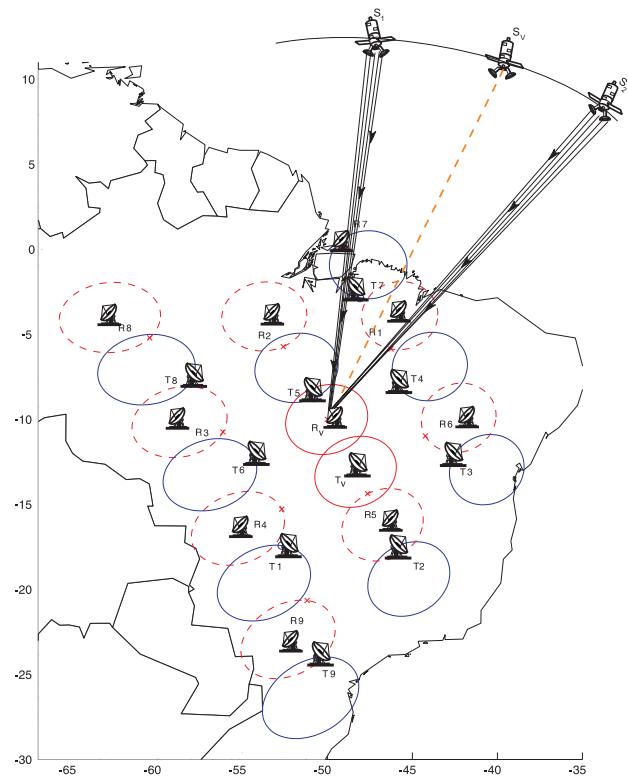


Figura 4.25: Interferência no lance de descida com 2 sistemas interferentes

A partir de  $p_{I/C}(\alpha)$  é possível determinar a função densidade de probabilidade  $p_{i/c}(\alpha)$  e a distribuição cumulativa de probabilidade  $C_{i/c}(\alpha)$  da razão interferência portadora expressa em dB, definidas em (3-47), (3-48), respectivamente. Além disso, considerando (3-49) é possível também determinar a função distribuição de probabilidade  $F_{c/i}(\alpha)$  da razão portadora-interferência (quando expressa em dB).

Os resultados obtidos para  $p_{I/C}(\alpha)$ ,  $p_{i/c}(\alpha)$ ,  $C_{i/c}(\alpha)$  e  $F_{c/i}(\alpha)$  são apresentados nas figuras 4.26 a 4.29 para o caso de interferência no enlace direto e nas figuras 4.30 a 4.33 para o caso de interferência no enlace reverso. Nas figuras estão também indicados os resultados correspondentes à modelagem determinística e à aproximação gaussiana.

### Enlace Direto

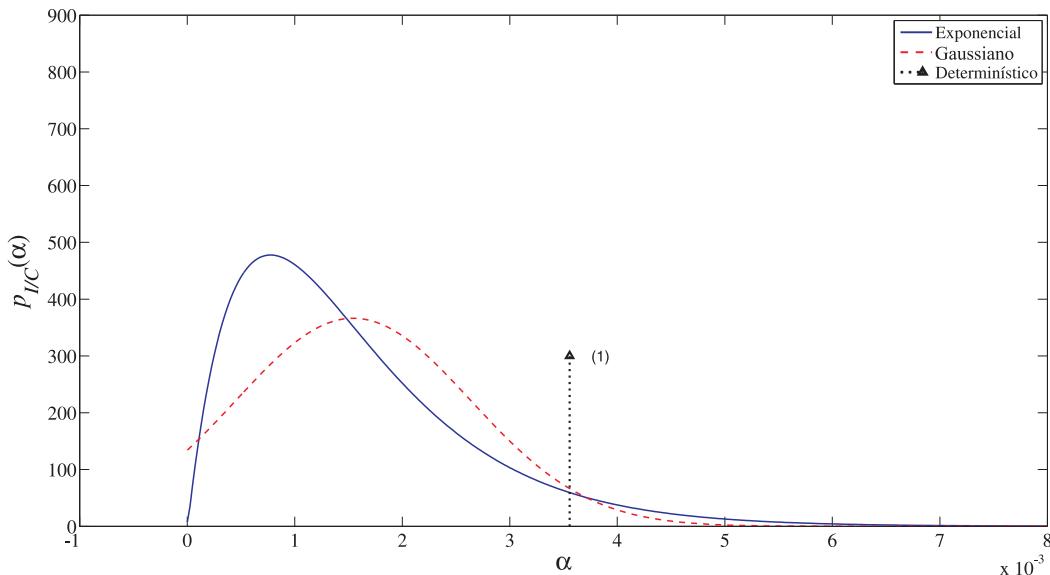


Figura 4.26: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora (caso exponencial, enlace direto).

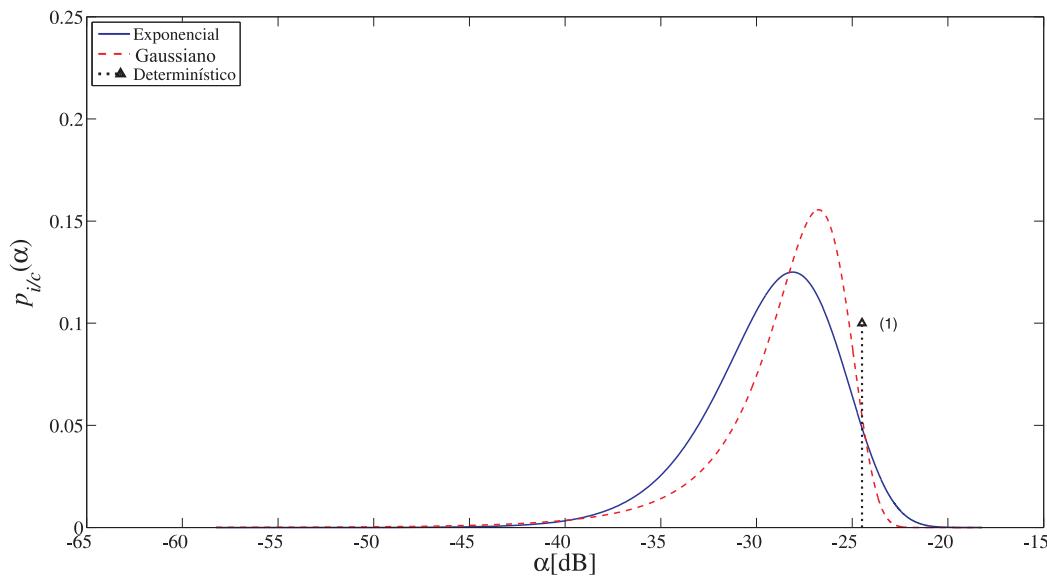


Figura 4.27: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora expressa em dB (caso exponencial, enlace direto).

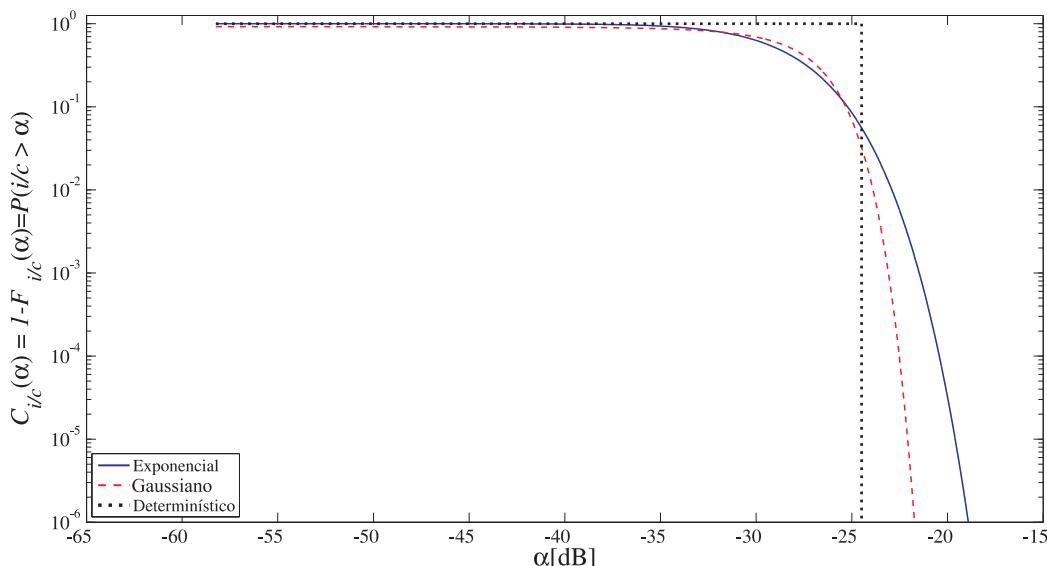


Figura 4.28: Distribuição cumulativa de probabilidade da razão interferência-portadora (caso exponencial, enlace direto).

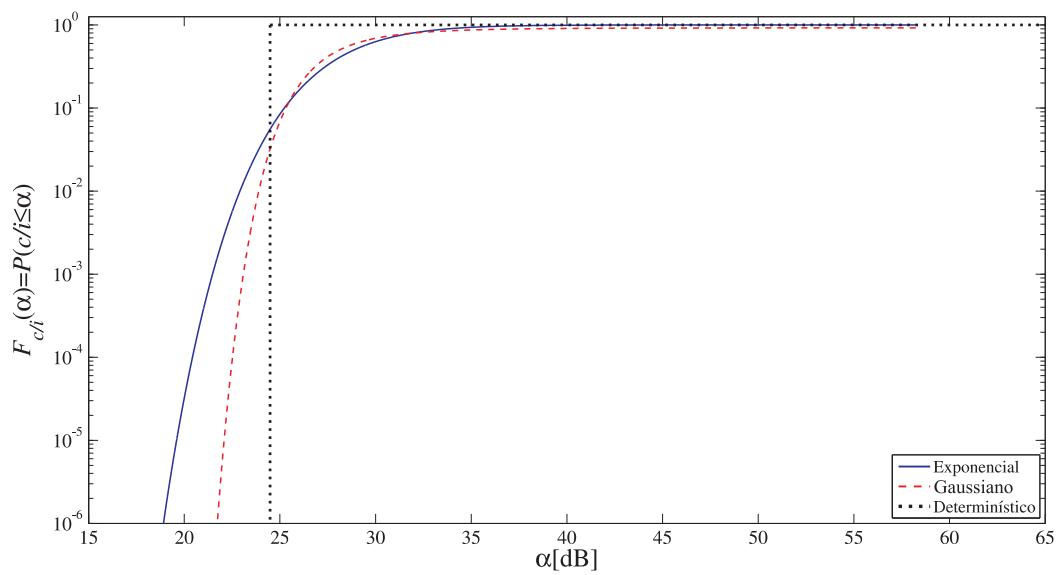


Figura 4.29: Função distribuição de probabilidade da razão portadora-interferência (caso exponencial, enlace direto).

### Enlace Reverso

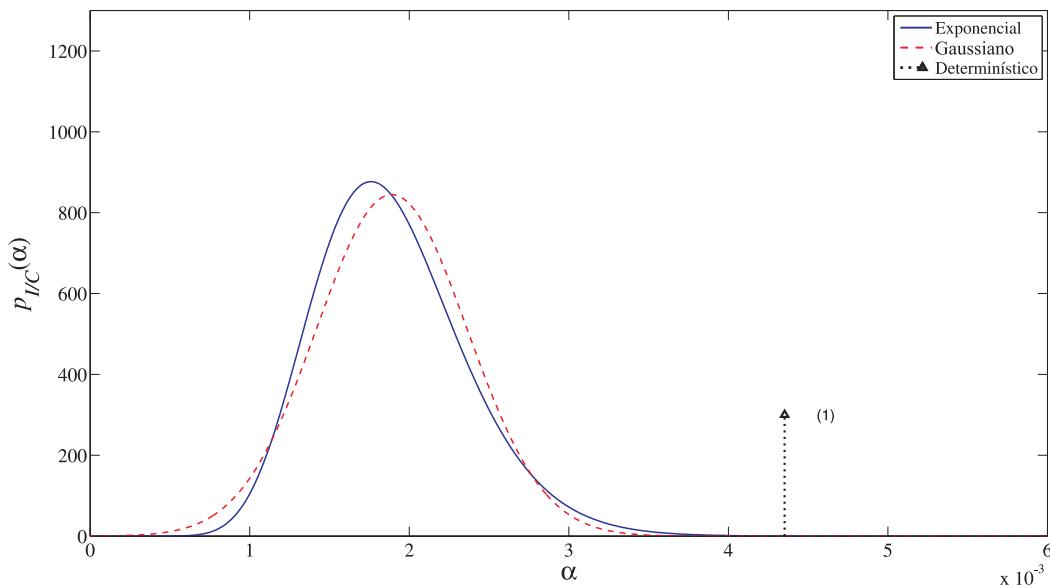


Figura 4.30: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora (caso exponencial, enlace reverso).

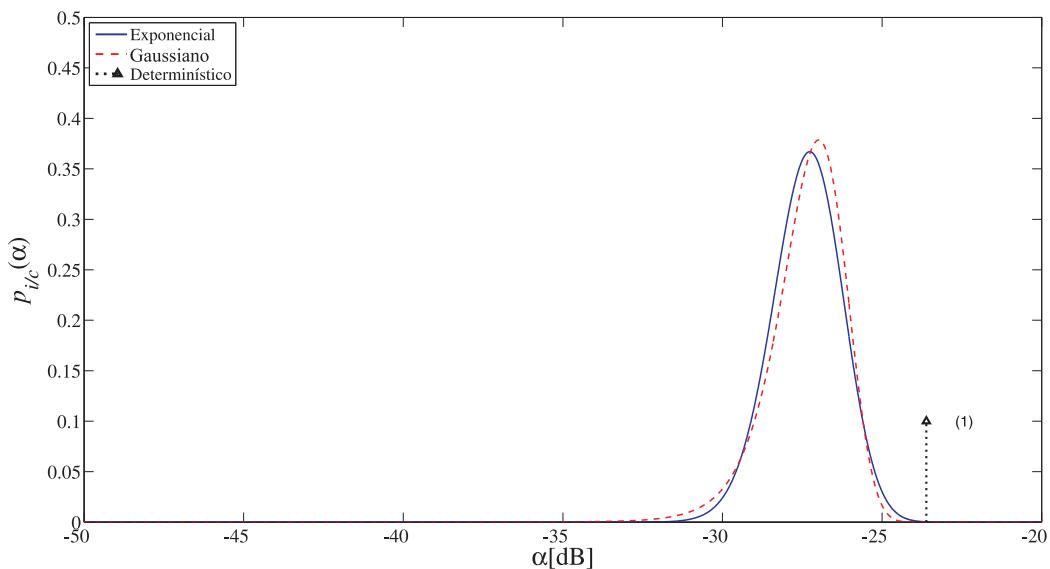


Figura 4.31: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora expressa em dB (caso exponencial, enlace reverso).

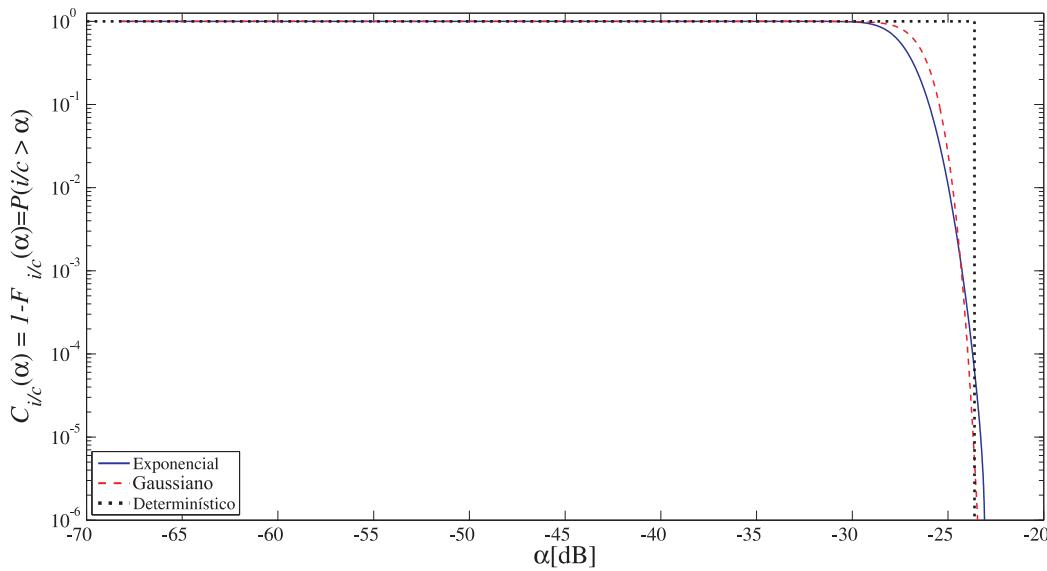


Figura 4.32: Distribuição cumulativa de probabilidade da razão interferência-portadora (caso exponencial, enlace reverso).

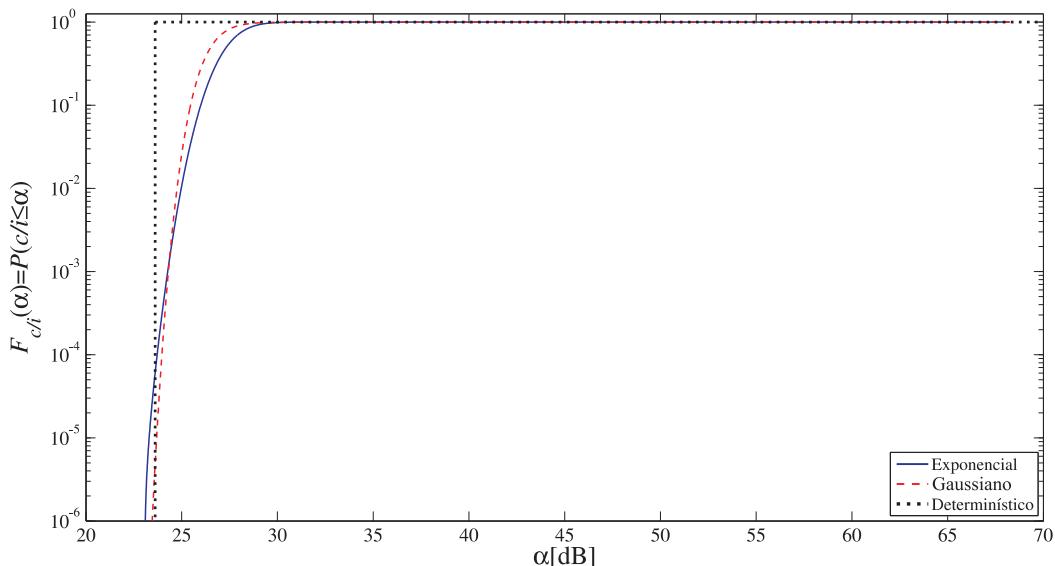


Figura 4.33: Função distribuição de probabilidade da razão portadora-interferência (caso exponencial, enlace reverso).

### 4.2.2 Caso Gama

Neste caso, os ganhos nos lóbulos laterais das antenas das estações terrenas são modelados por variáveis aleatórias com função densidade de probabilidade gama, sendo a função densidade de probabilidade  $p_{I/C}(\alpha)$ , da razão interferência-portadora, dada por (3-44), com  $F(Z)$  dada por (3-74) a (3-79). Como no Cenário I, os parâmetros das densidades de probabilidade dos ganhos nos lóbulos laterais das antenas foram determinados utilizando-se (4-3) e (4-4).

A partir de  $p_{I/C}(\alpha)$  é possível determinar a função densidade de probabilidade  $p_{i/c}(\alpha)$  e a distribuição cumulativa de probabilidade  $C_{i/c}(\alpha)$  da razão interferência portadora expressa em dB, definidas em (3-47), (3-48), respectivamente. Além disso, considerando (3-49) é possível também determinar a função distribuição de probabilidade  $F_{c/i}(\alpha)$  da razão portadora-interferência (quando expressa em dB).

Os resultados obtidos para  $p_{I/C}(\alpha)$ ,  $p_{i/c}(\alpha)$ ,  $C_{i/c}(\alpha)$  e  $F_{c/i}(\alpha)$  são apresentados nas figuras 4.34 a 4.37 para o caso de interferência no enlace direto e nas figuras 4.38 a 4.41 para o caso de interferência no enlace reverso. Nas figuras estão também indicados os resultados correspondentes à modelagem determinística e à aproximação gaussiana.

#### Enlace Direto

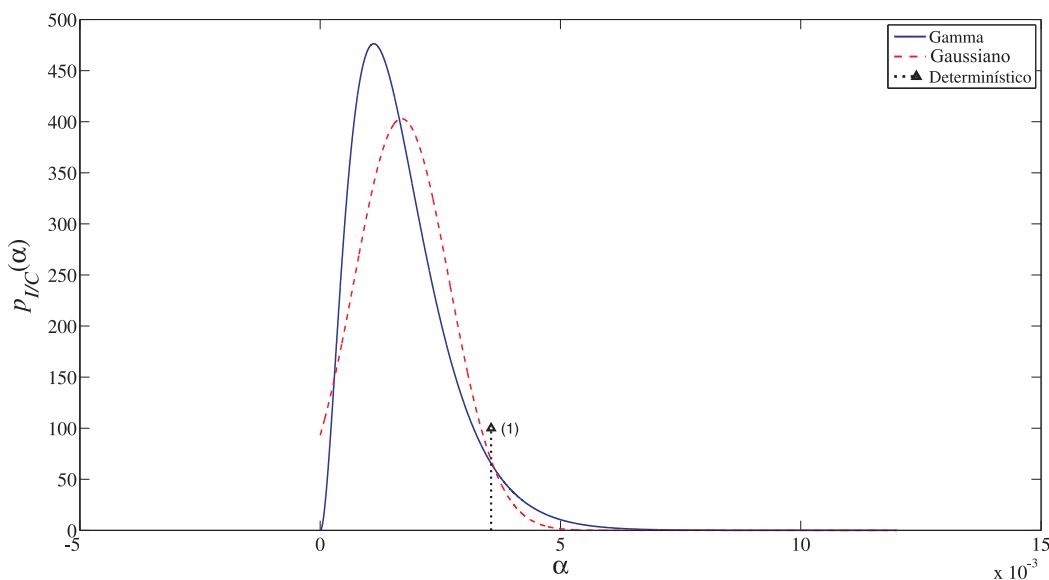


Figura 4.34: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora (caso gama, enlace direto).

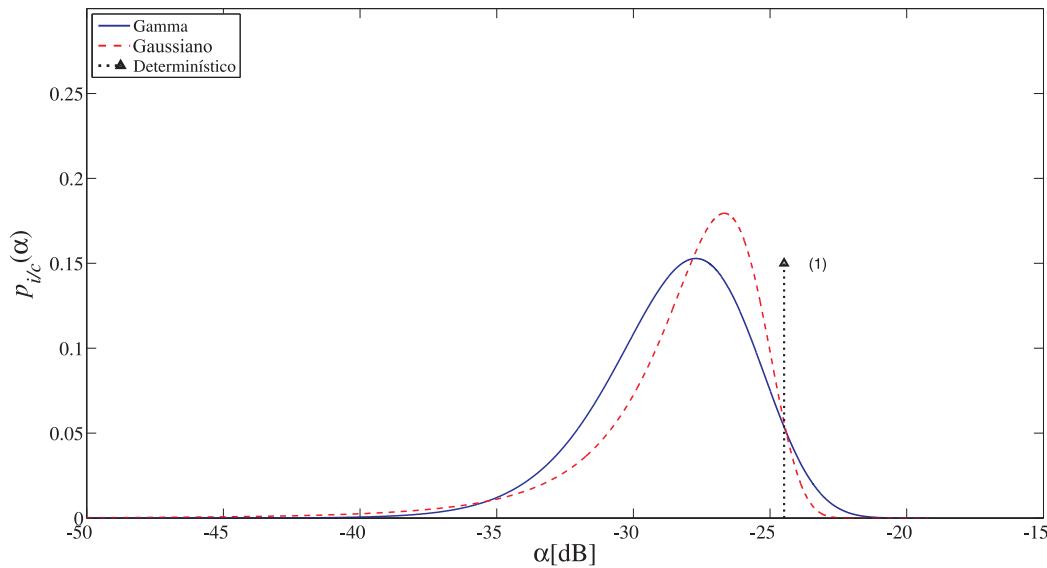


Figura 4.35: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora expressa em dB (caso gama, enlace direto).

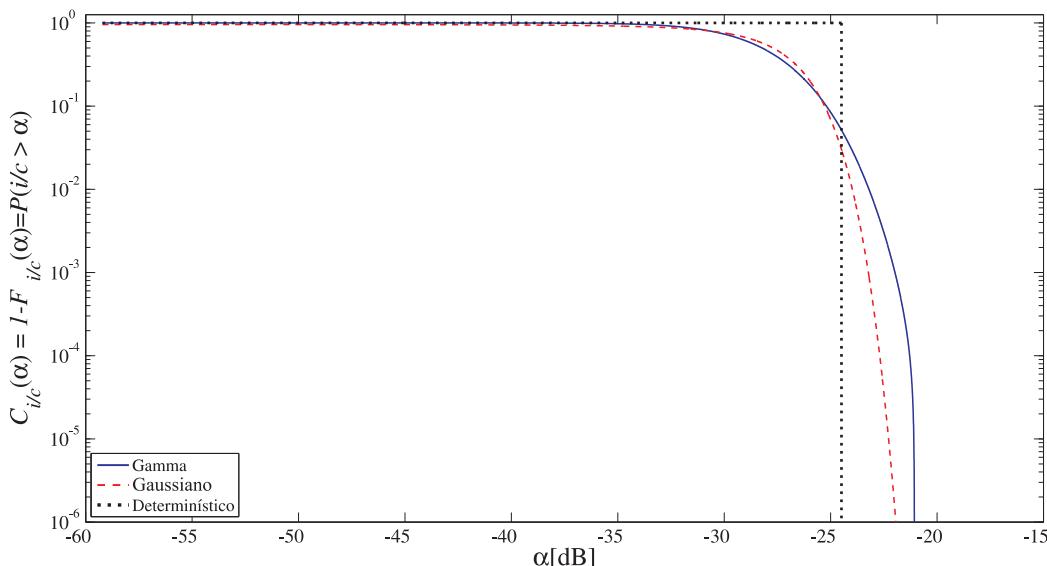


Figura 4.36: Distribuição cumulativa de probabilidade da razão interferência-portadora (caso gama, enlace direto).

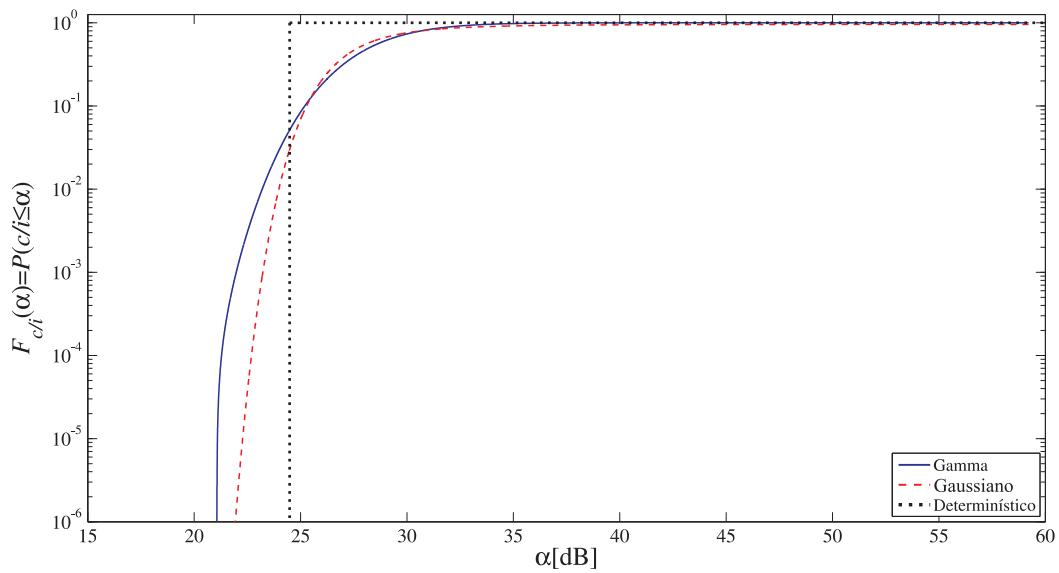


Figura 4.37: Função distribuição de probabilidade da razão portadora-interferência (caso gama, enlace direto).

## Enlace Reverso

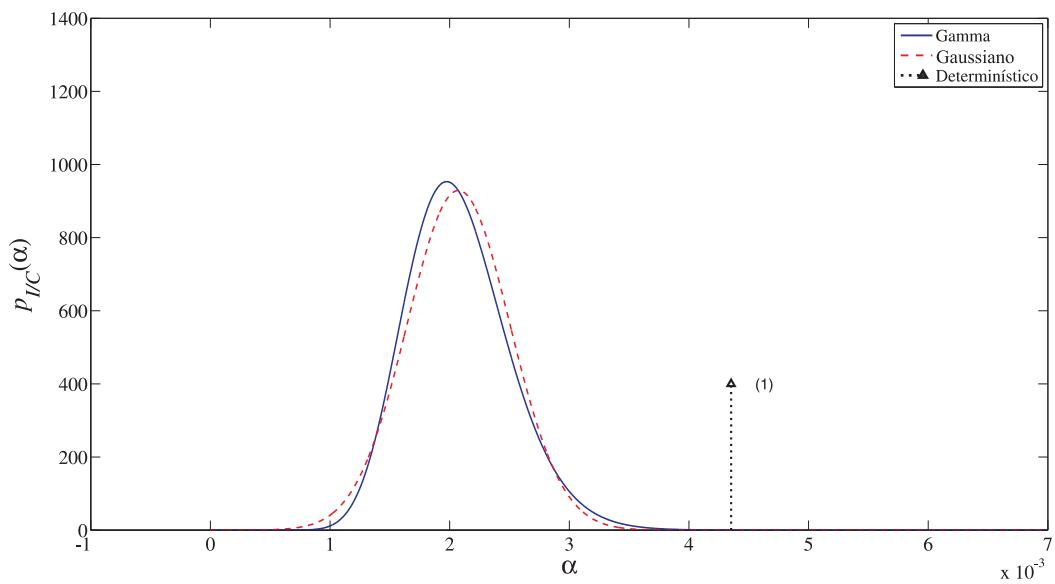


Figura 4.38: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora (caso gama, enlace reverso).

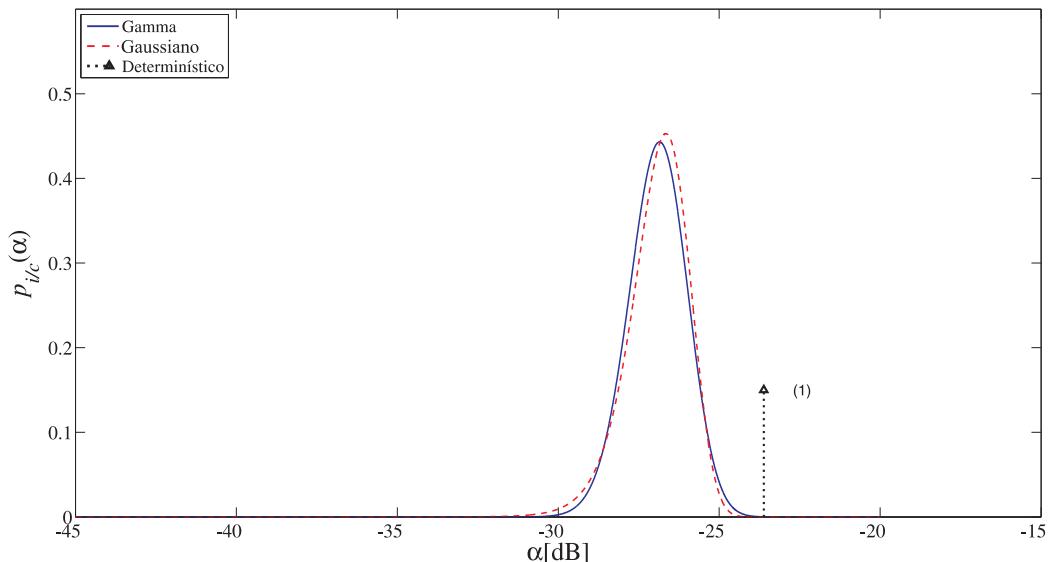


Figura 4.39: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora expressa em dB (caso gama, enlace reverso).

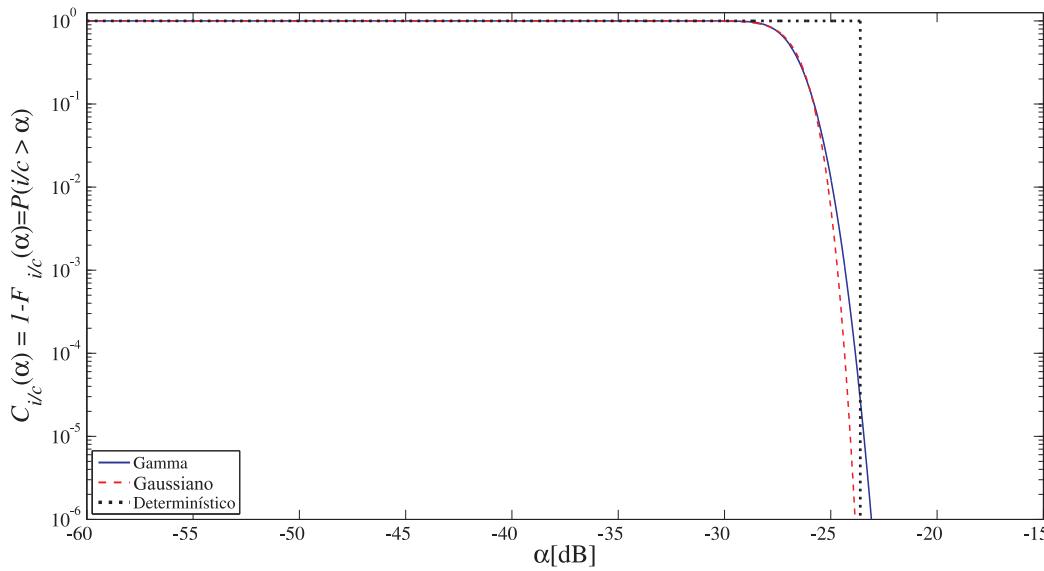


Figura 4.40: Distribuição cumulativa de probabilidade da razão interferência-portadora (caso gama, enlace reverso).

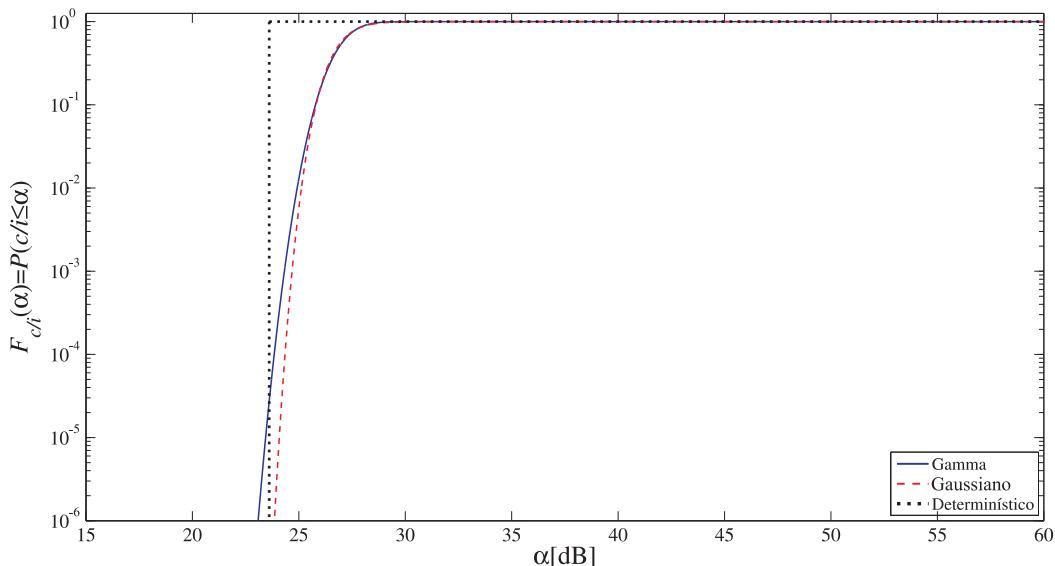


Figura 4.41: Função distribuição de probabilidade da razão portadora-interferência (caso gama, enlace reverso).

### 4.3 Cenário III

Neste cenário, são considerados cinco sistemas de comunicações por satélite, todos com as características técnicas mencionadas no início desta capítulo. Um deles (sistema vítima,  $S_V$ ) tem seu satélite localizado na posição orbital  $23^\circ\text{W}$  e os quatro outros (sistemas interferentes,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  e  $S_4$ ) têm seus satélites nas posições orbitais  $25^\circ\text{W}$ ,  $21^\circ\text{W}$ ,  $27^\circ\text{W}$  e  $19^\circ\text{W}$ .

Foi considerada a interferência agregada produzida por 36 enlaces (9 de cada sistema interferente) no enlace vítima do sistema  $S_V$ . Como nos cenário I e II, em cada sistema interferente, os feixes de subida e descida foram escolhidos, respectivamente, como os vizinhos mais próximos (operando na mesma faixa de frequências) dos feixes de subida e descida do enlace vítima. As estações terrenas transmissoras dos enlaces interferentes foram colocadas na posição mais desfavorável da área de serviço em que estão localizadas. As estações terrenas receptoras dos enlaces interferentes e as estações terrenas transmissora e receptora do sistema vítima foram colocadas no centro das áreas de serviço correspondentes. Os enlaces considerados neste cenário são ilustrados na Figura 4.42.

Os percursos das interferências que afetam o lance de subida do enlace vítima são os mesmos para os sistemas  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  e  $S_4$  e podem ser apreciados na Figura 4.6. Os percursos das interferências que afetam o lance de descida do enlace vítima encontram-se ilustrados na Figura 4.43. Note que, neste caso, a variável aleatória  $z$  em (3-28) contém 40 parcelas: 36 delas correspondentes às variáveis aleatórias que caracterizam os ganhos das antenas transmissoras interferentes na direção do satélite vítima e 4 parcelas que correspondem às variáveis aleatórias que caracterizam os ganhos da antena receptora do enlace vítima nas direções dos satélites interferentes.

#### 4.3.1 Caso Exponencial

Neste caso, os ganhos nos lóbulos laterais das antenas das estações terrenas são modelados por variáveis aleatórias com função densidade de probabilidade exponenciais, sendo a função densidade de probabilidade  $p_{I/C}(\alpha)$ , da razão interferência-portadora, dada por (3-44), com  $F(Z)$  dada por (3-62) e (3-63). Como nos cenários anteriores, os parâmetros das densidades de probabilidade dos ganhos nos lóbulos laterais das antenas foram determinados utilizando-se (4-1) e (4-2).

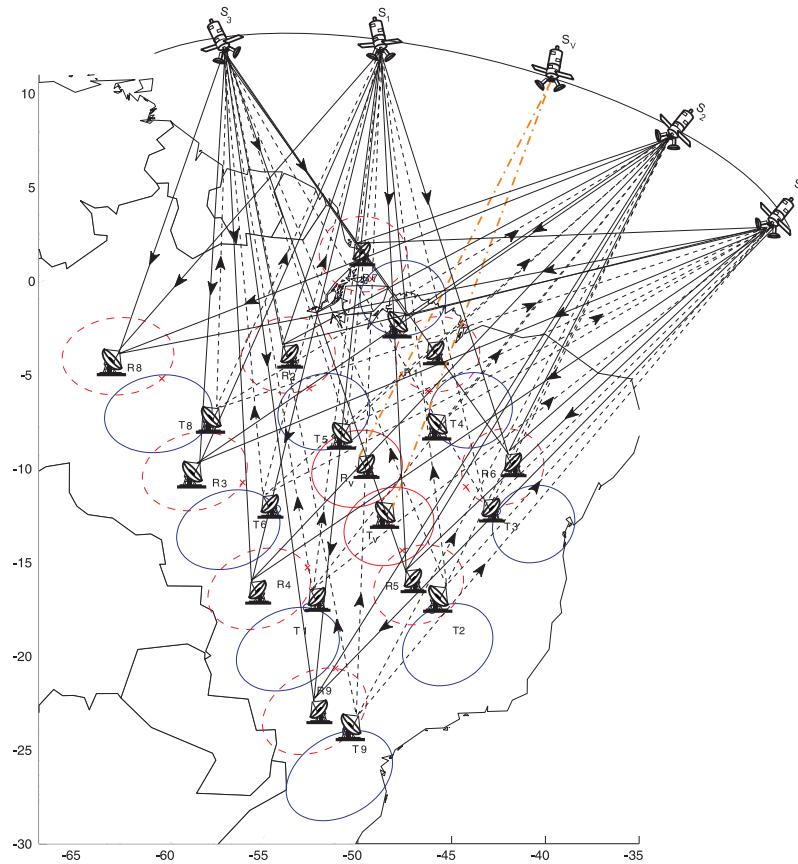


Figura 4.42: Enlaces considerados no Cenário III

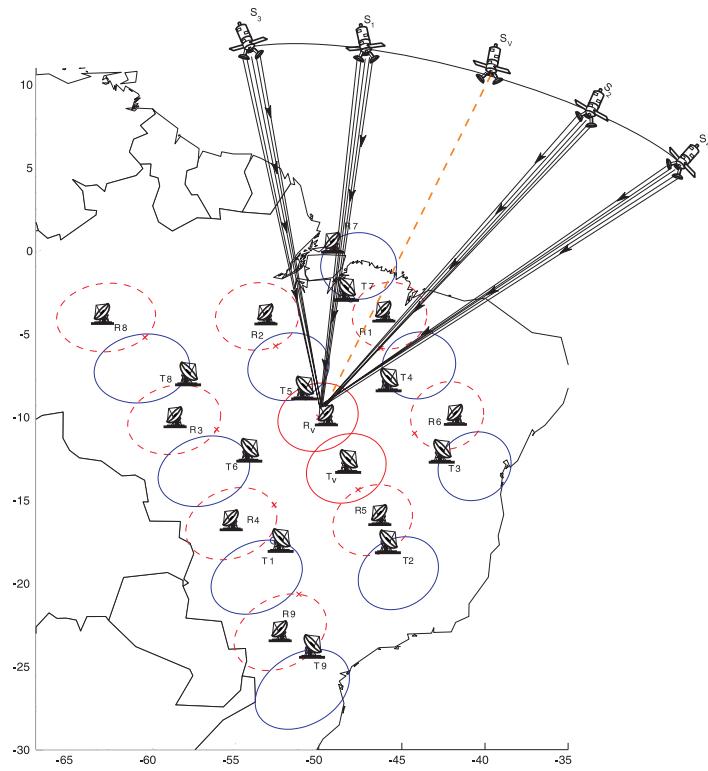


Figura 4.43: Interferência no lance de descida com 4 sistemas interferentes

A partir de  $p_{I/C}(\alpha)$  é possível determinar a função densidade de probabilidade  $p_{i/c}(\alpha)$  e a distribuição cumulativa de probabilidade  $C_{i/c}(\alpha)$  da razão interferência portadora expressa em dB, definidas em (3-47), (3-48), respectivamente. Além disso, considerando (3-49) é possível também determinar a função distribuição de probabilidade  $F_{c/i}(\alpha)$  da razão portadora-interferência (quando expressa em dB).

Os resultados obtidos para  $p_{I/C}(\alpha)$ ,  $p_{i/c}(\alpha)$ ,  $C_{i/c}(\alpha)$  e  $F_{c/i}(\alpha)$  são apresentados nas figuras 4.44 a 4.47 para o caso de interferência no enlace direto e nas figuras 4.48 a 4.51 para o caso de interferência no enlace reverso. Nas figuras estão também indicados os resultados correspondentes à modelagem determinística e à aproximação gaussiana.

### Enlace Direto

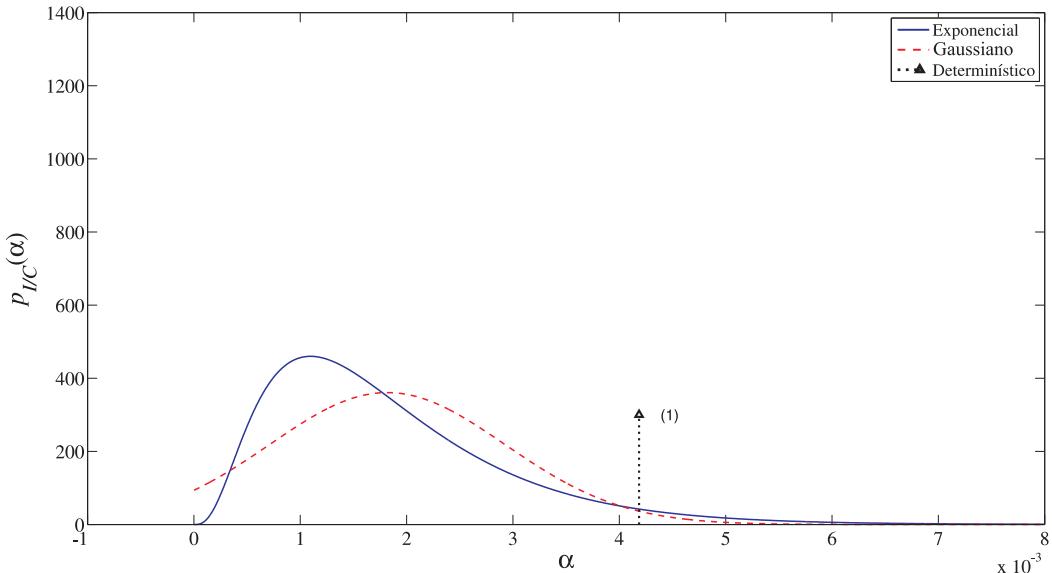


Figura 4.44: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora (caso exponencial, enlace direto).

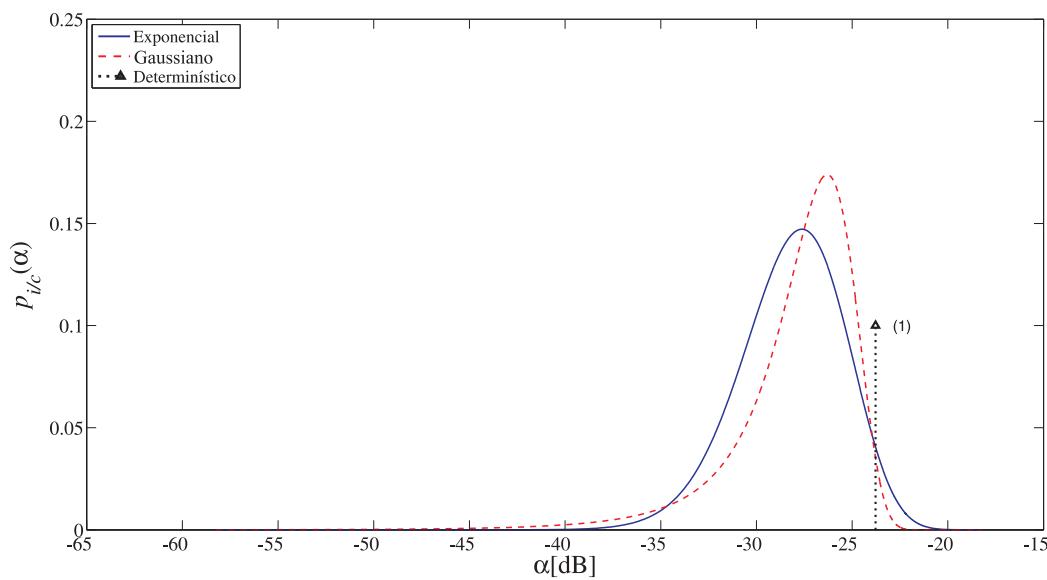


Figura 4.45: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora expressa em dB (caso exponencial, enlace direto).

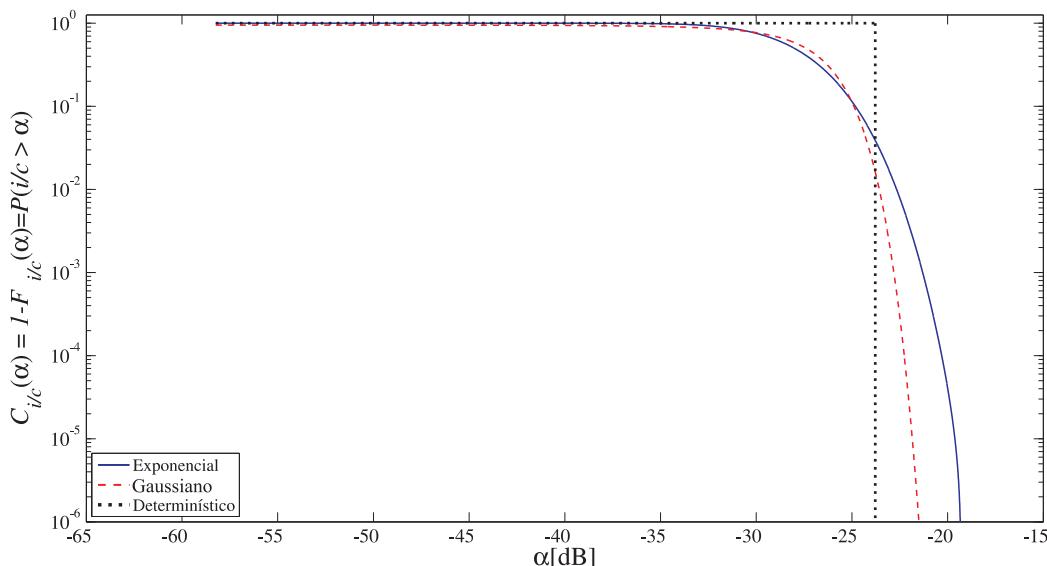


Figura 4.46: Distribuição cumulativa de probabilidade da razão interferência-portadora (caso exponencial, enlace direto).

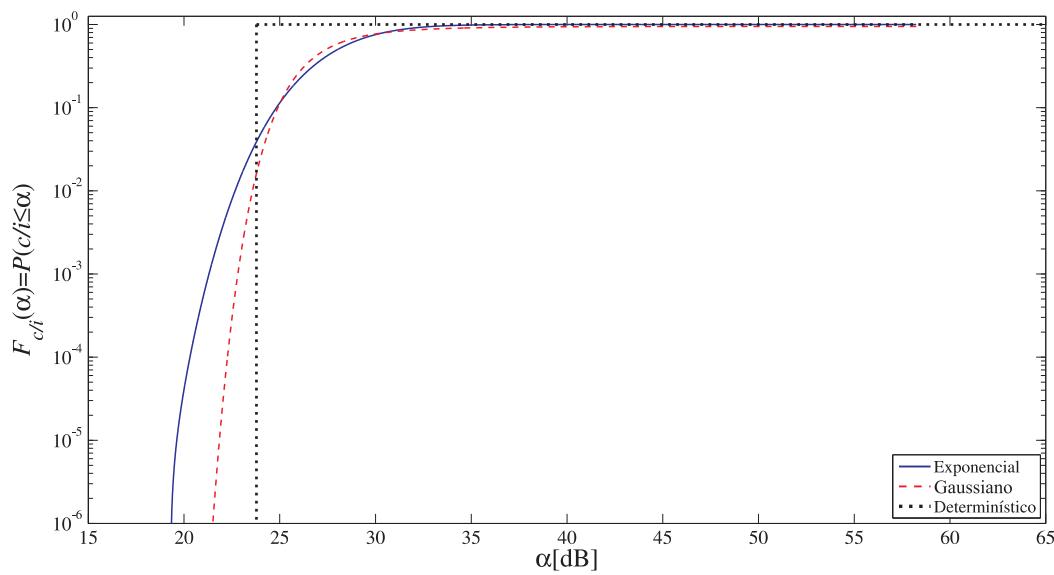


Figura 4.47: Função distribuição de probabilidade da razão portadora-interferência (caso exponencial, enlace direto).

### Enlace Reverso

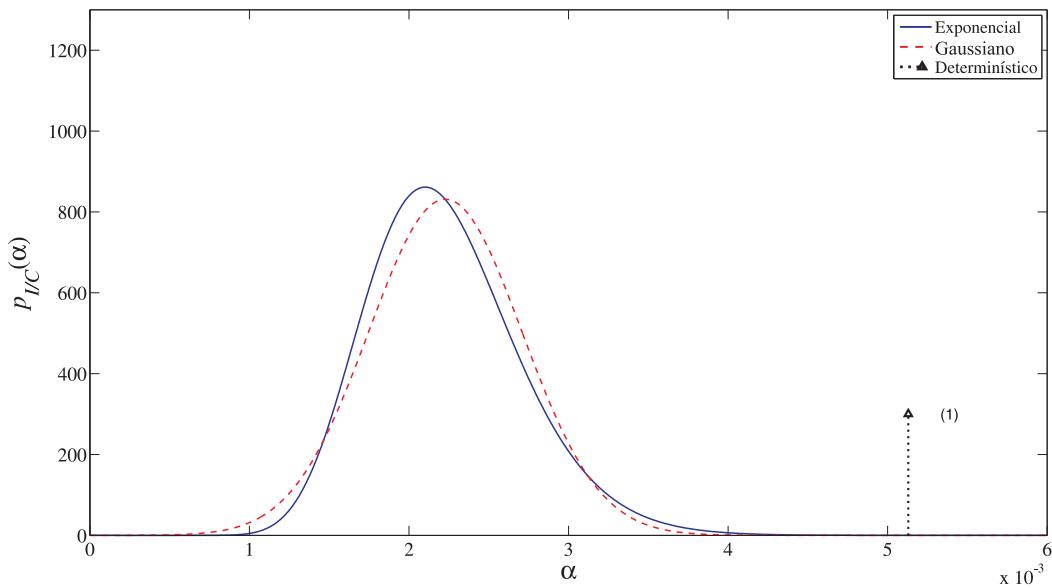


Figura 4.48: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora (caso exponencial, enlace reverso).

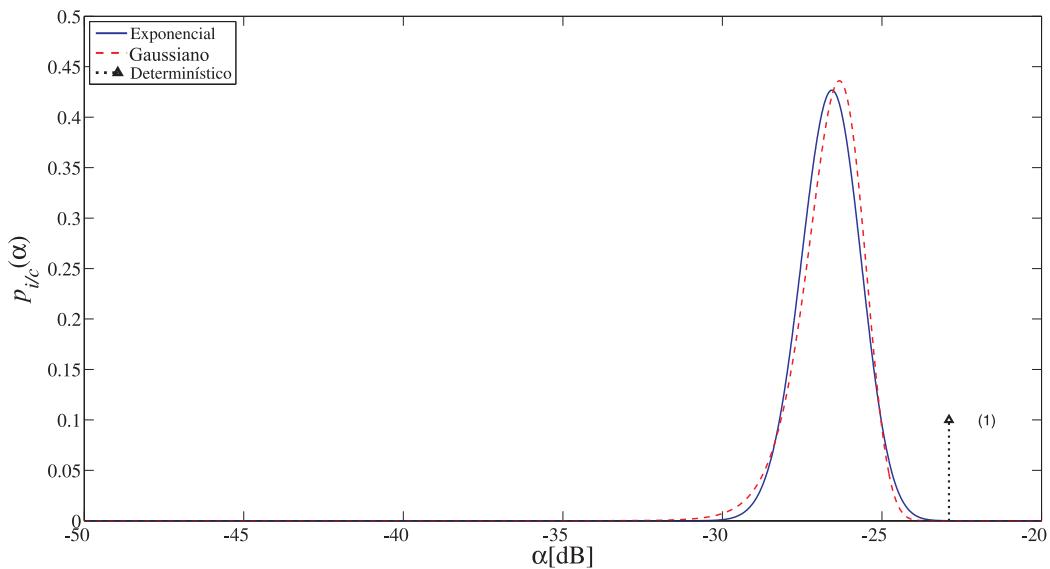


Figura 4.49: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora expressa em dB (caso exponencial, enlace reverso).

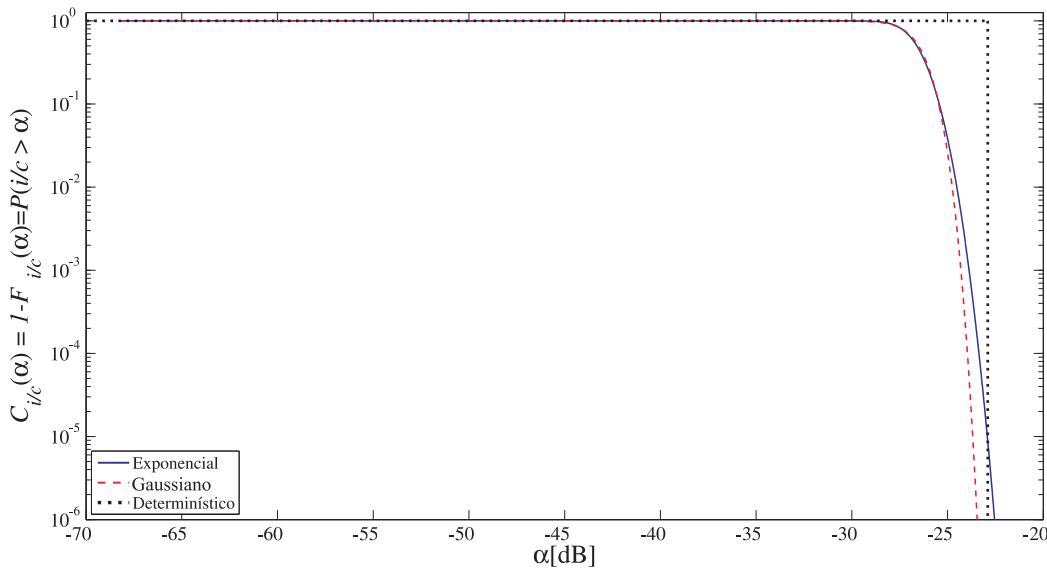


Figura 4.50: Distribuição cumulativa de probabilidade da razão interferência-portadora (caso exponencial, enlace reverso).

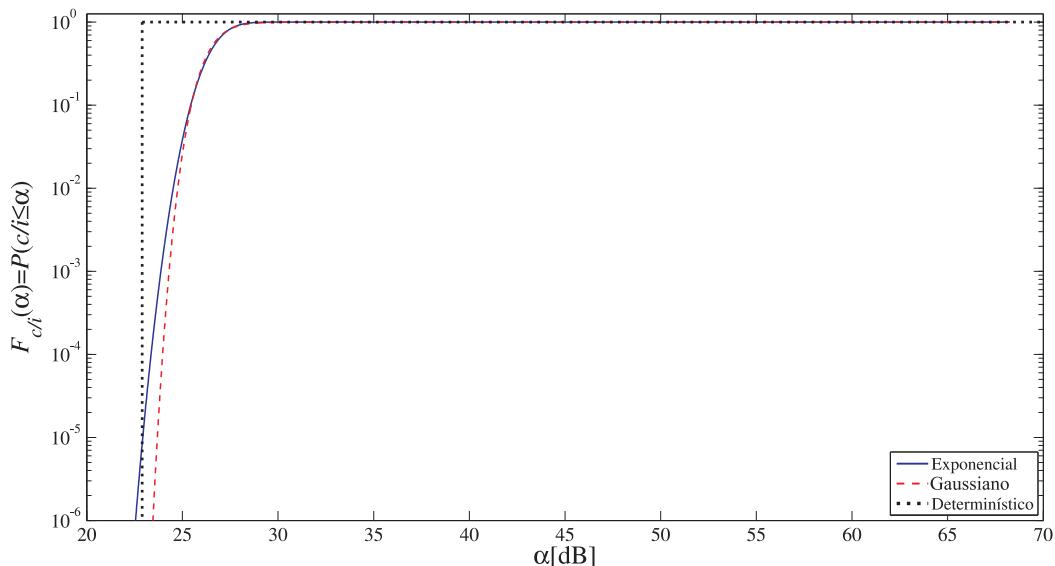


Figura 4.51: Função distribuição de probabilidade da razão portadora-interferência (caso exponencial, enlace reverso).

### 4.3.2

#### Caso Gama

Neste caso, os ganhos nos lóbulos laterais das antenas das estações terrenas são modelados por variáveis aleatórias com função densidade de probabilidade gama, sendo a função densidade de probabilidade  $p_{I/C}(\alpha)$ , da razão interferência-portadora, dada por (3-44), com  $F(Z)$  dada por (3-74) a (3-79). Como nos cenários anteriores, os parâmetros das densidades de probabilidade dos ganhos nos lóbulos laterais das antenas foram determinados utilizando-se (4-3) e (4-4).

A partir de  $p_{I/C}(\alpha)$  é possível determinar a função densidade de probabilidade  $p_{i/c}(\alpha)$  e a distribuição cumulativa de probabilidade  $C_{i/c}(\alpha)$  da razão interferência portadora expressa em dB, definidas em (3-47), (3-48), respectivamente. Além disso, considerando (3-49) é possível também determinar a função distribuição de probabilidade  $F_{c/i}(\alpha)$  da razão portadora-interferência (quando expressa em dB).

Os resultados obtidos para  $p_{I/C}(\alpha)$ ,  $p_{i/c}(\alpha)$ ,  $C_{i/c}(\alpha)$  e  $F_{c/i}(\alpha)$  são apresentados nas figuras 4.52 a 4.55 para o caso de interferência no enlace direto e nas figuras 4.56 a 4.59 para o caso de interferência no enlace reverso. Nas figuras estão também indicados os resultados correspondentes à modelagem determinística e à aproximação gaussiana.

#### Enlace Direto

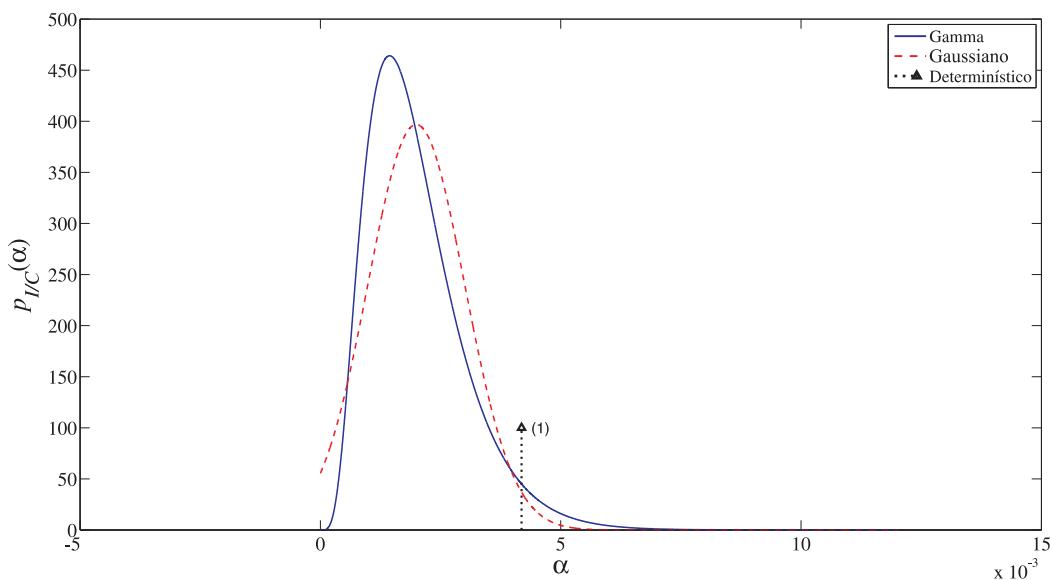


Figura 4.52: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora (caso gama, enlace direto).

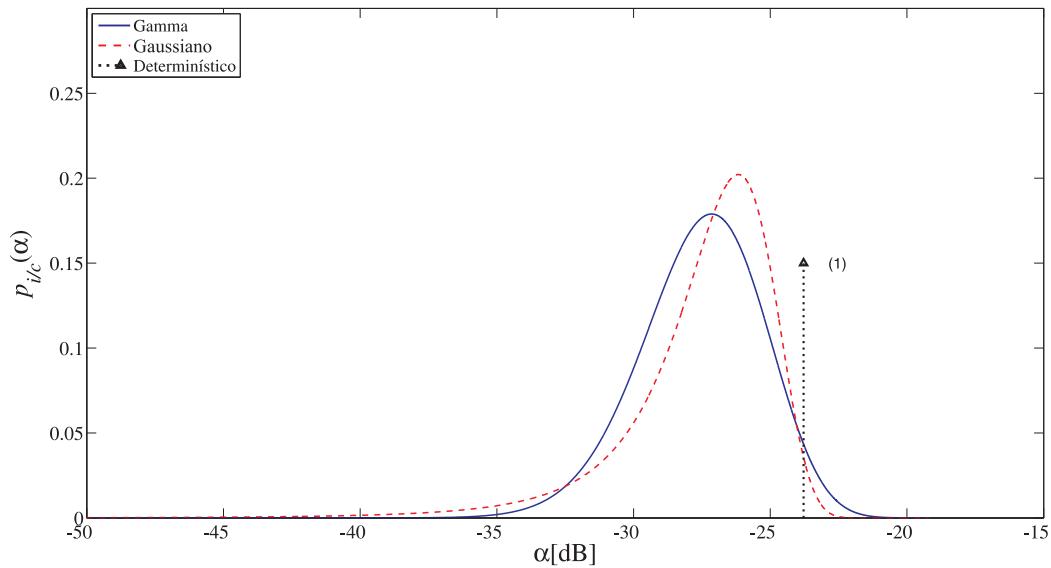


Figura 4.53: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora expressa em dB (caso gama, enlace direto).

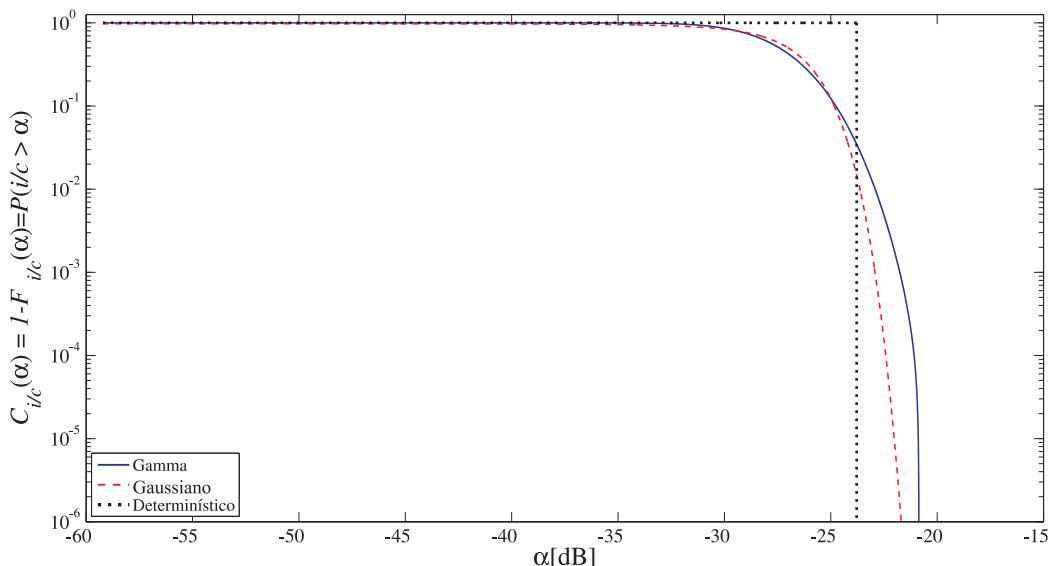


Figura 4.54: Distribuição cumulativa de probabilidade da razão interferência-portadora (caso gama, enlace direto).

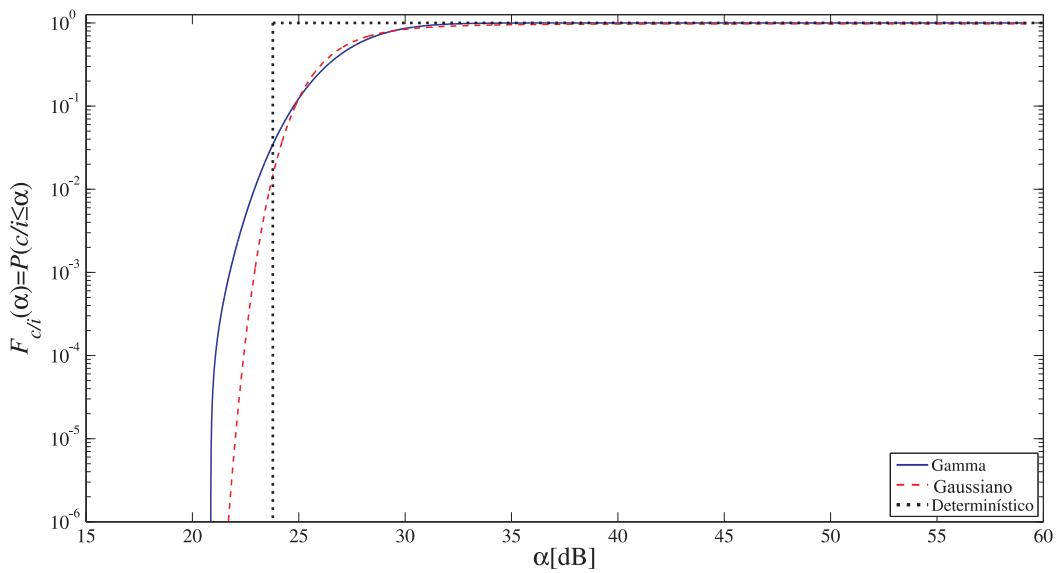


Figura 4.55: Função distribuição de probabilidade da razão portadora-interferência (caso gama, enlace direto).

## Enlace Reverso

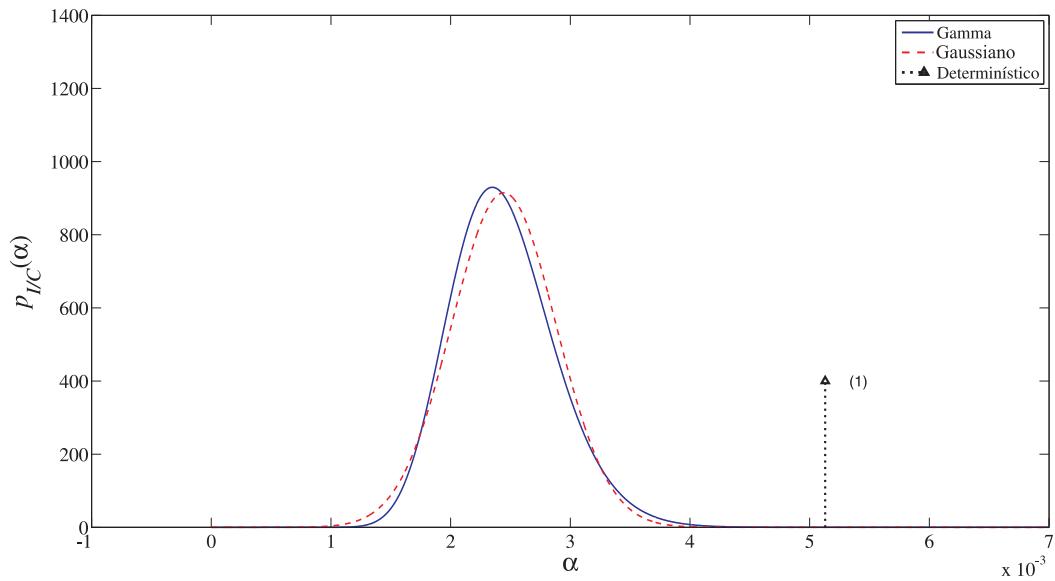


Figura 4.56: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora (caso gama, enlace reverso).

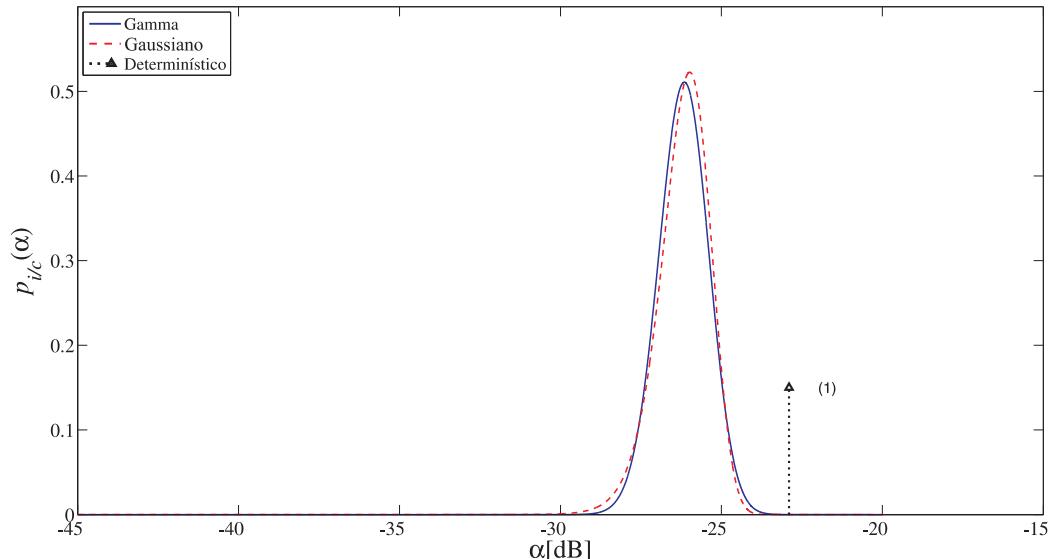


Figura 4.57: Função densidade de probabilidade da razão interferência-portadora expressa em dB (caso gama, enlace reverso).

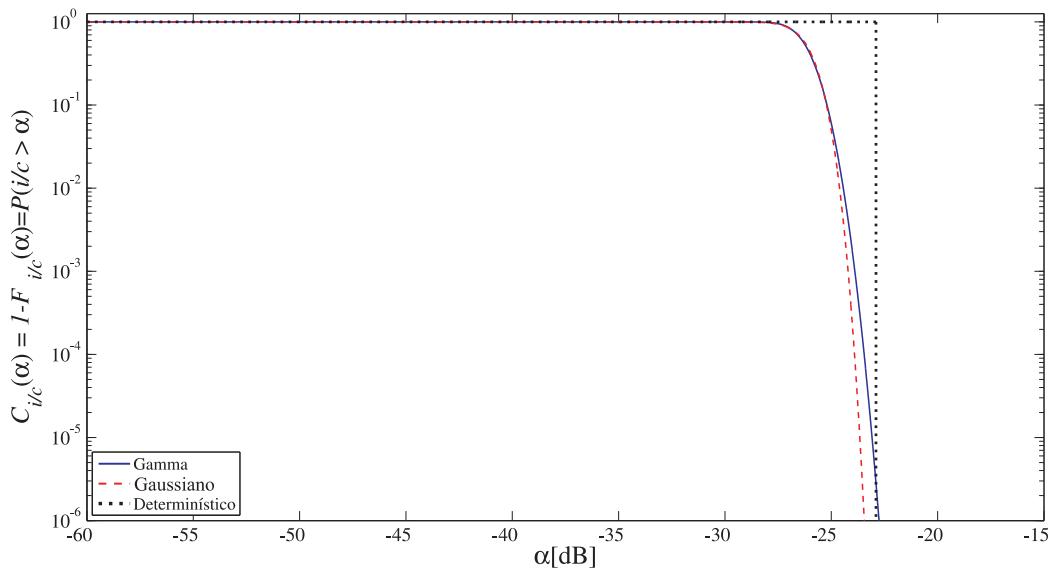


Figura 4.58: Distribuição cumulativa de probabilidade da razão interferência-portadora (caso gama, enlace reverso).

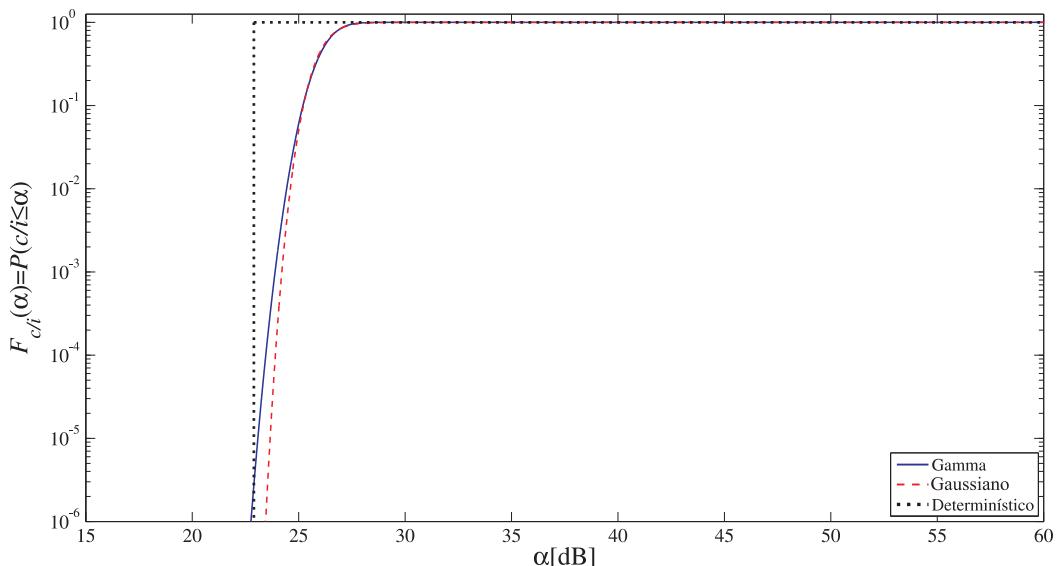


Figura 4.59: Função distribuição de probabilidade da razão portadora-interferência (caso gama, enlace reverso).