

7.1.**Introdução**

Este capítulo apresenta a comparação entre os resultados obtidos no *setup* de medição e nos cenários de simulação desenvolvidos no programa Seamcat 4.0.1. Para a avaliação da interferência de canal adjacente produzida pelo sistema interferente (LTE Femtocell - USRP) no canal 51 de TV digital (695 MHz) correspondente ao sistema vítima (SBTVD).

A comparação e análise utilizam as métricas de avaliação de interferência de canal adjacente descritas no Cap. 5 e no Cap. 6. Estas métricas correspondem aos valores requeridos do BER, da MER, da potência máxima de transmissão da femtocélula que não provoca degradação observável no SBTVD e da percentagem de probabilidade de interferência (*iRSS unwanted*) obtida nas simulações para distâncias de separação entre 2 a 25 metros entre os sistemas e esquemas de modulação 64 QAM, 16 QAM e QPSK no sistema vítima.

É importante considerar que a comparação dos resultados obtidos no cenário de medição e simulação apenas pretende expressar uma estimativa sobre o comportamento da interferência de canal adjacente produzida no SBTVD na faixa de 700 MHz, já que existem critérios e restrições de planejamento que podem ser diferentes das configurações utilizadas. Entretanto, o *setup* de medição corresponde a cenários ou eventos ocorrido dentro do universo de simulações Monte Carlo gerados no simulador Seamcat 4.0.1.

Os resultados de probabilidade de interferência obtidos nas simulações e no *setup* de medição mantém um comportamento coerente segundo os parâmetros obtidos do BER, da MER e as avaliações subjetivas do cenário de medição.

Em cada cenário de avaliação de interferência de canal adjacente tomaram-se em conta a frequência de guarda estabelecida entre 700 a 705 MHz em passos de 1 MHz. Contudo, apenas serão apresentados os resultados obtidos para 700 MHz, 702 MHz e 705 MHz.

7.2.

Análise do Cenário de Coexistência para 700 MHz

Nesta seção apresenta-se a análise dos resultados para 700 MHz considerando as distâncias de separação de 2 até 25 metros entre o sistema vítima (SBTVD) e o sistema interferente (LTE Femtocell). Este cenário considera diferentes esquemas de modulação (QPSK, 16 QAM e 64 QAM) configurados no cenário de medição e na simulação.

No cenário de simulação com potências de transmissão baixas, a probabilidade de interferência de canal adjacente é muito próxima a zero, sendo indicadas nas tabelas (ver Tabela 27 a 35), como “próximo a zero”.

As tabelas apresentadas a seguir, mostram o comportamento da interferência de canal adjacente para 700 MHz.

Tabela 27. Probabilidade de Interferência para 700 MHz (QPSK)

Distância (metros)	Potência Limiar (dBm)	Probabilidade de Interferência (%) (Simulação)	MER (dB)	BER
2	2,16	próximo a zero	14,85	$4,2 \cdot 10^{-5}$
6	7,54	1	14,11	$9,63 \cdot 10^{-5}$
12	11,9	0,35	15,98	0
18	> 16,5	0,18	14,57	$2,57 \cdot 10^{-5}$
25	> 16,5	0,03	14,91	0

Tabela 28. Probabilidade de Interferência para 700 MHz (16 QAM)

Distância (metros)	Potência Limiar (dBm)	Probabilidade de Interferência (%) (Simulação)	MER (dB)	BER
2	-2,9	próximo a zero	17,85	$5,25 \cdot 10^{-5}$
6	-2,9	próximo a zero	18,17	0
12	11,9	0,58	17,45	$2,86 \cdot 10^{-5}$
18	11,9	0,05	18,03	$1,91 \cdot 10^{-6}$
25	11,9	0,012	18,04	$2,86 \cdot 10^{-6}$

Tabela 29. Probabilidade de Interferência para 700 MHz (64 QAM)

Distância (metros)	Potência Limiar (dBm)	Probabilidade de Interferência (%) (Simulação)	MER (dB)	BER
2	-12,26	próximo a zero	20,3	$7,53 \cdot 10^{-5}$
6	-7,81	próximo a zero	20,34	$3,15 \cdot 10^{-5}$
12	2,16	próximo a zero	20,22	$8,01 \cdot 10^{-5}$
18	7,54	0,06	20,48	$1,85 \cdot 10^{-4}$
25	7,54	0,0168	20,48	$5,91 \cdot 10^{-5}$

A potência limiar (dBm) apresentada nas tabelas de acima, representa à potência máxima permissível da LTE Femtocell USRP que garante a boa recepção do sinal de TV digital para cada frequência avaliada.

É possível perceber que quando se utiliza a modulação 64 QAM, a potência máxima permissível do equipamento é menor em relação quando são utilizadas as modulações QPSK e 16 QAM.

Em 700 MHz, o cenário de coexistência mais favorável consegue-se quando a distância de separação entre o sistema vítima e interferente é de 18 metros, utilizando uma modulação QPSK e uma potência máxima da USRP (16.5 dBm). Para o caso da modulação 16 QAM, pode-se considerar uma distância de separação de 12 metros assumindo uma potência máxima permissível de 11.9 dBm, mostrando congruência com os resultados obtidos no cenário de simulação de, 0.58% de probabilidade de interferência de canal adjacente.

No caso de utilizar a modulação 64 QAM, pode-se considerar uma distância de separação entre os sistemas de 18 metros e uma potência menor, em comparação com as potências máximas permissíveis nos outros cenários avaliados.

7.3.**Análise do Cenário de Coexistência em 702 MHz**

A seguir, as Tabelas 30 a 32 mostram a probabilidade de interferência e os valores obtidos do BER e da MER no *setup* de medição para 702 MHz, em função das modulações QPSK, 16 QAM e 64 QAM.

Tabela 30. Probabilidade de Interferência em 702 MHz (QPSK)

Distância (metros)	Potência Limiar (dBm)	Probabilidade de Interferência (%) (Simulação)	MER (dB)	BER
2	7,54	1,2	13,91	$1,35 \cdot 10^{-5}$
6	11,9	1,8	14,11	0
12	>16,5	0,8	14,95	0
18	>16,5	0,13	15,89	0
25	>16,5	0,017	15,89	0

Tabela 31. Probabilidade de Interferência em 702 MHz (16 QAM)

Distância (metros)	Potência Limiar (dBm)	Probabilidade de Interferência (%) (Simulação)	MER (dB)	BER
2	2,16	próximo a zero	19,76	$1,07 \cdot 10^{-4}$
6	7,54	0,6	17,179	$5,72 \cdot 10^{-6}$
12	11,9	0,50	17,64	0
18	>16,5	0,23	18,07	$1,72 \cdot 10^{-5}$
25	>16,5	0,035	18,11	0

Tabela 32. Probabilidade de Interferência em 702 MHz (64 QAM)

Distância (metros)	Potência Limiar (dBm)	Probabilidade de Interferência (%) (Simulação)	MER (dB)	BER
2	-2,9	próximo a zero	17,57	$8,68 \cdot 10^{-5}$
6	-2,9	próximo a zero	20,5	$3,62 \cdot 10^{-5}$
12	7,54	0,38	20,07	$6,29 \cdot 10^{-5}$
18	11,9	0,13	20,17	$2 \cdot 10^{-5}$
25	11,9	0,018	20,32	$7,85 \cdot 10^{-5}$

A potência limiar apresentada nas Tabelas 30 a 32, representa à potência máxima permissível da LTE Femtocell USRP que garante a recepção do sinal de TV digital.

Como era esperado, enquanto o sistema interferente afasta-se do vítima a potência do equipamento de rádio têm menores restrições. Como descrito no cenário anterior, a modulação 64 QAM apresenta maiores problemas de interferência, sendo necessário utilizar potencias menores para garantir a recepção do sinal de TV digital.

Em 702 MHz, os cenários mais favoráveis são obtidos quando a distancia de separação é de 12 metros para QPSK e de 18 metros para 16 QAM, considerando nestes cenários a potência máxima da USRP (16.5 dBm), tendo congruência com os resultados obtidos no cenário de simulação.

7.4.

Análise do Cenário de Coexistência em 705 MHz

A seguir, as Tabelas 33 a 35 apresentam a probabilidade de interferência de canal adjacente para 705 MHz expressos em função das modulações 64 QAM, 16 QAM e QPSK e das métricas utilizadas no cenário de medição.

Tabela 33. Probabilidade de Interferência em 705 MHz (QPSK)

Distância (metros)	Potência Limiar (dBm)	Probabilidade de Interferência (%) (Simulação)	MER (dB)	BER
2	> 16,5	4,2	15,48	0
6	> 16,5	3,3	16,01	0
12	> 16,5	0,7	16,01	0
18	> 16,5	0,12	16,32	0
25	> 16,5	0,015	16,1	0

Tabela 34. Probabilidade de Interferência em 705 MHz (16 QAM)

Distância (metros)	Potência Limiar (dBm)	Probabilidade de Interferência (%) (Simulação)	MER (dB)	BER
2	> 16,5	7,35	18,29	0
6	> 16,5	4,8	18,29	0
12	> 16,5	1,18	18,29	0
18	> 16,5	0,21	18,33	0
25	> 16,5	0,023	18,33	0

Tabela 35. Probabilidade de Interferência em 705 MHz (64 QAM)

Distância (metros)	Potência Limiar (dBm)	Probabilidade de Interferência (%) (Simulação)	MER (dB)	BER
2	> 16,5	8,45	20,73	-
6	> 16,5	5,8	20,51	$9,54 \cdot 10^{-6}$
12	> 16,5	1,4	20,78	$2,86 \cdot 10^{-6}$
18	> 16,5	0,26	20,83	0
25	> 16,5	0,033	20,87	0

Das tabelas apresentadas acima, pode-se perceber que para a modulação QPSK, a distância de separação mais favorável seria de 12 metros, e para as modulações 16 QAM e 64 QAM de 18 metros em ambos os casos. A probabilidade de interferência de canal adjacente (iRSS *unwanted*) é bem próxima a zero, tendo congruência com os valores das métricas (BER, MER) obtidas no cenário de medição em 705 MHz.

Desta maneira, uma vez apresentados todos os cenários estudados de avaliação de coexistência entre o Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD) e o Sistema LTE Femtocell USRP na banda de frequência de 700 MHz, pode-se perceber que o melhor cenário para garantir a correta recepção do sinal de TV digital correspondente ao canal 51 operando em 695 MHz, tem-se quando o interferente (LTE Femtocell USRP) esta operando em 705 MHz e a uma distancia de separação de 18 metros.

Independentemente do esquema de modulação configurado no sistema vítima e assumindo a potência máxima permissível da femtocélula (aproximadamente de 16.5 dBm), a probabilidade de interferência de canal adjacente obtida no cenário de simulação no programa Seamcat 4.0.1 é menor que 1%. Este valor tem congruência com os resultados obtidos nas medições, já que tanto a MER como a BER apresentam menores níveis de interferência de canal adjacente, garantindo desta maneira a coexistência destas duas tecnologias e, portanto, a correta recepção do sinal de TV digital na faixa de 700 MHz satisfazendo assim com o requisito exigido pela ABNT.