

## 6.

### Conclusões

Neste trabalho, foram descritas as características principais dos sistemas de quarta geração (WiMAX e LTE), terceira geração (UMTS) e segunda geração (GSM), e das tecnologias OFDMA e CDMA. A fim de contextualizá-los, um sinal, baseado em qualquer uma destas características, foi usado para uma simulação de funcionamento destes complexos sistemas de comunicação sem fio em diversos ambientes (urbano, suburbano e rural). Deste modo, foi estudada a convergência de dois sistemas diferentes nas mesmas bandas do espectro (900, 1900 e 2500), usadas por operadoras de telefonia celular e implantadas em diversos setores de comunicação.

### 6.1

#### Estatística do sinal

A literatura propõe que a variabilidade de uma quantidade de usuários, aleatoriamente espalhados, pode ser caracterizada estatisticamente. É proposto, de forma empírica, que a relação SINR seja capaz de caracterizar uma boa qualidade de comunicação entre usuários ao longo das simulações para ambientes urbano, suburbano e rural nas diferentes bandas de espectro (900 MHz, 1900 MHz e 2500 MHz). Por outro lado, foram definidos os dois principais cenários neste estudo, coexistência para sistemas LTE-LTE e coexistência para sistemas LTE-UMTS. Esta pesquisa teve como um dos principais objetivos a utilização dos dados obtidos para fazer uma adaptação de usuários atuando em ambientes e bandas de espectros ainda não utilizados, e prever os níveis mínimos de grau de interferência para qualidade de comunicação aceitável.

Foram gerados e apresentados, no capítulo 5, apenas os resultados referentes aos dados encontrados com as simulações feitas.

#### **I. Coexistência LTE – LTE:**

Ao observar as figuras 5.1, 5.2 e 5.3 é possível perceber que os níveis da relação SINR em função dos usuários ativos, para um ambiente urbano, para todas as bandas de espectro (900 MHz, 1900 MHz e 2500 MHz) tiveram um valor mínimo da relação SINR igual a -10 dB. Podemos perceber que as figuras não apresentam notória discrepância e, por meio dessas informações, é possível concluir que quando as bandas já estiverem implementadas com sistemas LTE em ambientes

urbanos, um usuário atuando num cenário LTE – LTE não terá inconvenientes para eleger a banda de espectro que quiser.

Nas figuras 5.4, 5.5 e 5.6 para ambientes suburbanos e nas figuras 5.7, 5.8 e 5.9 para ambientes rurais, também podemos apreciar usuários com níveis aceitáveis de relação SINR, o que significa que a implementação nestes ambientes e bandas de espectro dos sistemas LTE não teria problema algum.

## **II.Coexistência LTE – UMTS:**

Os resultados referentes a um cenário onde coexistem sistemas LTE – UMTS, foram classificados de acordo com o ambiente de propagação (urbano, suburbano e rural) e das bandas do espectro (900 MHz, 1900 MHz).

Decidiu-se trabalhar com bandas de espectro de 900 e 1900 por que a faixa de 2500 MHz será exclusiva dos sistemas LTE.

Analisando as figuras 5.25 e 5.26, os valores mínimos de relação SINR é -10 dB, pela presença de maior quantidade dos usuários que implica atuar neste tipo de ambiente.

Para as figuras 5.27 e 5.28, foi assumido que os níveis mínimos da relação SINR é 0 dB pelo menor número de usuários que podem ser encontrados nestes tipos de ambiente com relação a ambientes urbanos.

Com relação às figuras 5.29 e 5.30, que são ambientes rurais, o número de usuários é menos numeroso em comparação com outros ambientes e, neste caso, foi assumido o valor mínimo da relação SINR igual a 5 dB para se conseguir uma boa comunicação, o que significa que a implementação nestes ambientes e bandas em sistemas diferentes (LTE - UMTS) não teria problema.

## **6.2**

### **Função de distribuição cumulativa**

Por definição, a função de distribuição cumulativa é uma estatístico de primeiro ordem (*first order statistics*) ou seja, não é função do tempo, desde que foram considerados sistemas estacionários.

#### **1 Coexistência LTE - LTE**

Na figura 5.10, podemos ver que na banda de 1900 MHz tivemos um desempenho um pouco melhor com relação a outras bandas, uma vez que há usuários com

níveis mas distantes de nosso linear. Isto não aconteceu em ambientes suburbanos (figura 5.11) já que neste caso as curvas tendem a aproximar-se quase igualmente, e, na figura 5.12, correspondente ao ambiente rural, as curvas mostram um desempenho que privilegia a banda de 1900 MHz. Nesta figura, entretanto, não se aprecia uma grande diferença entre os três ambientes e isto prediz que a execução na zona rural de apenas sistemas LTE, não terá problemas.

## 2 Coexistência LTE – UMTS

A figura 5.31 mostra um melhor desempenho para a banda de 1900 MHz. Na figura 5.32, as características da curva influenciam em um maior desempenho na banda de espectro de 1900 MHz e, na figura 5.33, percebe-se melhor desempenho na banda de espectro as melhores características de cobertura que tem a faixa de 900 MHz, por outro.

### 6.3

#### **ACIR (*Adjacent Channel Interference Ratio*)**

Por definição, a razão de interferência de canal adjacente (ACIR) é a relação de potência desejada e potência de interferência de um canal adjacente.

Neste trabalho, foi feita uma análise da perda de *throughput* em função da ACIR, nas bandas de espectro 900 MHz e 1900 MHz para sistemas LTE (interferente) e sistemas UMTS (vítima) (Figura 5.41) e para sistemas LTE (interferente) e LTE (vítima) na banda de espectro de 2500 MHz (Figura 5.42) com o intuito de mostrar que as percentagens de perda de rendimento (*throughput*) são menor quando o valor da  $ACIR = 30 + X$  e, também para mostrar que os níveis mínimos do valor da SINR é de -10 dB .

Por meio de inspeção visual nas figuras 5.41, 5.42, 5.43 e 5.44 [38] confirma-se que justificamos todos os resultados obtidos nas simulações (SINR em função dos usuários ativos, CDF em função da relação SINR) nos diferentes ambientes (urbana, suburbana e rural) e para todas as bandas de espectro (900 MHz, 1900 MHz e 2500 MHz).

Finalmente, acreditamos que, apesar de ser um trabalho de simulação é um passo muito importante para tem idéia de como poderão conviver as diferentes tecnologias no futuro próximo.

## 6.4

### Trabalhos futuros

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, surgiram idéias de trabalhos que podem complementar os estudos, aqui realizados, ou simplesmente trabalhos afins com o deste estudo. Algumas dessas idéias para estudos futuros são expressas a seguir:

-Estudar, experimentalmente, a interoperabilidade dos usuários em sistemas de coexistência LTE-LTE, LTE-UMTS em ambientes urbano, suburbano e rural, nas faixas 900 MHz, 1900 MHz e 2500 MHz. e

-Realizar análise estatística experimental da variação da relação SINR, em ambientes híbridos, de acordo com a alteração dos ambientes e faixas.