

4 Estudo de Caso

4.1.Introdução

Neste capítulo, será feito um exercício de planejamento de uma rede celular UMTS/WCDMA respeitando algumas premissas básicas de projeto. Ao final deste, será possível visualizar em maiores detalhes a inter-relação entre os processos de dimensionamento inicial, planejamento de RF e determinação de bordas de serviço entre as camadas GSM e UMTS.

O projeto proposto tem como meta a implementação de cobertura para serviço UMTS concorrente a um serviço GSM já existente na cidade do Rio de Janeiro na banda de 850MHz.

Para que seja feita a melhor análise, disponibiliza-se inclusive a perspectiva de crescimento da rede e a evolução dos perfis de serviço dos usuários, uma vez que o desejo é que seja lançada uma rede já com todos os *sites* (efetivos e candidatos) definidos, sem previsão de novos setores para os próximos 3 anos.

Assim, a proposta é que seja avaliada a melhor maneira de que seja viabilizada a implementação da rede, atendendo em um primeiro instante a demanda de cobertura sob condição de baixa carga, e o menor custo associado à sua evolução.

Pode-se ver abaixo o processo usual de planejamento de uma rede UMTS:

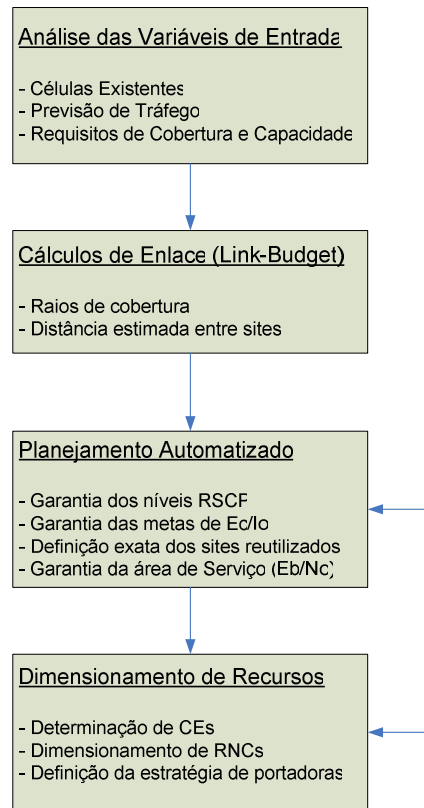


Figura 4.1 – Processo de Planejamento

4.2. Análise das Variáveis de Entrada e Cálculos de Enlace

Inicialmente, faz-se uma pré-estimativa do número de *sites* requeridos para atendimento dos requisitos de cobertura e qualidade definidos. Trata-se da estimativa do MAPL (*maximum allowed pathloss*), e da conseqüente determinação do raio de cobertura, que possibilitam o cálculo do número de células para atendimento da área de cobertura desejada.

Para essa estimativa, necessita-se dos parâmetros para o cálculo de enlace, assim como dos requisitos de qualidade/cobertura. Para o caso corrente, requer-se que a cobertura seja contínua com referência ao serviço CS64kbps na área determinada com uma carga de UL de 70%.

Para aplicações predominantemente de baixas taxas de serviço, sabe-se [3] que o enlace limitante é de UL. Assim, serão definidos abaixo grande parte dos parâmetros de entrada para utilização no cálculo de enlace de UL.

4.2.1. Modelo de Propagação (Okumura-Hata, COST-231)

$$L_o = K1 + K2 \log(d) + K3 \log(H_{eff}) + K4[\text{Diffraction}] + K5 \log(H_{eff}) \log(d) + K6(H_{eff}) \quad (4.1)$$

Onde:

L_o: Perda de propagação (dB)

K1, K2, K3, K4, K5, K6: constantes de propagação

H_{eff}: altura efetiva da antena do NodeB

H_{meff}: altura efetiva do UE

d: distância entre NodeB e UE

As constantes de propagação deverão ser consideradas para cada tipo distinto de morfologia, de acordo com a tabela abaixo:

TABELA 4.1 – Constantes de Propagação

Morfologia	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Urbana Densa	20	45	6	1	-7	0
Urbana	12	45	6	1	-7	0
Suburbana	2	45	6	1	-7	0
Rural	2	45	6	1	-7	0
Área Aberta	2	45	6	1	-7	0

4.2.2. Margem de Desvanecimento Lento (Log-Normal)

TABELA 4.2 – Margem LNF a ser utilizada nos cálculos de enlace

Morfologia	Margem de LNF [dB]
Urbana Densa	15
Urbana	12.2
Suburbana	9
Rural	9

4.2.3.Dados do terminal

TABELA 4.3 – Dados do UE

Parâmetro	850/900 MHz
Potência de Transmissão (Voz)	24 dBm
Potência de Transmissão (Dados)	24 dBm
Sensibilidade	-115 dBm
Figura de Ruído	7 dB

4.2.4.Dados sobre os cabos/alimentadores

TABELA 4.4 - Cabos a serem considerados:

Morfologia	Tipo de Cabo	850Mhz [dB/100m]	Comprimento Máximo
UD, U, SU	LCF 7/8"	3.5	70
UD, U, SU	LCF 1 ¼"	2.63	100

4.2.5.Dados sobre BPL (Building Penetration Loss)

TABELA 4.5 – Perda de Penetração em Construções

Morfologia	850 MHz	
	Média	Desvio Padrão
Urbana Densa	20	2
Urbana	18	3
Suburbana	14	2
Rural	6	2
Área Aberta	0	0

4.2.6.Antenas

TABELA 4.6 - Antenas

Antena	850 MHz
Ganho	14.9 dBd
Largura de feixe vertical	7.5°
Largura de feixe horizontal	65°
Tilt Elétrico Variável	0-8°

Segue o cálculo de enlace contemplando as considerações acima para morfologia Urbana Densa:

TABELA 4.7 – Cálculo de Enlace Reverso

UPLINK - Enlace Reverso			
Serviço : VIDEO CS64kbps		Carga de UL[%]: 70 Taxa [kbps]: 64	
Transmissor (UE)			
Potência Máxima em [W]	0.25	W	
que resulta em [dBm]	23.98	dBm	A
Ganho da antena de TX	2.00	dBi	B
Atenuação do corpo humano	0.00	dB	C
EIRP	25.98	dBm	D=a+b-c
Receptor (BS)			
Densidade de ruído térmico	-174.00	dBm/Hz	E
Figura de ruído da NB	2.00	dB	F
Densidade de ruído do receptor	-172.00	dBm/Hz	G=e+f
Potência de ruído do receptor	-106.16	dBm	H=g+10*LOG(3840E3)
Margem de Interferência (Noise Rise - NR)	5.23	dB	I=10*LOG(1-Carga[%])
Ruído efetivo total (incluindo interferência)	-100.93	dBm	J=h+i
Ganho de processamento	17.78	dB	K=10*LOG(3840/TAXA[kbps])
Eb/No requerido	2.00	dB	L
Sensibilidade do receptor	-116.71	dBm	M=l-k+j
Ganho de sistema irradiante da NB	17.05	dBi	N
Atenuação por cabos na NB	2.00	dB	O
Margem de desvanecimento rápido	0.00	dB	P
Perda máxima admissível (MAPL) :	157.74	dB	Q=d-m+n-o-p
Margem de desvanecimento lento (LNF)	12.20	dB	r
Ganho de Soft <i>Handoff</i> (MDC)	3.00	dB	s
Perda por penetração em construções (BPL)	20.00	dB	t
Perda máxima efetiva admissível:	128.74	dB	U=q-r+s-t

Que resulta em um raio de cobertura de 662.71m, considerando-se as constantes de propagação fornecidas em (4.2.1). Para as morfologias Urbanas, Suburbanas e Rurais, após reconsideração das margens (r) e (t), os valores encontrados foram:

$$R_{\text{Urbano}} = 1400\text{m}, R_{\text{suburbano}} = 4000\text{m} \text{ e } R_{\text{rural}} = 8300\text{m}$$

De acordo com a fórmula:

$$d = 10^{\frac{L-K1-K3 \cdot \text{LOG}(Heff) - K4 - K6}{K2 + K5 \cdot \text{LOG}(Heff)}} \quad (4.2)$$

Através dos raios de cobertura acima e da descrição da área a ser coberta, podemos estimar o número de *sites* demandado, conforme segue abaixo:

TABELA 4.8 – Áreas de Cobertura

Morfologia	Área (Km ²)	Site/Km ²	Km ² - RJ	Total de Sites
Urbana Densa	0.54	1.85	41.70	78
Urbana	3.14	0.32	464.10	148
Suburbana	38.37	0.03	126.79	4
Rural	228.82	0.00	1039.89	5

Esta quantidade pode ser utilizada para alimentação de software de ACP (*automatic cell planning*), visando elaboração de cenários e suas respectivas avaliações.

4.3.Planejamento Automatizado

A cobertura UMTS da cidade proposta deverá ser implementada em quatro etapas, de acordo com a prioridade definida tendo como referência a criticidade das localidades. A cobertura total deverá exceder a cobertura GSM para o serviço CS64 (com 0.1% de BLER, em carga de UL de 50%).



Figura 4.2 – Áreas de atendimento por etapas

Para o atendimento das metas de cobertura deverá ser dada prioridade máxima à utilização das estruturas já instaladas para a rede GSM (reutilização de *sites*). Será admitida uma margem de até 10% de novos *sites* tendo como referência o projeto GSM.

Obs.: Essa margem é aplicável somente em casos onde a banda utilizada para o sistema UMTS seja mais baixa que a utilizada para GSM.

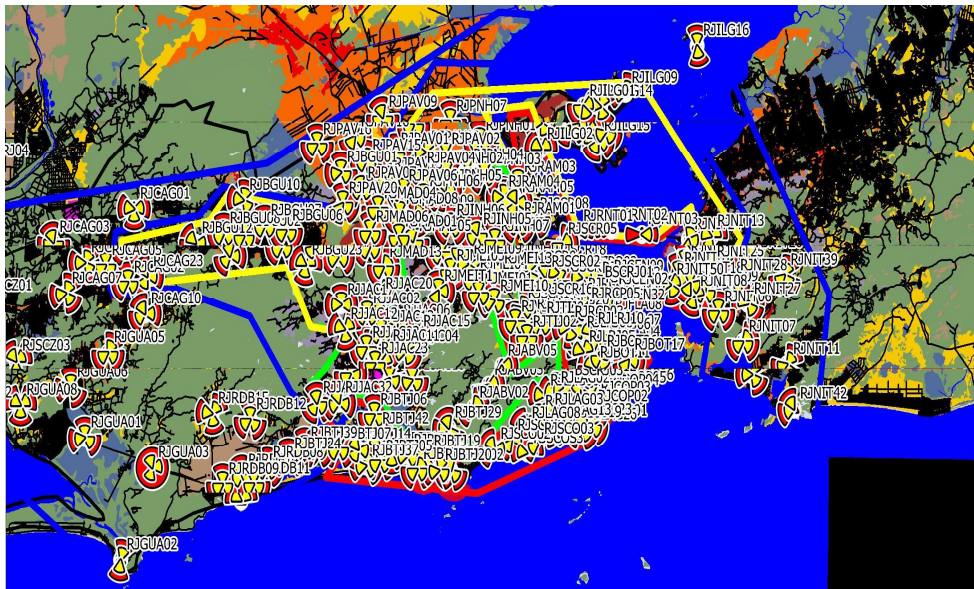


Figura 4.3 – Planta de Células (candidatas a UMTS)

Seguem abaixo (tabela 4.9) os demais dados necessários ao projeto de cobertura/capacidade:

TABELA 4.9 – Composição do canal de rádio

Morfologia	TU3	TU50	RA3	RA50	RA120
Urbana Densa	75%	25%	0%	0%	0%
Urbana	75%	25%	0%	0%	0%
Suburbana	50%	50%	0%	0%	0%
Rural	0%	0%	37.5%	37.5%	25%
Área Aberta	0%	0%	20%	30%	50%

Cobertura e capacidade são aspectos extremamente relacionados em sistemas WCDMA. Dessa forma, o processo de definição de cobertura/capacidade é de caráter interativo e por isso sua análise deve ser realizada de forma interdependente. Pode-se visualizar a cobertura composta alterando-se os *sites* e monitorando-se as áreas de serviço para cada aplicação distinta

Quando a rede já está em funcionamento, pode-se obter seus dados de desempenho através do sistema de gerência para correlação geográfica com os relatórios que denotam cobertura e disponibilidade de recursos e, dessa forma, atuar-se de maneira direcionada a solucionar os problemas, seja por atuação física ou lógica nos elementos de rede.

Como a grande maioria das redes UMTS é desenvolvida sobre redes GSM existentes, é de extrema importância a análise das bordas de cobertura para verificação da continuidade dos serviços oferecidos. Embora os aspectos de interoperabilidade tenham sido tratados de maneira formal no capítulo anterior, nesse capítulo daremos uma abordagem mais prática, focalizando na localização dessas bordas e possíveis estratégias de deslocamento das mesmas para áreas de menor impacto.

De forma resumida, serão apresentados alguns gráficos contendo os resultados obtidos por ferramenta de planejamento automatizado.

1. RSCP
2. E_c/I_0
3. Poluição de Piloto
4. HO
5. E_b/N_0

4.3.1. Resultados – RSCP

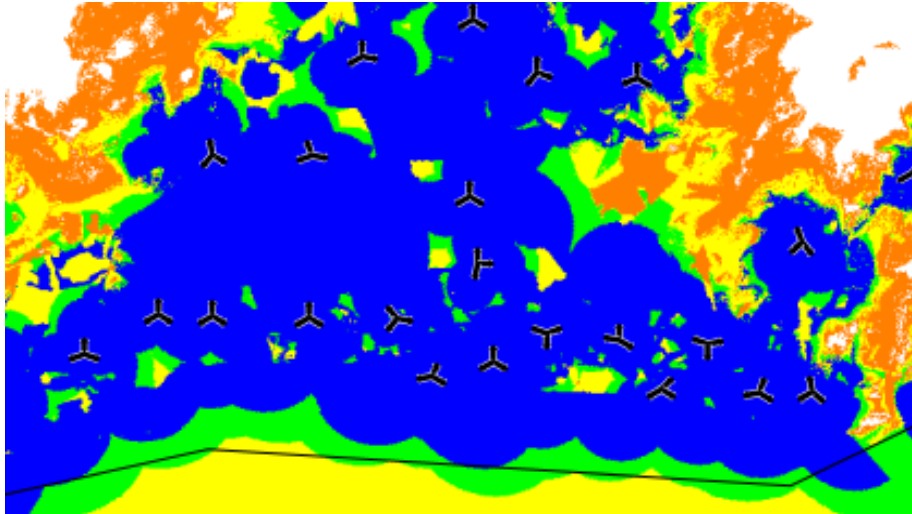


Figura 4.4 – VIDEO CS 64kbps

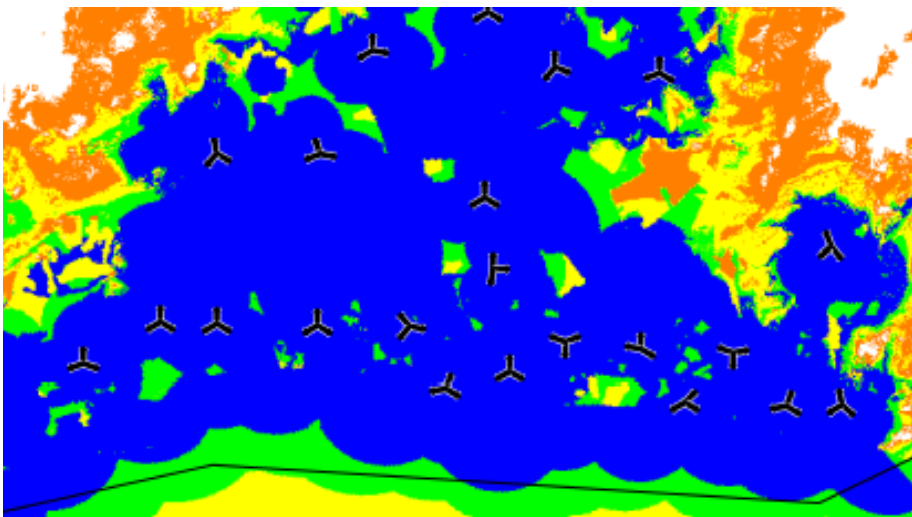


Figura 4.5 – AMR 12.2kbps

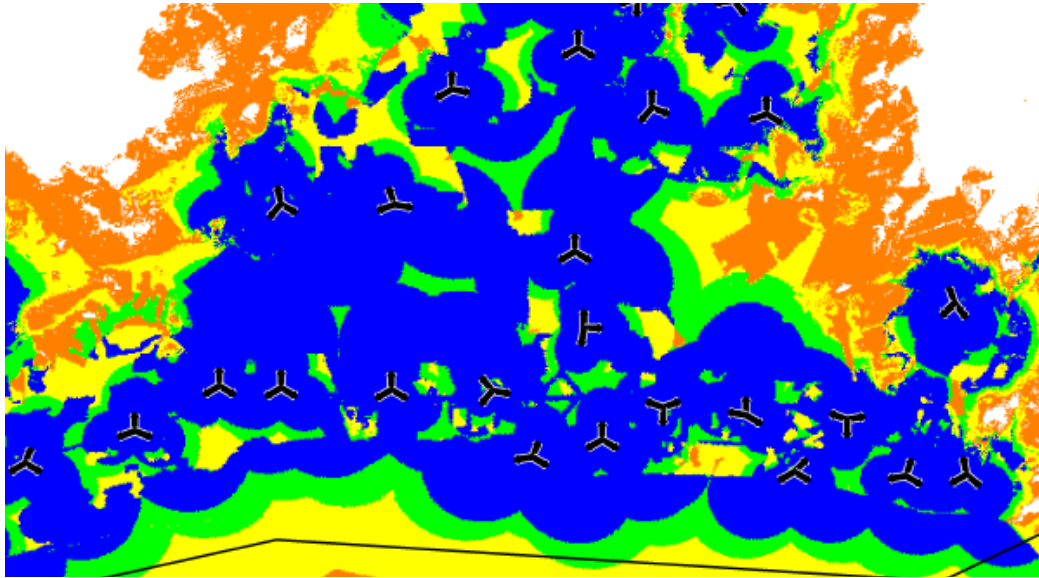


Figura 4.6 – PS 384 kbps

4.3.2. Resultados - Ec/Io

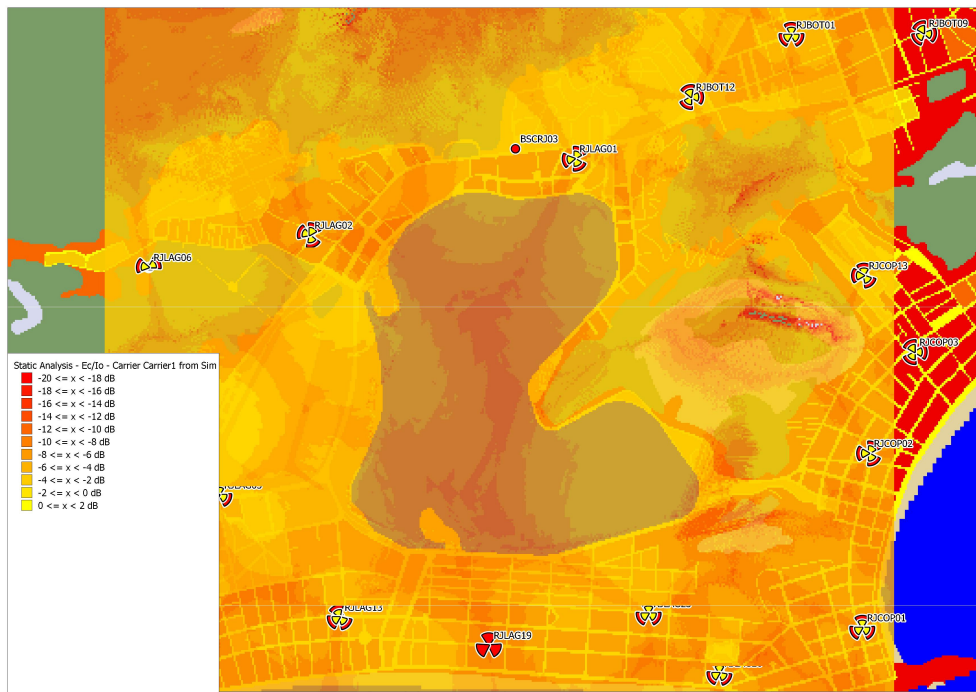


Figura 4.7 – Ec/Io

4.3.3. Resultados – Poluição de Piloto

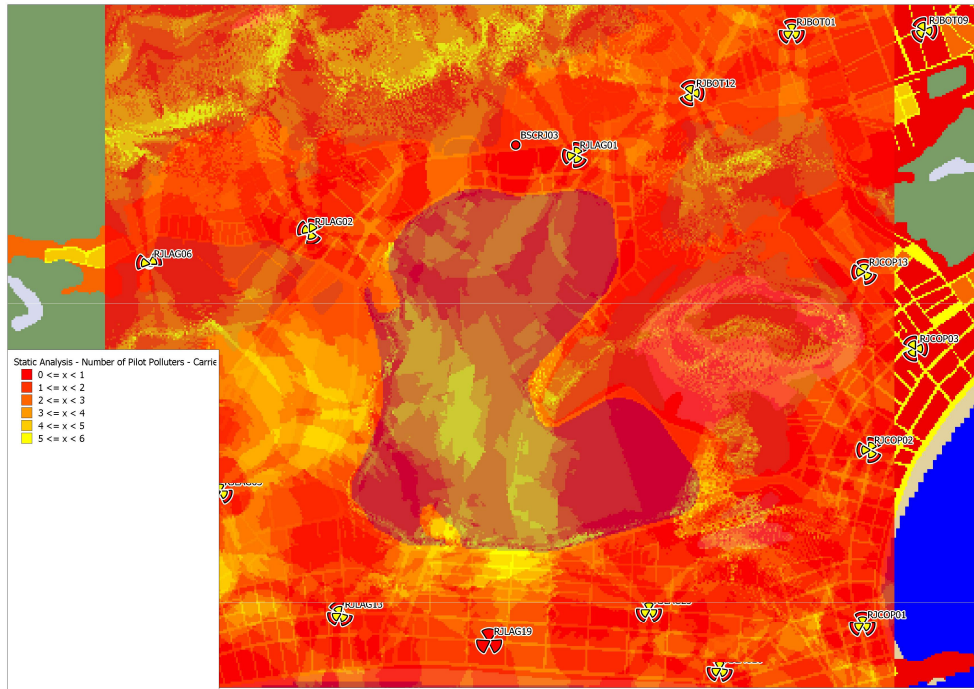


Figura 4.8 – Poluição de Piloto

4.3.4. Resultados - Handoffs

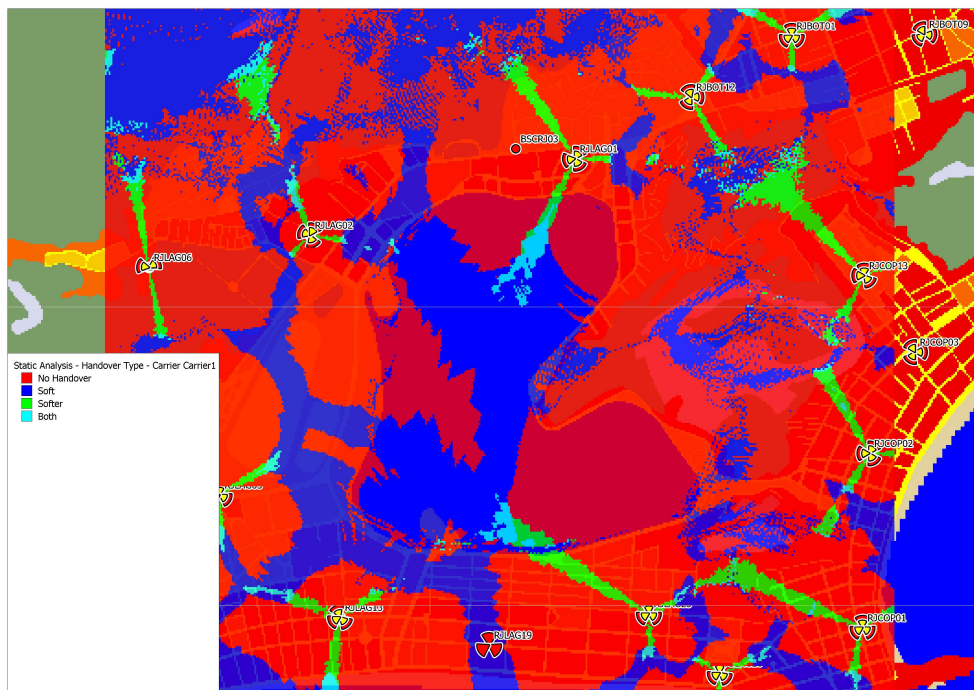


Figura 4.9 – Áreas de Handoff

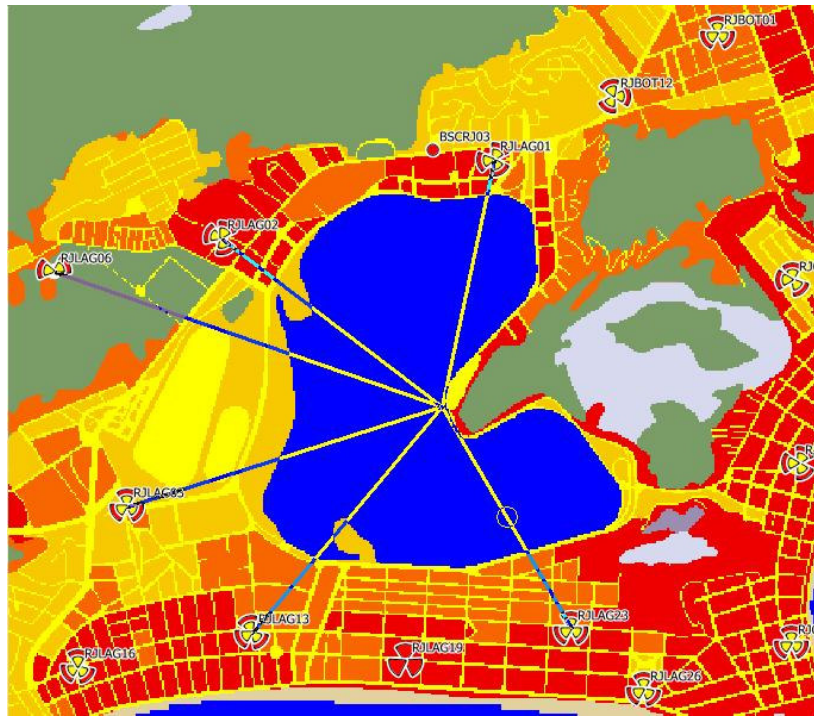


Figura 4.10 – Pontos críticos para Soft-HO

4.3.5. Resultados – Eb/No em UL



Figura 4.11 – Área de serviço para CS 12.2kbps (50%)

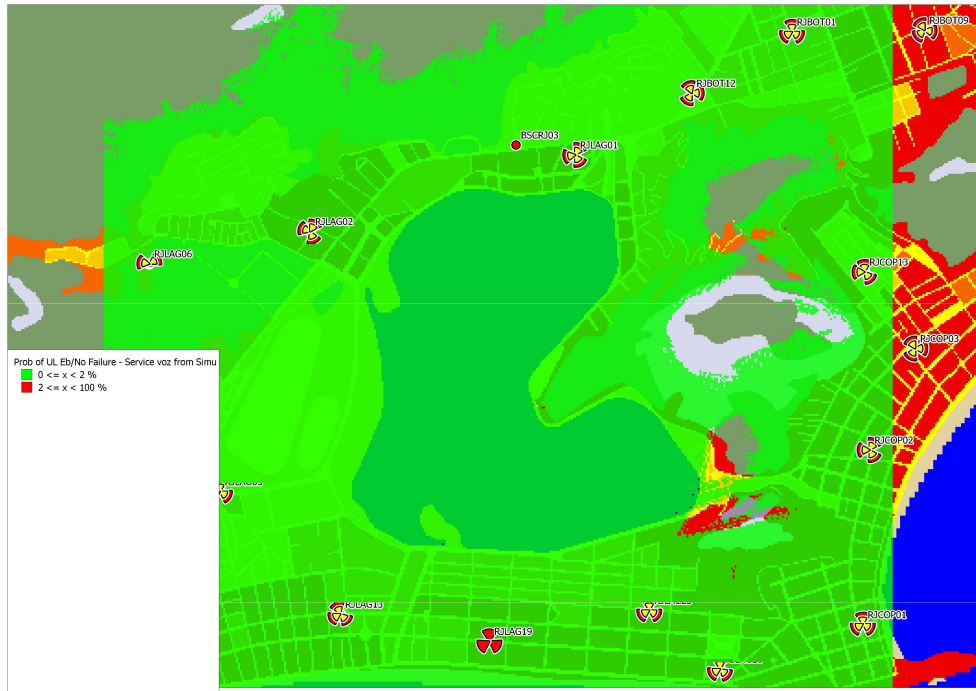


Figura 4.12 – Área de serviço para CS 12.2kbps (80%)

4.3.6. Cenários de Evolução da Rede

O dimensionamento de capacidade deve atender a um QoS de 1% para serviços *circuit-switch*(CS). Para serviços PS deve ser considerado um QoS de 0.5% para perfil *best-effort*.

Segue abaixo (tabelas 4.10 e 4.11) um exemplo didático da previsão de tráfego para os primeiros 3 anos da rede proposta :

TABELA 4.10 – Evolução do volume de usuários

Cidade	Usuários/Ano 1	Usuários/Ano 2	Usuários/Ano 3
RIO DE JANEIRO	80000	100000	300000

TABELA 4.11 – Evolução do perfil de usuário

	Ano 1	Ano 2	Ano 3
Voz (mE)	12	10	10
CS 64 data (mE) UDI	1.5	1.5	1.5
Razão UL/DL para dados Rel99	40/60	40/60	40/60
<i>Mean Holding Time</i> para CS (Voz e Vídeo) (s)	60	60	60
<i>Mean Holding Time</i> para PS R99	240	240	240
Fator de atividade de voz	0.7	0.7	0.7
Porcentagem de Soft HO	30%	30%	30%
Porcentagem de Softer HO	10%	10%	10%
Conexões de Soft HO médias/usuário para DCHs	1.5	1.5	1.5
Tráfego Iur	6%	6%	6%

4.3.7.Requisitos de Qualidade para a rede implementada

Seguem os critérios de qualidade a serem atingidos pelo projeto, quando da avaliação drive-tests e indicadores de desempenho após sua implementação:

TABELA 4.12 – Indicadores para referência

Indicadores	Metas
<i>Voice Call Setup Success Rate</i>	$\geq 95\%$
<i>Video Call Setup Success Rate</i>	$\geq 95\%$
<i>Inter RAT HO Success Rate (3G to 2G)</i>	$\geq 95\%$
<i>Inter RAT HO Success Rate (2G to 3G)</i>	$\geq 95\%$
<i>Call Drop Rate</i>	$\leq 3\%$
<i>Voice Call BLER (uplink and downlink)</i>	$\leq 3\%$
<i>Video Call BLER (uplink and downlink)</i>	$\leq 3\%$
<i>DL WCDMA User Throughput</i>	$> 240\text{kbps}$
<i>UL WCDMA User Throughput</i>	$> 240\text{kbps}$
<i>PS RAB Establishment Success</i>	$> 95\%$

Definições :

- *Voice Call Setup Success Rate*: Porcentagem das tentativas de originação de chamada de voz com sucesso.
- *Video Call Setup Success Rate*: Porcentagem das conexões de video solicitadas e originadas com sucesso.
- *Voice Inter-RAT Handoff Success rate*: Taxa de *handoff* de voz (CS) 3G<->2G com sucesso.
- *Voice Call Drop Rate*: Porcentagem das conexões de voz que foram interrompidas sem que nenhum dos usuários tenha encerrado.
- *Voice BLER (UL/DL)*: BLER para chamadas de voz, tanto para UL como para DL.

- Video BLER: BLER para conexões de video.
- DL WCDMA Cell Throughput : Taxa média de serviço em DL para usuários de dados (Rel.99).
- PS 384 RAB Establishment Success: Taxa de estabelecimento de conexões PS384RAB com sucesso.