

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**GERENCIAMENTO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIAS, OTIMIZAÇÃO
E COMPARTILHAMENTO DE REDE MÓVEL EM MÚLTIPLAS
TECNOLOGIAS.**

VINÍCIUS OLIVEIRA CARAM GUIMARÃES

ORIENTADOR: HUMBERTO ABDALA JÚNIOR

**BRASÍLIA/DF
04/2008**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**GERENCIAMENTO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIAS, OTIMIZAÇÃO
E COMPARTILHAMENTO DE REDE MÓVEL EM MÚLTIPLAS
TECNOLOGIAS.**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

APROVADA POR:

**Prof. Humberto Abdalla Júnior, Doutor (ENE/UnB)
(Orientador)**

**Prof. Leonardo RAX Menezes, Doutor (ENE/UnB)
(Examinador Interno)**

**Prof. Adaildo Gomes d'Assunção, Doutor (DEE/UFRN)
(Examinador Externo)**

BRASÍLIA/DF, 10 DE MARÇO DE 2008.

FICHA CATALOGRÁFICA

CARAM, VINICIUS OLIVEIRA

GERENCIAMENTO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIAS, OTIMIZAÇÃO E COMPARTILHAMENTO DE REDE MÓVEL EM MÚLTIPLAS TECNOLOGIAS [Distrito Federal] 2008

xviii, 142p, 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Engenharia Elétrica, 2008)

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Elétrica

1. Gerenciamento do Espectro de Frequências

2. Redes Móveis

3. Planejamento de Sistemas Móveis

4. Otimização

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARAM, V. O. (2008). GERENCIAMENTO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIAS, OTIMIZAÇÃO E COMPARTILHAMENTO DE REDE MÓVEL EM MÚLTIPLAS TECNOLOGIAS. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, xviii, 142p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Vinícius Oliveira Caram Guimarães

TÍTULO: GERENCIAMENTO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIAS, OTIMIZAÇÃO E COMPARTILHAMENTO DE REDE MÓVEL EM MÚLTIPLAS TECNOLOGIAS.

GRAU: Mestre

ANO: 2008

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Vinícius Oliveira Caram Guimarães

SQSW 504 Bloco F Ap. 502 - Sudoeste

70.673- 506 Brasília – DF – Brasil.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, em especial a minha esposa Cristiane e filha Andressa, que representam o motivo e incentivo de galgar novos desafios. A meu pai Tito Caram por todo legado, amor ímpar e por viver exclusivamente por nós filhos.

AGRADECIMENTOS

Obrigado aos colegas e amigos da VIVO, que ao longo de cada dia possibilitam o acúmulo e descobertas de novos conhecimentos. Compartilhamos momentos, atividades e informações que agregam valor às nossas vidas profissionais e pessoais. Bem como agradecer a confiança do meu orientador Abdalla, que desde 1996 acompanha minha atuação na engenharia de telecomunicações.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	4
AGRADECIMENTOS.....	5
SUMÁRIO.....	6
ABREVIATURAS.....	11
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUÇÃO.....	16
1 Telefonia Móvel no Brasil.....	19
1.1 Privatização do setor de telecomunicações no Brasil.....	19
1.2 Evolução dos Sistemas Móveis no Brasil.....	21
2 Terceira Geração - 3G.....	26
2.1 Definição do 3G.....	26
2.2 - Padrões do 3G.....	29
2.2.1 - Serviço Telefônico Móvel Universal (UMTS).....	30
2.2.2 - Evolução das Releases do UMTS.....	31
2.3 - Mercado Mundial das Redes 3G.....	33
2.4 - Faixa de Frequências para as redes 3G no Brasil.....	34
2.5 Implementação da rede 3G no Brasil.....	36
2.5.1 Faixas de Frequências Licitadas.....	37
2.5.2 Áreas de Prestação.....	37
2.5.3 Preço das Faixas Licitadas.....	40
2.5.4 Pontos importantes do Edital :.....	41
3 Case da evolução da rede móvel na Banda A no DF.....	44
3.1 Rede TDMA.....	44
3.1.1 - Otimização da rede TDMA.....	46
3.2 - Rede CDMA.....	49
3.2.1 - Ativação da rede CDMA.....	50
3.2.2 Desafios na otimização de RF do CDMA.....	54
3.2.2.1 Poluição de Pilotos e Definição de Vizinhanças.....	54
3.2.2.2 Atraso do PN com distâncias elevadas.....	57
3.2.2.3 Implantações de novas portadoras.....	59
3.3 Rede GSM.....	62
3.3.1 RFQ – Proposta ao fornecedores da rede GSM na área de Atuação da VIVO.....	65
3.3.2 - Espectro de Frequências para a Entrada da Rede GSM em 850 MHz:.....	72
3.3.3 Testes de Banda de Guarda.....	74
3.3.3.1 Estudo Teórico da Banda de Guarda entre o GSM e CDMA.....	74
3.3.3.2 Testes em Campo.....	80
3.3.3.3 - Estudo Prático da Banda de Guarda entre o GSM e TDMA.....	82
3.3.4 - Infra-Estrutura para Overlay da Rede GSM.....	88
3.3.4.1 Testes de Isolação das Antenas.....	88
3.3.4.2 - Utilização de Combinador Híbrido.....	92
3.3.4.3 - Soluções no Uso de Antenas.....	94
3.4 - Expansão de Rede:.....	96
3.4.1 Planejamento 2006.....	96
3.4.2 Planejamento 2007.....	99
3.4.3 Serviços de dados.....	103
3.4.4 Alguns processos de Otimização da Rede GSM.....	106
3.4.5 Acompanhamento da Performance da rede.....	118
3.4.6 - Utilização da Faixa 1.9 GHz na rede GSM.....	122
3.4.6.1 Resultado da Licitação em particular das faixas em 1.9 GHz.....	127
3.4.6.2 Limitações para o uso das bandas de 1,9 e 2,1GHz.....	128
4 Case de Interferência com a CLARO – Banda B – WCDMA.....	131
4.1 ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA.....	134
4.2 MEDIDAS DE CAMPO.....	134

Conclusão.....	138
BIBLIOGRAFIA.....	141

ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Curva dos números de usuários e tecnologias	24
Figura 2. Evolução Tecnológica para Terceira Geração	29
Figura 3 Organograma do ITU	30
Figura 4 Crescimento da rede UMTS no mundo.....	33
Figura 5 Plano de Freqüências para entrada do 3G.....	35
Figura 6 Ilustração do Plano de Freqüências para entrada do 3G.....	37
Figura 7 Mapa ilustrativo das Áreas de Prestação.....	39
Figura 8 Plano de Freqüências Original Banda A para AMPS/TDMA.....	45
Figura 9 – HCS e Layers	48
Figura 10 Plano de Freqüências com a entrada do CDMA.....	51
Figura 11 Sistema Irradiante da rede TDMA.....	53
Figura 12 Sistema Irradiante para CDMA e TDMA.....	54
Figura 13 Plano de PN	55
Figura 14 – Densidade de BTS em Brasília	56
Figura 15 – Resumo da rede CDMA no DF	56
Figura 16 – Ilustração do caso de Atraso de PN	59
Figura 17 Plano de Freqüências Final com CDMA/TDMA/AMPS	61
Figura 18 Market Share das Operadoras entre 2005/07	62
Figura 19 Número de Modelos Homologados.....	64
Figura 20 Diagrama Básico da rede GSM	70
Figura 21 Disponibilidade de Espectro para Operadoras no Brasil	72
Figura 22 Ilustração de Banda de Guarda entre GSM/CDMA	75
Figura 23 Cenário da Convivência do CDMA e GSM.....	75
Figura 24 Relação entre LACIR x Banda de Guarda.....	76
Figura 25 – Relação de LACIR x Banda de Guarda	78
Figura 26 – Sugestão para Disposições dos BCCHs.....	79
Figura 27 – Disposições dos canais com Banda B	79
Figura 27 Local dos Testes – Próximo da Formosa-GO	83
Figura 28 – Visualização das Antenas no Site.....	83
Figura 29 - Distribuição espectral para o teste.....	84
Figura 30 – Taxa de Erro do Canal 52.....	85
Figura 31 - ilustra a reSeleção do móvel devido BER.....	86
Figura 32 - Analisador de Espectro – Canal 52 interferido pelo GSM	86
Figura 33 - Scan do Equipamento de drive – Canal 52 interferido pelo GSM	87
Figura 34 - Testes de Isolação entre Sistemas	89
Figura 35 - Ilustração de um combinador híbrido	92
Figura 36 - Utilização do Combinador no Sistem Irradiante	93
Figura 37 - Soluções no uso de Antenas.....	96
Figura 38 - Estrutura dos Canais GSM e Capacidade.....	97
Figura 38 - Mapping dos Canais Lógicos GSM	98
Figura 39 - Acompanhamento do Tráfego da Rede	101
Figura 40 - Plano de Freqüências para 2007	102
Figura 41 - Mapa de Hopping	103
Figura 42 - Testes com Extended Range – Chamadas com raio > 32 km.....	107
Figura 44 - Ilustração da Hierarquia Overlaid / Underlaid	111
Figura 45 - Ilustração da Diferença de cobertura OL/UL	112
Figura 46 - Ilustração de Refiliação de BTS em BSCs	114
Figura 47 - Regra de Formação para Identificação Global das Células.....	115
Figura 48 - Relação entre Paging/Tráfego e Número e Células.....	117
Figura 49 - Relação entre Paging e Rádios.....	117

Figura 49 - Fluxo de Crescimento de uma rede.....	118
Figura 49 – Etapas no estabelecimento da chamada.....	119
Figura 50 - Acompanhamento da Performance	121
Figura 51 - Identificação das Células Ofensoras	122
Figura 52 - Visualização das Áreas de Prestação da Subfaixa L.....	126
Figura 53 - Visualização da Adjacência entre bandas J e L.....	128
Figura 54 - Apresentação de Interferência na Banda B	131
Figura 55 - Resultado da Triangulação na Busca do Interferente.....	132
Figura 56 - Triangulação e Identificação da Fonte Interferidora	133
Figura 57 - Piso de Ruído com portadoras da VIVO ON	135
Figura 58 - Piso de Ruído com Portadoras da VIVO OFFLINE.....	136
Figura 59 - Presença da Portadora WCDMA da Claro.....	137

TABELAS

Tabela 1 : Frequências de operação das Bandas A e B	17
Tabela 2 . Dados das Tecnologias Móveis no Brasil	25
Tabela 3 Quantidade de Terminais nas Tecnologias 3G	34
Tabela 4 Quantidade de Redes e Países com 3G.....	34
Tabela 5 Designação das Faixas para 3G.....	37
Tabela 6 Definição das Áreas de Prestação	38
Tabela 7 Preços das Faixas Licitadas para 3G.....	40
Tabela 8 Tráfegos Previstos para rede GSM CO/N.....	66
Tabela 9 Características Necessárias das BTS.....	69
Tabela 10 Resultados dos Testes	81
Tabela 11 - Banda de Guarda x Liberação de Canais GSM	82
Tabela 12 - Resultado da Isolação Vertical	91
Tabela 13 - Resultado da Isolação Horizontal	91
Tabela 14 - Resultado do uso do EHCU	93
Tabela 15 – Dados para Cálculo do Tráfego de Dados	105
Tabela 16 – Distribuição dos Tráfegos de Dados e Voz	106
Tabela 18 – Taxa do Half Rate	109
Tabela 19 – Exemplo Práticos na Formação do CGI	115
Tabela 20 – Faixas de Operação e Lotes	123
Tabela 21 – Compromissos de Abrangência	125
Tabela 22 – Valor dos Lotes	125
Tabela 23 – Designação dos Lotes e Interesse.....	127

ABREVIATURAS

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

TELEBRÁS – Telecomunicações Brasileiras

GSM - Global System Mobile

AMPS – Advanced Mobile Phone System

TDMA - Time Division Multiple Access

GPRS - General Packet Data Radio

CDMA - Code Division Multiple Access

FCC – Federal Communications Commission

3G – Terceira Geração de Telefonia Móvel

4G - Quarta Geração da Telefonia Móvel

SMC - Serviço Móvel Celular

SMP - Serviço Móvel Pessoal

STFC - Serviço Telefônico Fixo Comutado

ERB - Estação Rádio Base

CCC - Central de Comutação e Controle

3GPP: 3rd Generation Partnership Project

Assinante: Aquele que contrata o serviço e faz uso de suas facilidades

AS: Application Server

BHCA: Busy Hour Call Attempt - número total de tentativas de chamadas (completadas + não completadas) na HMM

BG: Border Gateway

BGCF: Breakout Gateway Control Function

CMIP: Commons Management Information Protocol

CN: Core Network

CS: Circuit Switched

CSCF: Call Session Control Function

CP: Processador de chamadas

EIR: Registrador de Identidade do Equipamento

ETSI: European Telecommunications Standards Institute

GDMO: Guidelines for the Definition of Managed Objects

GGSN: Gateway GPRS Support Node

GTW: Gateway Switching Center - Central de Comutação Trânsito

HLR: Registrador de Localização da Origem;

HMM: Hora de Maior Movimento dentro do período de um dia;

HSS: Home Subscriber Server

ICN: IP Connectivity Network

IETF: Internet Engineering Task Force

I-CSCF: Interrogating-CSCF

IM: IP Multimedia

IMEI: International Mobile Subscriber Equipment Identification

IMS: IP Multimedia Core Network Subsystem

IN: Intelligent Network

IP: Internet Protocol

IPv4: Internet Protocol version 4

IPv6: Internet Protocol version 6

ISDN: Integrated Services Digital Network;

ISUP: ISDN User Part;

ITU-T: International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization;

MAP: Mobile Application Part

MGC: Media Gateway Controller

MGCF: Media Gateway Control Function

MGCP: Media Gateway Controller Protocol

MGW: Media Gateway

MIB: Management Information Base

MRF: Media Resource Function

MSC: Centro de Comutação de Serviços Móveis (Mobile Switching Center);

MTBF: tempo médio que a máquina permanece em funcionamento sem qualquer tipo de falha;

MTTR: tempo médio especificado para reparo em caso de falha.

MTTF: tempo médio especificado para ocorrer falha.

OSA: Open Services Architecture

P-CSCF: Proxy-CSCF

PRO: Programação de encaminhamento da central;

PS: Packet Switched

PSTN: Public Switched Telephone Network

QoS: Quality of Service

RAN: Radio Access Network

RTCP: Real Time Control Protocol

RTP: Real-Time Transport Protocol

RTPC: Rede de Telefonia Pública Comutada;

S-CSCF: Serving-CSCF

SDP: Session Description Protocol

SGSN: Serving GPRS Support Node

SGW: Signaling Gateway

SIP: Session Initiation Protocol

SS7: Signaling System 7

TCAP: Transaction Capability Application Part

TMN: Telecommunications Management Network

TMR: Tempo Médio de Retenção de chamadas

UE: User Equipment

VLR: Registrador de Localização de Visitante

VOIP: Voice Over IP

RESUMO

Desde o surgimento das comunicações móveis, as operadoras e fornecedores buscam incessantemente novas tecnologias e serviços para se adaptarem às necessidades mercadológicas. Este trabalho apresenta a evolução da telefonia móvel até os dias atuais, destacando os desafios técnicos e comerciais enfrentados pelas operadoras em overlay de suas redes.

O objetivo principal é mostrar e destacar um caso ímpar no cenário nacional de gerenciamento de espectro para a introdução das tecnologias AMPS, TDMA, CDMA, EVDO e GSM em uma mesma faixa, na banda A. Como uma operadora administrou recursos para a viabilidade do provimento destes serviços aos usuários em uma banda disponível de 12,5 MHz. Para isso foram necessários estudos teóricos e práticos quanto a bandas de guarda, isolamento de antenas e compartilhamento de infra-estrutura.

Serão apresentadas as principais tecnologias existentes e suas características, ressaltando a consolidação do mercado brasileiro de telecomunicações em restritas grandes operadoras e o foco em tecnologias comuns a todas.

ABSTRACT

Since the emergence of mobile communications, operators and suppliers constantly seek new technologies and services to fit the needs marketing. This paper presents the development of mobile telephony up to today, highlighting the challenges faced by technical and commercial operators.

The main goal is to show and highlight the management of spectrum for the introduction of technologies AMPS, TDMA, CDMA, EVDO and GSM in the same band, band A. As the operator administered resources for the feasibility of providing these services to users in a 12.5 MHz band available for her. For that were necessary theoretical and practical about guardbands, isolation of antennas and sharing of infrastructure.

They will be presented the main existing technologies and their characteristics, highlighting the consolidation of the Brazilian market for telecommunications carriers and large restricted to the focus on technology common to all.

INTRODUÇÃO

O sistema celular se estruturou de uma maneira um pouco diferente dos tradicionais sistemas de telecomunicações como os de radiodifusão. Em vez de se usar um único transmissor potente, vários transmissores de baixa potência foram instalados por toda a área de cobertura. Estas diversas áreas foram denominadas de células e foram responsáveis pelo grande aumento da capacidade do sistema, pois através do reuso de frequências, conseguiu-se aumentar a capacidade do sistema sem provocar a perda na qualidade de serviço e permitir uma perfeita locomoção do usuário, passando de uma ERB (Estação Rádio Base) para outra, sem que o serviço fosse afetado.

O reuso de frequências, então, foi aplicado da seguinte maneira, se alocarmos uma determinada frequência para uma área restrita de cobertura, esta mesma frequência poderia ser utilizada novamente por uma outra ERB em uma localidade distante, desde que respeitasse a distância mínima para evitar a interferência de uma portadora em outra, o que chamamos de interferência co-canal.

O grande limitante, portanto, para se utilizar o reuso de frequência, é a interferência co-canal. Logo, nem todas as frequências podem ser utilizadas em uma determinada célula. Criou-se, então, um grupo de células chamado de cluster, onde todas as frequências das ERB's deste grupo não poderiam ter a mesma frequência de operação, permitindo desta forma, manter uma distância boa de reuso e oferecer uma boa qualidade de transmissão de voz. Na verdade verificou-se que, o efeito da interferência estava relacionado com a proporção da distância em relação ao raio da célula, e que se diminuirmos o raio da célula em cinquenta por cento, poderíamos aumentar em quatro vezes o número de clientes em potencial. O grande trabalho da engenharia está, então, relacionado em como projetar um sistema com capacidade elevada e manter a qualidade do serviço oferecido.

As primeiras redes comerciais de telefonia móvel adotaram o sistema AMPS (Advanced Mobile Phone Service), onde a FCC - Federal Communications Commission reservou 50 MHz na banda de 800 MHz, dividindo em duas bandas, 'A' e 'B'. Esse esquema pretendia garantir a existência de

dois competidores em cada região. Por sua vez, essas bandas são divididas em dois blocos de radiofrequência: um para transmissão e outro para recepção, em MHz conforme Tabela 1:

Tabela 1 : Frequências de operação das Bandas A e B

	transmissão	recepção
Banda "A"	824 - 835 e 845 - 846.5	869 - 880 e 890 - 891.5
Banda "B"	835 - 845 e 846.5 - 849	880 - 890 e 891.5 - 894

Durante muitos anos o desafio das operadoras era otimizar seus recursos de frequências de 12,5 MHz em uma única tecnologia, garantindo qualidade e capacidade. A complexidade se eleva quando uma operadora, após 16 anos de operação, líder de mercado se vê obrigada a compartilhar os 12,5 MHz, disponíveis originalmente para uma rede analógica, com as tecnologias AMPS, TDMA, CDMA, EVDO e GSM.

A administração de todas as tecnologias em limitado espectro de frequências, formas de reuso, capacidades, serviços, otimizações e compartilhamento de infra-estrutura são estimulantes no planejamento da engenharia de redes. Os desafios considerados acima foram superados pela operadora banda A no Distrito Federal, que hoje possui a rede multi-tecnologias em única banda, realidade ímpar no mercado nacional e mundial. Parte das experiências para o sucesso são o objetivo e justificativa deste trabalho.

Para tanto, esta dissertação foi desenvolvida em capítulos da seguinte forma:

O primeiro capítulo apresenta breve histórico da telefonia móvel no Brasil, facilitando o entendimento da evolução tecnológica da rede e sua cronologia. Desde a ativação da rede móvel em regime estatal, privatização e mercado atual.

O segundo capítulo aborda a chamada rede 3G, sua definição, vantagens, ativação no Brasil e licitação da Anatel.

O terceiro capítulo detalha o case evolução da rede móvel da operadora no DF, discriminando os “overlays” tecnológicos, ações e recursos para suas operações e gerenciamentos.

O quarto capítulo aborda sucintamente uma decisão estratégica do uso da rede 1.9 GHz pela operadora vista a eminente entrada da rede 3G na faixa de 2.1 GHz.

A Conclusão apresenta as considerações finais com respeito às principais características e habilidades levantadas no gerenciamento das redes e como devem ser utilizadas no trabalho de gerencia das tecnologias. Seguem a Conclusão a relação de referências bibliográficas e os anexos, que embasaram a construção desta dissertação.

1. TELEFONIA MÓVEL NO BRASIL

1.1. PRIVATIZAÇÃO DO SETOR DE TELECOMUNICAÇÕES NO BRASIL

O sistema brasileiro de telefonia esteve até 1998 nas mãos do estado, mais especificamente sob a gerência da TELEBRÁS. Neste período a revolução das telecomunicações no mundo já havia começado, impulsionado pela globalização, pelo advento de novas tecnologias de telefonia e pela explosão de outro mercado tecnológico, o da informática associado à Internet. As telecomunicações brasileiras não recebiam investimentos suficientes e o recurso que fosse implantando era facilmente absorvido pela alta demanda existente. Pagava-se caro, muitas vezes com ágio, e o serviço era atrasado tecnologicamente e de baixa qualidade em relação aos demais países que possuíam um mercado aberto para as telecomunicações.

Dentro das metas das lideranças nacionais tornou-se claro que para a inserção do Brasil no seleto grupo dos países desenvolvidos era imprescindível um investimento urgente na área de telecomunicações. No entanto, o estado não possui recursos suficientes nem o dinamismo necessário para tal mercado. O exemplo bem sucedido de outros países e a necessidade de capital externo fizeram com que o estado optasse pela privatização das telecomunicações.

As telecomunicações brasileiras experimentaram, no governo Fernando Henrique Cardoso, a maior e mais ousada transformação, entre as inúmeras ocorridas nesse setor em todo o mundo. Tudo o que foi feito teve como suporte as diretrizes que fundamentaram a Lei Geral de Telecomunicações, aprovada pelo Congresso em 1997, e a partir da qual se ergueram sólidas estruturas para a sustentação do modelo.

Para tanto foi criada uma agência reguladora pertencente ao estado, a ANATEL, que estaria incumbida da normatização do setor de telefonia, visando garantir os direitos dos clientes, os interesses estratégicos do país, e também garantir a existência de um mercado competitivo. A ANATEL se baseou na FCC, a qual é uma agência americana que possui os mesmos fins de regulamentação.

Inicialmente se dividiu as subsidiárias do sistema TELEBRÁS em três grupos ou setores: nove operadoras de telefonia móvel, três operadoras de telefonia fixa, e uma operadora de longa distância. Para cada uma destas empresas foram estabelecidas concessões para que outras operadoras competissem no mesmo mercado, as denominadas empresas espelho. O grupo de operadoras de telefonia móvel originário do sistema estatal foi denominado banda A e suas respectivas concessões espelho denominadas banda B. As concessões da banda B foram leiloadas antes da privatização do sistema TELEBRÁS e as empresas vencedoras tiveram um período para se estabelecer no mercado. Este período foi caracterizado por altos investimentos externos e internos e por uma verdadeira revolução no mercado nacional. Diversos grandes grupos internacionais tanto de fabricantes como de operadoras se instalaram no país. O lucro fácil, a alta demanda reprimida, a facilidade de captação de recursos e a pressa em se estabelecer no mercado antes da privatização da TELEBRÁS inibiram o estabelecimento de uma estratégia de atuação no setor.

Com a privatização da TELEBRÁS se verificou uma nova onda de investimentos visando a modernização e a expansão da rede existente. Os principais trunfos dos grupos vencedores da privatização eram a base de clientes já existente e a marca das subsidiárias TELEBRÁS. Após um curto período de livre mercado verificou-se uma acelerada expansão do setor, com altos investimentos e praticamente esgotamento da demanda reprimida existente. Dentre os três setores inicialmente estabelecidos pelo modelo de privatização, a livre competição no setor de telefonia móvel foi o que obteve maiores resultados: queda de tarifas, subsídio e diminuição dos preços de aparelhos, diversificação de serviços. Nos setores de telefonia local e longa distância foram obtidos avanços significativos em termos de expansão da rede e adoção de novas tecnologias.

Outro aspecto importante a ser observado é o da reestruturação do setor de telefonia. Após a privatização criou-se mais de duas dezenas de operadoras de telefonia móvel e sete grandes operadoras de telefonia fixa e de longa distância. Já pode ser constatada uma tendência natural de reagrupamento, envolvendo inclusive grandes grupos internacionais de operadoras. O mercado também tende a ser totalmente desregulamentado com qualquer empresa podendo atuar em qualquer setor: móvel, fixo, longa distância, fibra ótica, satélite, entre outros. O cenário de

convergência nas telecomunicações é inevitável e se caracterizará pelos múltiplos serviços oferecidos aos clientes.

1.2. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS MÓVEIS NO BRASIL

O início do sistema móvel de telecomunicações no Brasil foi marcado com a ativação da tecnologia analógica, AMPS, em 1991 em regime estatal e com operadoras autônomas em cada estado da federação.

Devido ao sucesso do sistema AMPS, ainda sendo um serviço inicialmente caro, a procura se tornou imensa. Mesmo a adoção das faixas de extensão mostrou que também haveria uma saturação. Em função da pressão de demanda, em algumas regiões após ano de 1996, o sistema analógico havia atingido o limite de sua capacidade nas maiores áreas metropolitanas, assim foi necessário dar início ao desenvolvimento de sistemas digitais que em princípio, além da maior capacidade, ofereciam as seguintes vantagens sobre os analógicos: aumento da capacidade com técnicas de codificação digital de voz, maior eficiência espectral, melhor qualidade, segurança e novos serviços.

Como resultado desse esforço surgiram os sistemas GSM (Groupe Speciale Mobile/Global System for Mobile Communications) na Europa, o TDMA (Time Division Multiple Access), o CDMA (Code Division Multiple Access) nos EUA e o PDC (Japanese Personal Digital Cellular) no Japão.

Uma exigência era que os novos sistemas digitais teriam que operar sobre as mesmas bandas já existentes. No caso do Brasil o AMPS iniciou-se na Banda A em 850 MHz. Para esta faixa de frequência apenas o TDMA e o CDMA seriam viáveis por adoções de padrões internacionais e conseqüentemente escala de mercado. Além disso, ambas as tecnologias são compatíveis com o AMPS, uma vez que terminais duais estavam desenvolvidos e preço de equipamentos e terminais eram inferiores devido demanda do mercado global.

No Brasil não se sabia qual padrão de telefonia móvel digital seria implantado para substituir o AMPS no final dos anos 90. Na época existiam dois grandes fornecedores de equipamentos para o sistema Telebrás: Ericsson e NEC. Ficando a Nortel como um terceiro ‘player’.

Um grupo de estudo foi designado na Telebrás para avaliar as propostas de tecnologias digitais para permitir avanço na telefonia móvel no país. Muitos não acreditavam no sucesso da inovadora tecnologia sem fio no mercado nacional, devido preço e possível dificuldade de penetração na população brasileira. O antigo paradoxo entre melhor tecnologia e preço influenciaria a divisão de tecnologias em partes do Brasil. A equipe de Engenharia estava ciente de que o CDMA apresentava características superiores frente ao TDMA, mas sabia-se da diferença de orçamentos necessários e abertura tecnológica entre as mesmas. Considerando o investimento necessário a ser realizado na época, licitações para cada regional definiriam as primeiras digitalizações.

A Ericsson estava com a tecnologia TDMA madura, aberta e mais barata, assim a maioria das redes acabaram seguindo a tendência da maior fornecedora de equipamentos. A compatibilidade com a padronização de canais de 30 kHz e a frequência de 850 MHz beneficiaram o planejamento das redes e custo de terminais.

Comenta-se que a NEC por sua vez, num processo não só tecnológico, mas também político, uma vez que houve participação das organizações Globo no processo de privatização, acabou influenciando a entrada da tecnologia CDMA. Mas já era conhecimento dos profissionais da Telebrás de sua superioridade, em destaque a capacidade espectral, indispensável às maiores redes como Rio de Janeiro e São Paulo.

Por fatores tecnológicos e políticos os padrões digitais adotados inicialmente para permitir o desenvolvimento e capacidade das redes móveis no país foram TDMA e CDMA. Muito se questiona a não entrada da tecnologia GSM neste momento, mas podem-se citar algumas razões:

- a faixa de frequência designada para as redes móveis em 850 MHz não era padrão de rede GSM, o que encareceria um projeto. As redes GSM utilizam em sua maioria a faixa 1.8GHz.

- uma rede GSM 850 MHz, por demanda menor, elevaria o preço de terminais também, o que inviabilizaria a competição com terminais TDMA.

Com a privatização do setor e licitação da banda B também em 850 MHz, preservou-se a hegemonia das duas tecnologias digitais (TDMA e CDMA) no Brasil até 2002. Enquanto isso no mercado mundial ocorria um crescimento da tecnologia GSM, principalmente na Europa, mas com sua operação na faixa de 1.800 MHz, inviabilizando sua entrada no país.

Até novembro de 2002 o cenário da telefonia móvel ainda estava indecifrável, mas com o sucesso do leilão das sobras do SMP, o mercado se aqueceu e tirou a inércia de muitas operadoras. O GSM seria contemplado em licitação da Anatel das Bandas D e E na frequência padrão de 1.8 GHz em 2002.

O leilão proposto pela Anatel do SMP nas faixas de frequência de 1.8 GHz, foi propositalmente estudado de forma a permitir a vinda do GSM para o Brasil, beneficiar nossos fornecedores e acirrar a concorrência com novas operadoras. O resultado final permitiu visualizar uma briga acirrada em âmbito nacional das tecnologias CDMA e GSM até final de 2006.

O fator primordial a ser analisado é que apenas a operadora VIVO disponibilizava a tecnologia CDMA e a adotou nacionalmente em sua rede. Sem dúvida a tecnologia é superior ao GSM, porém a predominância no mercado mundial do padrão europeu e conseqüentemente a razão oferta x demanda levaram ao encarecimento e prejuízo da rede CDMA. Não havia outra saída para os acionistas reverterem os resultados econômicos senão nadar a favor da corrente e mudar a estratégia da empresa e realizar o overlay GSM.

Como a VIVO havia padronizado sua rede com o CDMA, a mesma era detentora apenas de faixas de 850 MHz nas bandas A e B. A decisão da ativação do GSM, forçou que o padrão adotado pela empresa fosse diferente das demais operadoras que na padrão europeu usaram a faixa de 1.8 GHz em caráter primário e 900 MHz em caráter secundário, sendo o americano o único viável. Este adota as faixas de 850 MHz e 1900 MHz para a rede GSM.

O desafio da operadora foi administrar infra-estrutura e o espectro de frequências para viabilizar TDMA, CDMA, EVDO e GSM em apenas 12,5 MHz de banda em cada regional. Esta convivência de múltiplas tecnologias exigiu análises da engenharia para viabilidade da coexistência entre as redes.

As redes GSM por questões mercadológicas foram beneficiadas com elevado crescimento e no início de 2004, já ultrapassaria a rede CDMA da VIVO. Observa-se nas curvas na Figura 1 o histórico da quantidades de linhas por tecnologias no país.

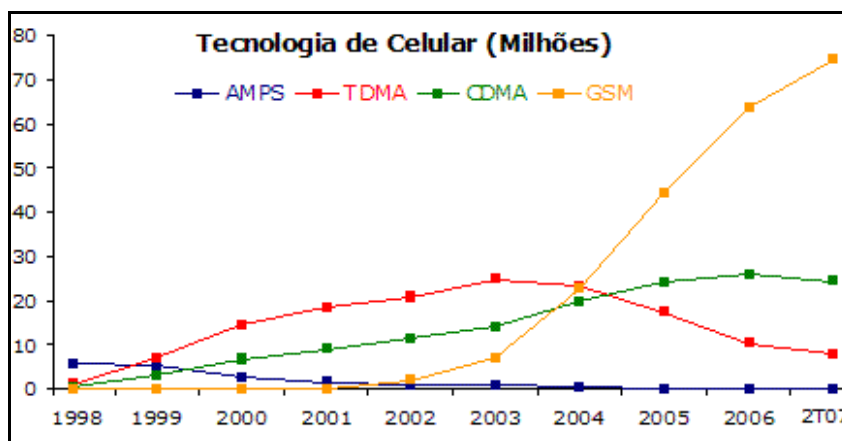


Figura 1 – Curva dos números de usuários e tecnologias [1]

Os dados da tabela 2 comprovam a definição da tecnologia GSM no mercado nacional, forçado pela padronização de todas as operadoras. Além de uma rede mais barata, a evolução da rede GSM para a 3G é facilitada.

Tabela 2 . Dados das Tecnologias Móveis no Brasil [1]

Tecn.	Dez. 2007	Janeiro 2008			
		Nº Celulares		Cresc. mês	Cresc. ano
AMPS	15.581	15.243	0,01%	-338	-2,2%
TDMA	5.157.187	4.822.569	3,9%	-334.618	-6,5%
CDMA	20.881.790	20.116.634	16,4%	-765.156	-3,7%
GSM	94.925.545	97.903.131	79,7%	2.977.586	3,1%
Total	120.980.103	122.857.577	100%	1.877.474	1,6%

2. TERCEIRA GERAÇÃO - 3G

2.1. DEFINIÇÃO DO 3G

O mercado de telecomunicações móveis passa por um momento de decisão tecnológica. A maioria das atuais redes de telefonia móvel utiliza tecnologias inicialmente desenvolvidas para o tráfego de voz. Por questão de custos, capacidade, integração e diversificação de serviços a evolução na área de telecomunicações vislumbra um horizonte de mercado em que estas redes para tráfego de voz não serão capazes de atender. A solução para tais desafios é o tráfego de dados em alta velocidade na forma de pacotes, onde estariam disponíveis diferentes tipos de serviços e maior capacidade de voz com eficiência espectral.

Terceira Geração é um termo genérico usado para designar os sistemas de comunicação móvel de próxima geração que incluem voz e dados de alta velocidade. Áudio e vídeo a pedido, multimídia de alta velocidade e acesso à Internet Móvel são algumas das possibilidades para consumidores de serviços 3G. Além disso, haverá capacidade, qualidade e taxas de dados otimizadas para as operadoras.

Além do tráfego de voz, que após digitalizado seria transmitido sobre a forma de pacotes, estariam disponíveis todo e qualquer serviço hoje disponível em um computador pessoal conectado numa rede de informações: serviços de multimídia, videoconferência, som, imagem, email, comércio eletrônico, tudo isto em tempo real. Em associação a estes serviços seriam integradas facilidades características da mobilidade de uma rede celular como, por exemplo, serviços de localização ou uma maior interação entre as necessidades de consumo do usuário em todo e qualquer lugar. O usuário poderia estar continuamente conectado a rede de informações e ter acesso a todos os seus benefícios através de um canal de alta velocidade. Dito isto, os serviços de voz continuarão gerando a maior parte da receita das operadoras em um futuro previsível. Isto provém do "efeito do estímulo dos dados", ou seja, o aumento dos serviços de dados não irá desbancar o tráfego de voz e sim expandi-lo. Mesmo os mais entusiásticos defensores das aplicações sem voz reconhecem esse fenômeno. Este é o cenário de uma rede móvel de terceira geração.

Os requisitos de um sistema celular de 3ª Geração são:

1. Altas taxas de dados: 144 kbit/s em todos os ambientes e 2 Mbit/s em ambientes "indoor" e de baixa mobilidade.
2. Transmissão de dados simétrica e assimétrica.
3. Serviços baseados em comutação de circuitos e comutação de pacotes.
4. Qualidade de voz comparável à da telefonia fixa.
5. Melhor eficiência espectral
6. Vários serviços simultâneos para usuários finais, para serviços multimídia.
7. Incorporação suave dos sistemas celulares de 2º geração.
8. Roaming global.
9. Arquitetura aberta para a rápida introdução de novos serviços e tecnologias.

Em outubro de 2001, o Japão tornou-se o primeiro país do mundo a inaugurar um sistema nacional de telefonia celular de terceira geração em escala comercial. Hoje, usuários de vários países já acessam a internet em velocidades que variam de 384 quilobits por segundo (kbps), com o usuário em veículos em movimento, a 7 Mbps, com o usuário parado.

Mas isso não basta para convencer o usuário a pagar muito mais pelo acesso, pelo aparelho ou pelo uso do 3G. A rigor, ele não quer comprar quilobits ou megabits, mas, sim, conteúdo e serviços que sejam, de fato, soluções para seus problemas. Nesse aspecto, os japoneses da NTT-DoCoMo estão oferecendo exatamente o que seus clientes querem. Mesmo assim, a diferença de preços ainda se torna uma barreira muito forte que impede um cidadão de classe média trocar um celular 2,5G, que não lhe custa mais do que US\$ 30 por mês, por um 3G, que pode passar de US\$ 80.

Algumas aplicações do 3G no dia a dia:

Em casa: 3G irá nos afetar de várias maneiras. Podem-se administrar informações pessoais, tarefas simples como compras e utilizar melhor o nosso tempo. Entre os exemplos deste tipo encontra-se utilizar o aparelho 3G para: acessar a sua conta de banco para verificar cheques e

pagamento de contas; fazer reservas de hotel e restaurante ao chegar numa nova cidade e ainda assistir vídeo clips sobre as atrações turísticas locais; administrar o seu estoque quanto a itens que precisam ser comprados para o seu refrigerador "inteligente" fazendo pedidos no supermercado local e tê-los pronto para entrega.

No trabalho: 3G lhe permitirá maior flexibilidade no ambiente de trabalho tais como acesso remoto à rede da empresa para "trabalhar de casa." Entre os exemplos deste tipo encontra-se utilizar o seu aparelho 3G para: discutir uma minuta de apresentação com seus colegas que se encontram na empresa enquanto estiver viajando, ou participar de uma tele-reunião para ver a apresentação e fazer mudanças on line; carregar um vídeo de serviço como um guia para consertar um problema descoberto durante uma verificação de manutenção. Estes serviços e aplicativos para mobilidade 3G são ilimitados e serão determinados pela procura dos consumidores.

O mercado de aparelhos celulares pratica três vertentes: a praticidade, com baixo preço; a da sofisticação (cor, miniaturização, comando de voz, design), que dá status; e as inovações com novos serviços. Os consumidores poderão escolher um aparelho 3G que seja adequado para as suas necessidades. Algumas das opções disponíveis são máquinas fotográficas, filmadoras, rádios, aparelhos de MP3, sistema de comunicação de multimídia em grupo ou de pessoa a pessoa, acesso à Internet e browsing, integração a sistemas de informática das empresas, bem como aplicativos de conteúdo e e-mail. Verdadeiras jóias do consumidor early user.

Celular e computador competem pela portabilidade e pelo acesso a internet. A indústria do celular quer chegar à verdadeira Internet móvel (IPv6) e aos portais multimídia. Por ora a grande killer application é o SMS (Short Message Service), fazendo upgrade para o MMS (Multimedia Message Service) . A localização geográfica do aparelho desponta como uma possibilidade. Celulares e computadores podem se comunicar pela rede celular, infra-vermelho e tecnologia Blue Tooth, precisando compartilhar seus sistemas operacionais. Segue na Figura 2 a ilustração da evolução tecnológica das redes móveis:

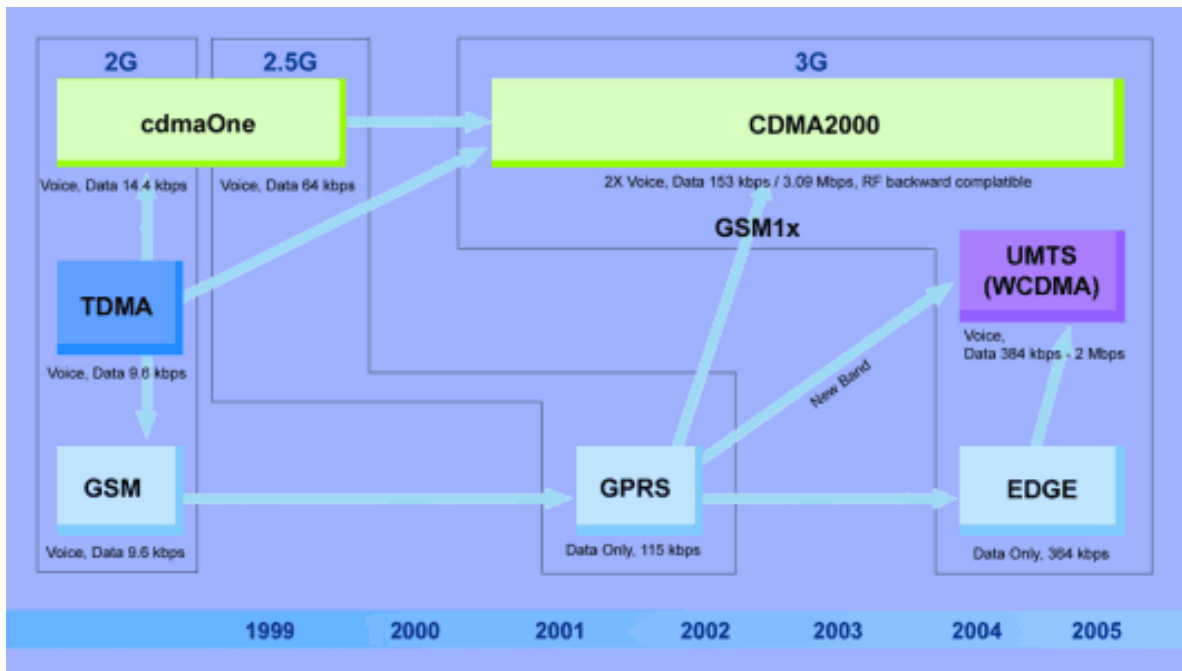


Figura 2. Evolução Tecnológica para Terceira Geração

Fonte: (3GPP)

2.2. PADRÕES DO 3G

Existem organismos internacionais que procuram estabelecer padrões para as Telecomunicações. Para a Terceira Geração temos, por exemplo, o ITU (International Telecommunication Union) que estabeleceu o IMT-2000 (International Mobile Telecommunications) que se baseia em duas tecnologias CDMA: são elas o CDMA 2000 e o WCDMA.

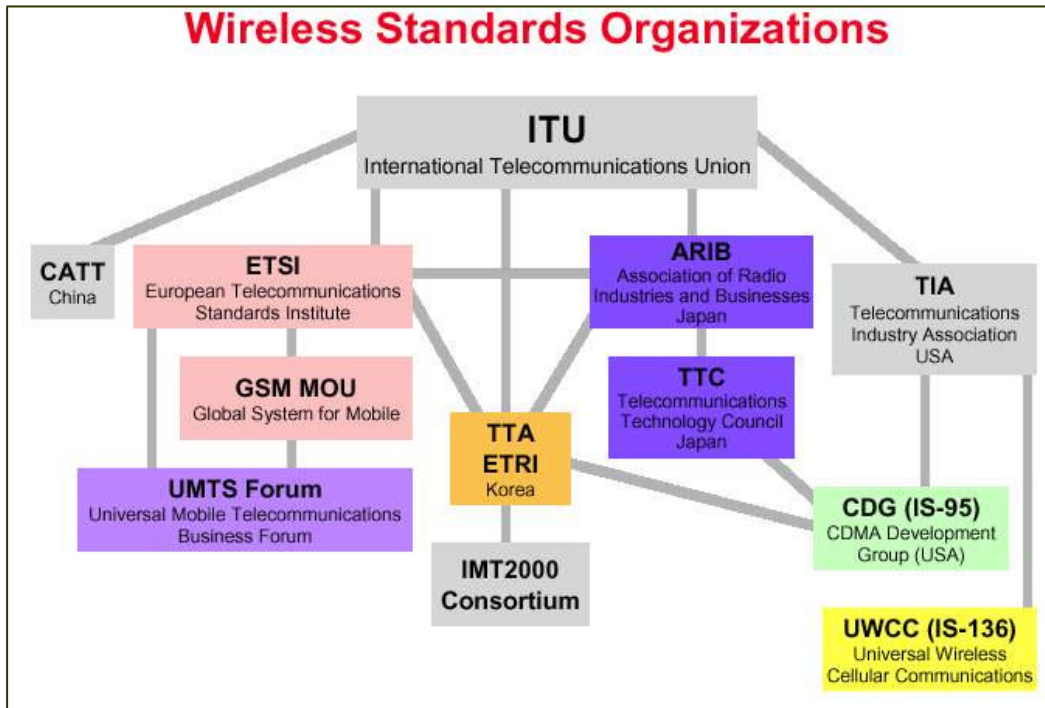


Figura 3 Organograma do ITU

Fonte: (CDG)

O componente de rádio das tecnologias avançadas varia em pelo menos:

- A largura do canal de rádio frequência, que pode variar de 4,2 MHz a 5 MHz, dependendo do projeto e eficiência exigida.
- A alocação do espectro de rádio frequência. Ele pode variar a implementação em diferentes faixas de espectro: 800MHz, 900MHz, 1800MHz, 1900MHz e 2100MHz. Para cada uma destas faixas de frequências existem pequenas diferenciações de cenário a serem analisados

2.2.1. SERVIÇO TELEFÔNICO MÓVEL UNIVERSAL (UMTS)

O UMTS (Universal Mobile Telephone Service) é o padrão de terceira geração aceito para as operadoras de GSM. A evolução GSM para os serviços de dados sem fio de alta velocidade da Terceira Geração (3G), adotada no mundo inteiro como principal padrão sem fio. O UMTS

representa uma evolução das redes móveis GSM Segunda Geração (2G), em termos da sua capacidade, velocidade e serviços novos. É uma tecnologia IP que suporta pacotes de dados e voz, oferecendo velocidade de até 2 Mbps, e velocidades médias de 220-320 Kbps para a UMTS Release '99.

Comparado a outras tecnologias de próxima geração, o UMTS possui a maior eficiência de espectro e menor latência. Benefícios adicionais incluem a capacidade de transmitir voz e dados simultaneamente, alta densidade de usuários, com infra-estrutura de baixo custo devido ao escopo e escala de 2,5 bilhões de clientes GSM/UMTS, além de apoio para aplicativos de dados banda larga. O UMTS requer um par de canais de rádio frequência de até 5 MHz, quatro vezes mais amplo que o par de canais de 1,25 MHz necessários para CDMA2000. Por essa razão, o UMTS é denominado algumas vezes "CDMA banda larga" (W-CDMA). Ao migrar para o UMTS, as operadoras provavelmente precisarão ter acesso a um espectro adicional, assim como à maior capacidade e à funcionalidade expandida da nova tecnologia. O UMTS incorpora ainda um vocoder (codec) variável mais eficiente. Em comum com a CDMA2000 1X, esse vocoder irá elevar a capacidade de voz de uma determinada faixa do espectro.

As operadoras de UMTS irão empregar terminais multimodo e multibanda. Esses terminais irão permitir handoffs perfeitamente consistentes entre o que serão redes GSM-GPRS (ou GSM-GPRS-EDGE) totalmente implementadas e redes UMTS parcialmente implementadas. Esses handoffs consistentes irão permitir que as operadoras desenvolvam redes UMTS à medida que a tecnologia vá amadurecendo e a demanda vá crescendo, de forma bastante semelhante às operadoras do espectro de 800 MHz nas Américas do Norte e do Sul, que desenvolveram redes digitais como extensões de suas redes analógicas a partir de meados dos anos 90.

Em suma, a transição para UMTS irá permitir a vantagem de um investimento gradual em infra-estrutura, perfeitamente adaptado à demanda.

2.2.2. EVOLUÇÃO DAS RELEASES DO UMTS

Release 5

O padrão WCDMA 3GPP Release 5 apresenta, entre outras novidades, um novo canal de transporte de *downlink*, entre a *Base Station* (BS) e o equipamento do usuário (*user equipment – UE*), que melhora o suporte a aplicações de alto desempenho para rede de pacotes.

O custo do bit trafegado é reduzido, já que o canal de *downlink* melhorado permite um aumento considerável da capacidade de transporte, quando comparado com o Release 99. Também reduz de forma significativa a latência e possibilita picos de transmissão de dados de até 14 Mbit/s.

Essa implementação, que tem como sigla o HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*), é o primeiro passo na evolução do desempenho do WCDMA.

Release 6

Com o uso crescente de serviços baseados em IP, a demanda por cobertura maior, transmissão mais rápida e latência reduzida também cresce. O High Speed Uplink Packet Access (HSUPA) é uma atualização do UMTS/HSDPA que usa o Enhanced Dedicated Channel (E-DCH) para oferecer uma série de avanços que otimizam o desempenho do uplink. Essas melhorias incluem maior taxa de transmissão, latência reduzida e maior eficiência de espectro. O HSUPA foi padronizada pela 3GPP em Release 6.

O HSUPA aumenta as taxas de upload do UMTS, que passam de uma velocidade máxima para usuários de 384 kbps para taxas bem acima de 1 Mbps, três vezes mais rápido que o Release 99. Essas velocidades devem aumentar no futuro com avanços em terminais e capacidades de rede. O HSUPA deve oferecer um aumento de aproximadamente 85% na velocidade da célula no uplink e de aproximadamente 50% para o usuário. O HSUPA também reduz a latência de pacotes.

High Speed Packet Access (HSPA): O nome para avanços que englobam as duas direções de transmissão de informações – o downlink (HSDPA) e o uplink (HSUPA). O HSPA é uma versão avançada do UMTS e oferece uma união bem sucedida de eficiência de espectro (4 a 5 vezes maior que a UMTS), alta velocidade de dados (usuários HSDPA aproveitam hoje de taxas de transmissão de 1 Mbps e condições favoráveis, que deve aumentar com as melhorias planejadas para HSDPA; usuários da tecnologia HSDPA devem alcançar taxas máximas de transmissão

próximas de 1 Mbps para uplink em condições favoráveis), e baixa latência (menos de 100 ms), possibilitando uma real tecnologia de banda larga para o mercado de massa. O HSPA também representa um menor custo por bit, possibilitando serviços multimídia ricos e eficientes.

2.3. MERCADO MUNDIAL DAS REDES 3G

Segue m dados estatísticos das redes 3G no mundo. Observa-se que com a decisão das grandes operadoras que ainda estavam apostando no CDMA e realizaram o overlay para GSM, a tecnologia UMTS tornou-se o grande padrão das novas gerações no mercado global.

A substituição do GSM pelo WCDMA/HSDPA está se acelerando na Europa. No 1T07, pela primeira vez, o GSM apresentou crescimento negativo, com o 3G (WCDMA) respondendo por mais de 100% das adições líquidas. Uma maior variedade de aparelhos e com preços mais baixos tem sido apontado como uma dos impulsionadores deste movimento. Na Figura 4 é possível verificar o crescimento das rede 3G no mundo.

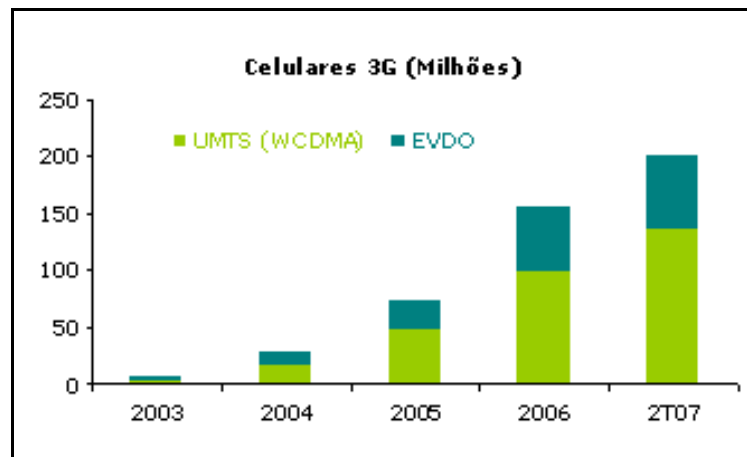


Figura 4 Crescimento da rede UMTS no mundo

Tabela 3 Quantidade de Terminais nas Tecnologias 3G

Milhões	2003	2004	2005	2006	1T07	2T07
UMTS*	2,8	16,3	49,0	99	115	136*
EVDO	4,4	12,1	24,4	55	65	75
Total	7,2	28,4	73,4	154	180	211

Fonte: GSM Assoc. e CDG

* Inclui HSPA que no 2T07 somava 5 milhões de celulares

Tabela 4 Quantidade de Redes e Países com 3G

Operação Comercial	Redes				Países			
	2006	1T07	2T07	3T07	2006	1T07	2T07	3T07
WCDMA*	141	155	164	182	62	68	73	81
HSDPA*	93	104	117	144	51	54	58	68
EVDO**	52	57	75	79	33	-	46	47
EVDO Rev. A**	3	6	9	10	3	5	7	8

Fonte: *GSA e **CDG.

2.4. FAIXA DE FREQUÊNCIAS PARA AS REDES 3G NO BRASIL

Para a definição da faixa de frequência a ser usada pelas operadoras interessadas na implementação do WCDMA em suas redes, uma consulta pública foi realizada e na Figura 5 tem-se o resultado da mesma.

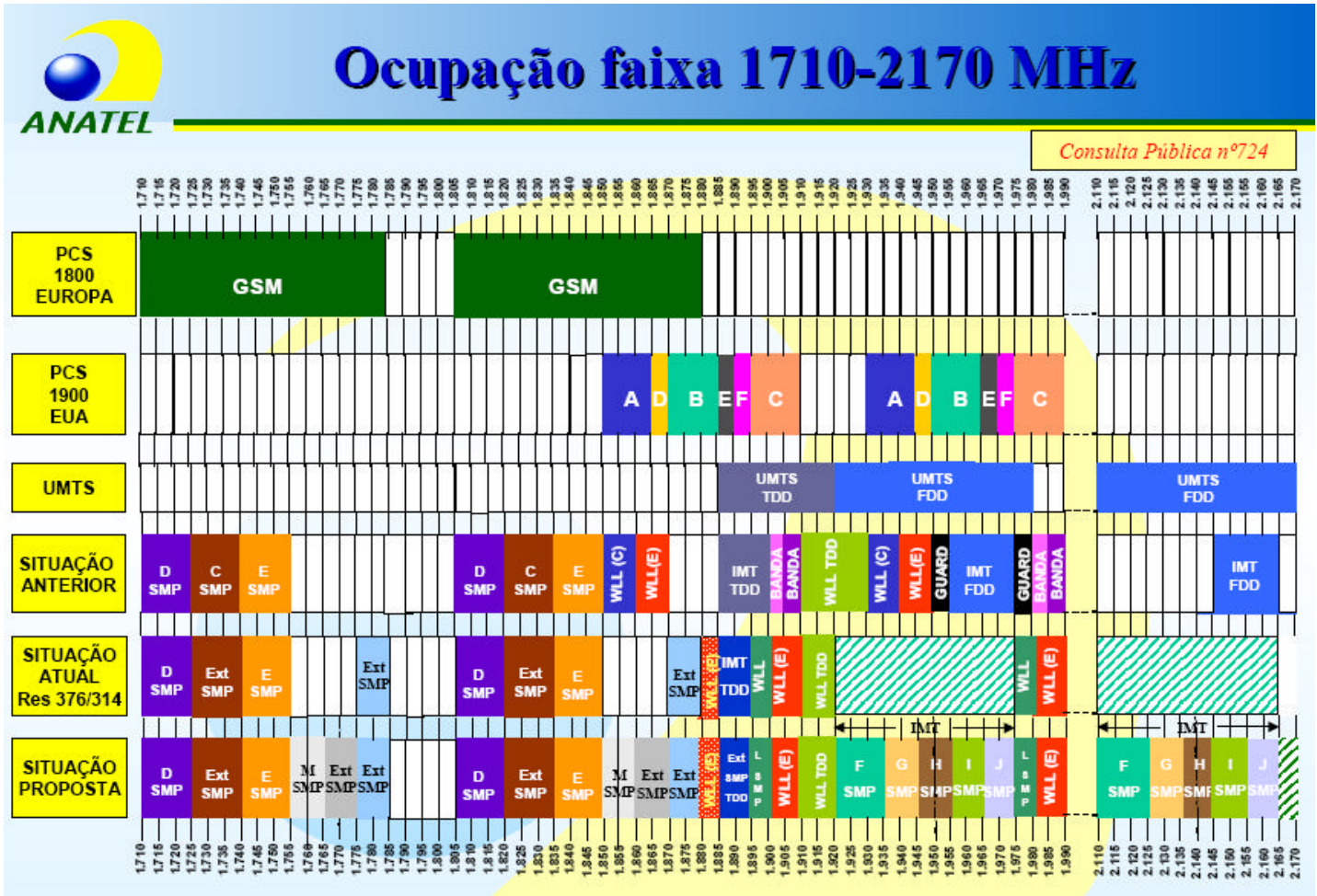


Figura 5 Plano de Frequências para entrada do 3G [1]

2.5. IMPLEMENTAÇÃO DA REDE 3G NO BRASIL

Algumas operadoras aproveitaram a ociosidade em suas bandas de concessão A e B, uma vez que utilizaram as subfaixas em 1.8 GHz para redes GSM, aproveitando para implementar o 3G na faixa de 850 MHz. Após vetos da Anatel, em novembro de 2007, o órgão regulamentador permitiu a liberação comercial do 3G nestas faixas. Assim a Telemig e a Claro ativaram comercialmente suas redes 3G em alguns estados no mesmo mês da liberação.

Licitação das Faixas do 3G no Brasil

Porém às demais operadoras e para contemplação do WCDMA no resto do país uma licitação do uso padrão para o 3G foi preparada. Após o resultado da consulta pública das faixas de frequências a Anatel lançou a LICITAÇÃO Nº 002/2007/SPV –ANATEL Processo nº 53500.026985/2007 com o objetivo de expedição de autorização para exploração do Serviço Móvel Pessoal – SMP das subfaixas de radiofrequências J, F, G e I.

A outorga de autorização para uso de blocos de radiofrequência é sem exclusividade e em caráter primário, conforme cláusula 1.1 do Anexo VII.

Os prazos foram estabelecidos:

- Entrega dos Documentos de Identificação, Propostas de Preço e Documentos de Habilitação: 11 de dezembro de 2007, às 10:00 h. (dez horas), na ANATEL.

- Julgamento das Propostas:

Critério de maior preço público ofertado para as Autorizações.

- Esclarecimentos sobre o Edital:

20 (vinte) dias antes da data fixada no Aviso de Licitação para recebimento dos Documentos de Identificação

- Leilão:

18 de dezembro de 2007

- Previsão de assinatura do termo de autorização:

18 de janeiro de 2008

2.5.1. FAIXAS DE FREQUÊNCIAS LICITADAS

As faixas do Edital de Licitação estão divididas em 36 lotes de radiofrequência por área de prestação de serviço.

Os lotes estão divididos de forma macro conforme a seguir:

- Subfaixa F > 9 lotes (IF, IIF, III/IVF, V/VIF, VIIF, VIIIF, IXF, XF, XIF)
- Subfaixa G > 9 lotes (IG, IIG, III/IVG, V/VIG, VIIG, VIIIG, IXG, XG, XIG)
- Subfaixa I > 9 lotes (II, III, III/IVI, V/VI, VIII, VIIII, IXI, XI, XII)
- Subfaixa J > 9 lotes (IJ, IIJ, III/IVJ, V/VIJ, VIIJ, VIIIJ, IXJ, XJ, XIJ)

Tabela 5 Designação das Faixas para 3G

	Transmissão da Estação Móvel (MHz)	Transmissão da Estação Rádio Base (MHz)	Largura de Banda Subfaixa(MHz)
Subfaixa F	1.920 a 1.935	2.110 a 2.125	2 x 15
Subfaixa G	1.935 a 1.945	2.125 a 2.135	2 x 10
Subfaixa I	1.955 a 1.965	2.145 a 2.155	2 x 10
Subfaixa J	1.965 a 1.975	2.155 a 2.165	2 x 10

Figura 6 Ilustração do Plano de Frequências para entrada do 3G

Resolução no. 454	15MHz F	10MHz G	10MHz H	10MHz I	10MHz J		15MHz F	10MHz G	10MHz H	10MHz I	10MHz J	
			Não Licitado Edital 002						Não Licitado na CP802			
Edital 002/2007/SPV	F	G	H	I	J		F	G	H	I	J	
	1920	1935	1945	1955	1965	1975	2110	2125	2135	2145	2155	2165

2.5.2. ÁREAS DE PRESTAÇÃO

Na Tabela 6 é possível discriminar as áreas de prestação e as regiões dos estados brasileiros.

Tabela 6 Definição das Áreas de Prestação

Áreas de Prestação	Região, Estados e Municípios	Descrição
I	Região I do Plano Geral de Autorizações do Serviço Móvel Pessoal (PGA – SMP), aprovado pela Resolução n.º 321, de 27 de setembro de 2002, menos as Áreas de Prestação IV, VI, VII e X deste Anexo	RJ, ES, BA e SE
II	Região II do PGA – SMP menos a Área de Prestação VIII e XI deste Anexo.	PR, SC, RS, AC, DF, GO, MS, MT, RO e TO
III	Região III do PGA – SMP que envolve os municípios de Alumínio, Araçariguama, Arujá, Atibaia, Barueri, Biritiba-Mirim, Bom Jesus dos Perdões, Bragança Paulista, Cabreúva, Caieiras, Cajamar, Campo Limpo Paulista, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embu, Embu-Guaçu, Ferraz de Vasconcelos, Francisco Morato, Franco da Rocha, Guararema, Guarulhos, Igaratá, Itapeverica da Serra, Itapeví, Itaquaquecetuba, Itatiba, Itú, Itupeva, Jandira, Jarinu, Joanópolis, Jundiaí, Juquitiba, Mairinque, Mairiporã, Mauá, Mogi das Cruzes, Morungaba, Nazaré Paulista, Osasco, Pedra Bela, Pinhalzinho, Piracaia, Pirapora do Bom Jesus, Poá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Salto, Santa Izabel, Santana de Parnaíba, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Lourenço da Serra, São Paulo, São Roque, Suzano, Taboão da Serra, Tuiuti, Vargem, Vargem Grande Paulista e Várzea Paulista.	SP Capital
IV	Estados do Amazonas, Amapá, Pará, Maranhão e Roraima.	AM, AP, MA, PA, RR
V	Estado de São Paulo, excluída a Área de Prestação III e IX deste Anexo.	SP Interior
VI	Estados de Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte.	AL, CE, PB, PE, PI e RN
VII	Setor 3 do Plano Geral de Outorgas (PGO), aprovado pelo Dec. N.º 2.534, de 02/04/98, no Estado de Minas Gerais.	Área da CTBC em MG
VIII	Setor 22 e 25 do PGO, nos Estados do Mato Grosso do Sul e Goiás.	Área da CTBC em MS e GO
IX	Setor 33 do PGO, no Estado de São Paulo.	Área da CTBC em SP
X	Estado de Minas Gerais, excluída a Área de Prestação VII deste Anexo.	MG
XI	Municípios de Londrina e Tamarana, no Estado do Paraná.	Área da Sercomtel no PR

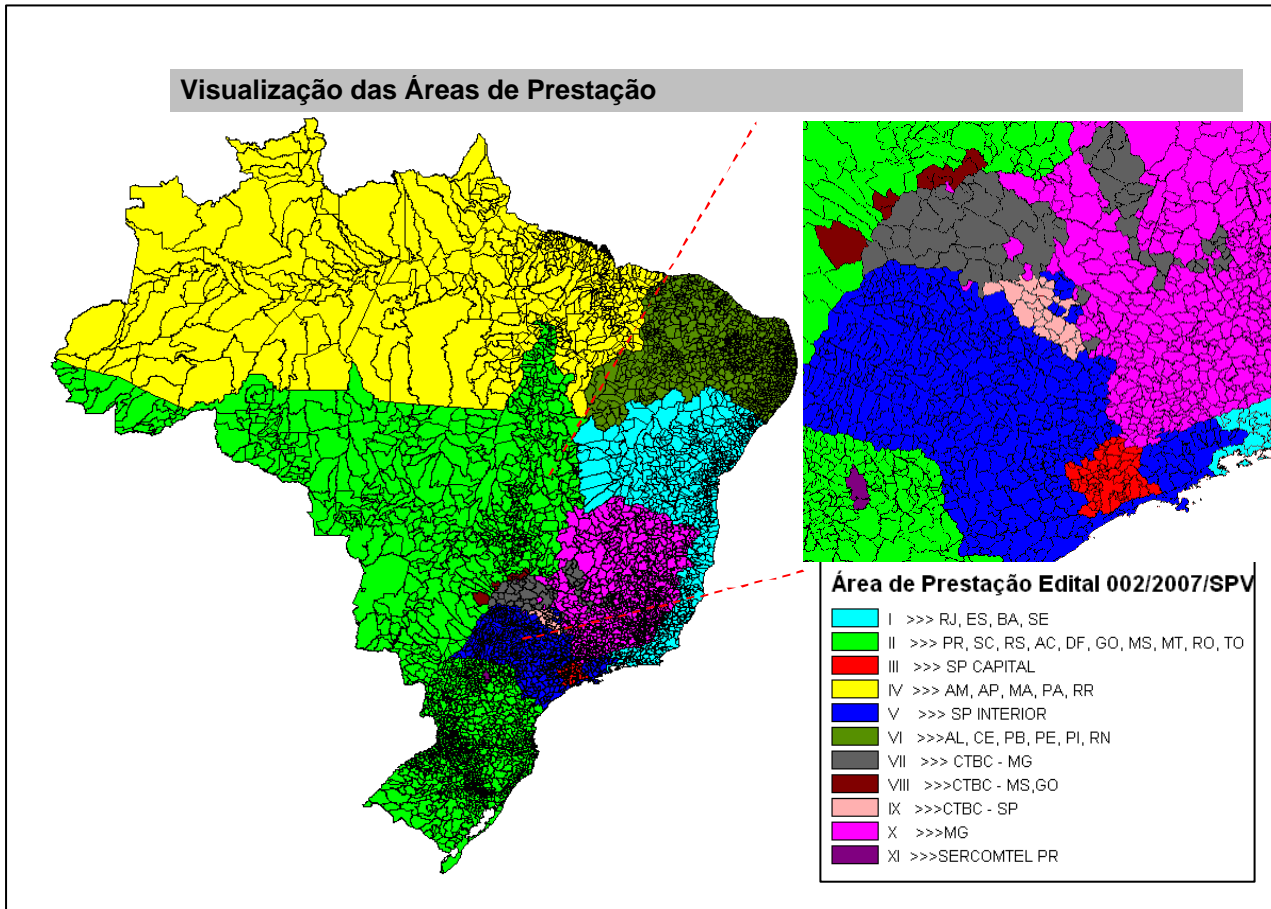


Figura 7 - Mapa ilustrativo das Áreas de Prestação

2.5.3. PREÇO DAS FAIXAS LICITADAS

Tabela 7 Preços das Faixas Licitadas para 3G

Preço Mínimo (R\$) das Subfaixas por Área de Prestação do SMP										
Área de Prestação										
Subfaixas de RF	I	II	III/IV	V/VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total Subfaixa
F	245.504.580,31	341.208.338,40	167.753.663,62	128.970.225,51	16.794.848,87	319.057,36	6.331.485,91	42.080.617,74	4.341.761,30	953.304.579,02
G	163.669.720,21	227.472.225,60	111.835.775,74	85.980.150,34	11.196.565,92	212.704,91	4.220.990,61	28.053.745,16	2.894.507,53	635.536.386,02
I	163.669.720,21	227.472.225,60	111.835.775,74	85.980.150,34	11.196.565,92	212.704,91	4.220.990,61	28.053.745,16	2.894.507,53	635.536.386,02
J	163.669.720,21	227.472.225,60	111.835.775,74	85.980.150,34	11.196.565,92	212.704,91	4.220.990,61	28.053.745,16	2.894.507,53	635.536.386,02

Garantia (R\$) das Subfaixas por Área de Prestação do SMP										
Área de Prestação										
Subfaixas de RF	I	II	III/IV	V/VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total Subfaixa
F	24.550.458,03	34.120.833,84	16.775.366,36	12.897.022,55	1.679.484,89	31.905,74	633.148,59	4.208.061,77	434.176,13	95.330.457,90
G	16.366.972,02	22.747.222,56	11.183.577,57	8.598.015,03	1.119.656,59	21.270,49	422.099,06	2.805.374,52	289.450,75	63.553.638,59
I	16.366.972,02	22.747.222,56	11.183.577,57	8.598.015,03	1.119.656,59	21.270,49	422.099,06	2.805.374,52	289.450,75	63.553.638,59
J	16.366.972,02	22.747.222,56	11.183.577,57	8.598.015,03	1.119.656,59	21.270,49	422.099,06	2.805.374,52	289.450,75	63.553.638,59

Banda	Atendimento de municípios sem SMP (SMP nas bandas J, F, G ou I, ou nas demais faixas de frequência)		Atendimento de municípios com população abaixo de 30 mil hab (SMP nas bandas J, F, G ou I) Item 4.12, "b", 4.12.2. e 4.12.3.: Atendimento de 60% dos municípios abaixo de 30 mil hab da Área de Prestação, dividido a 15% por lote, por Área de Prestação				Atendimento municípios > 30.000 e < 100.000 hab. em até 60 meses	Atendimento de municípios com população maior que 100.000 habitantes (SMP prestado nas bandas J, F, G ou I) Item 4.12.5					TOTAL BANDA
	Garantia para execução dos C.A. (R\$) 1º Ano	Garantia para execução dos C.A. (R\$) 2º Ano	Garantia para execução dos C.A. (R\$) 3º / 5º Ano	Garantia para execução dos C.A. (R\$) 4º / 6º Ano	Garantia para execução dos C.A. (R\$) 5º / 7º Ano	Garantia para execução dos C.A. (R\$) 6º / 8º Ano	Garantia para execução dos C.A. (R\$)	Garantia para execução dos C.A. (R\$) 1º Ano	Garantia para execução dos C.A. (R\$) 2º Ano	Garantia para execução dos C.A. (R\$) 3º Ano	Garantia para execução dos C.A. (R\$) 4º Ano	Garantia para execução dos C.A. (R\$) 5º Ano	
J	137.400.000	123.660.000	16.170.000	13.563.200	10.599.680	8.680.448	25.168.972	116.709.529	61.389.025	44.003.145	32.425.056	56.663.130	646.432.183
F	138.000.000	123.660.000	16.366.000	13.563.200	10.662.400	8.730.624	25.168.972	116.709.529	61.389.025	44.003.145	32.425.056	56.663.130	647.341.079
G	138.000.000	123.660.000	16.366.000	13.563.200	10.725.120	8.780.800	25.168.972	116.709.529	61.389.025	44.003.145	32.425.056	56.663.130	647.453.975
I	138.600.000	123.660.000	16.562.000	13.563.200	10.787.840	8.830.976	25.168.972	116.709.529	61.389.025	44.003.145	32.425.056	56.663.130	648.362.871
TOTAL	552.000.000	494.640.000	65.464.000	54.252.800	42.775.040	35.022.848	100.675.886	466.838.117	245.556.099	176.012.578	129.700.222	226.652.518	

*C.A. - Compromissos de Abrangência

2.5.4. PONTOS IMPORTANTES DO EDITAL :

- Em uma mesma área geográfica, o espectro tem o limite máximo total de 80 MHz, considerando-se o somatório das subfaixas a seguir:

- a) (12,5 + 12,5) MHz, para as Subfaixas de 800 MHz;
- b) (2,5 + 2,5) MHz, para quaisquer das Subfaixas de 900 MHz;
- c) (25 + 25) MHz, para as Subfaixas de 1.800 MHz;
- d) (15 + 15) MHz para as Subfaixas de 1.900 MHz e 2.100 MHz.
- Definição de Município atendido

Um município será considerado atendido quando a área de cobertura contenha, pelo menos, 80% (oitenta por cento) da área urbana do Distrito Sede do município atendido pelo Serviço Móvel Pessoal.

- Definição de Município sem SMP

Municípios sem SMP: área urbana do Distrito Sede do Município onde não se aplica o disposto acima na definição de município atendido.

- Uma mesma prestadora não poderá prestar o SMP por meio de mais de uma autorização, em uma mesma área de prestação, ou parte dela. Desta maneira, o Termo de Autorização deverá ser único, por Adjudicatária, independentemente da quantidade de Lotes adjudicados, desde que as respectivas Áreas de Prestações façam parte da mesma Região prevista no PGA-SMP. Caso a prestadora já possua Outorga, esta deverá aditá-lo nos termos previstos no Edital;

- No prazo máximo de 18 meses, as autorizações para a exploração do SMP, objeto do Edital, deverão ser unificadas com as autorizações do SMP já existentes, resultando na unificação do VUM. O descumprimento do disposto neste item poderá implicar na caducidade da Autorização para exploração do SMP ou da Autorização para Uso de Radiofrequências;

- Nos termos de regulamentação a ser emitida, a autorizada do SMP, para municípios com população abaixo de 30.000 habitantes, após 2 anos do início da oferta regular do serviço, está obrigada a assinar, com outras prestadoras do SMP que solicitarem, contrato que permita a elas comercializarem o serviço, nos referidos municípios, utilizando-se da rede da autorizada em operação. Este item possibilita o surgimento das MVNOs;

- O Atendimento dos municípios constantes, obedecerá aos seguintes prazos:
- 50% de todos os municípios em até 12 meses após a publicação do Termo de Autorização;
- 100% de todos os municípios em até 24 meses após a publicação do Termo de Autorização;
- O atendimento dos municípios com população abaixo de 30.000 habitantes deverá ser realizado com SMP prestado nas bandas J, F, G ou I 48 meses após a publicação do Termo de Autorização, devendo a cada ano serem atendidos 15% da quantidade total dos municípios, de acordo com os quantitativos constantes do Anexo I do Edital, até que em 96 meses 60% dos municípios estejam atendidos;
 - Nas Áreas de Prestação III, V, VII, VIII, IX, X e XI (SP Capital e Interior, Área da CTBC em MG, GO, MS e SP e Municípios de Londrina e Tamarana no PR), onde 80% dos municípios abaixo de 30.000 habitantes já estão atendidos, a autorizada deverá realizar a partir do 25 mês após a publicação Termo de Autorização o atendimento dos referidos municípios com SMP prestado nas bandas J, F, G ou I, ao percentual de 15% ao ano, até que em 72 meses atinja 60% dos municípios, de acordo com os quantitativos constantes do Anexo I do Edital;
 - Para cada Lote, a autorizada deverá atender, com SMP prestado nas bandas J, F, G ou I, 50% dos municípios com população maior que 30.000 e menor que 100.000 habitantes em até 60 meses após a publicação do extrato do Termo de Autorização;
 - Para cada Lote, a Proponente vencedora deverá atender, com SMP prestado nas bandas J, F, G ou I, 100% dos municípios com população maior que 100.000 habitantes, da seguinte forma:
 - Cobrir área equivalente a pelo menos 50% da área urbana em 50% das capitais de Estado e dos municípios com mais de 500.000 habitantes, até 12 meses após a assinatura dos Termos de Autorização;
 - Atender as capitais de Estado e os municípios com mais de 500.000 habitantes, até 24 meses após a assinatura dos Termos de Autorização;
 - Cobrir área equivalente a pelo menos 50% da área urbana em 50% dos municípios com mais de 200.000 habitantes, até 36 meses após a assinatura dos Termos de Autorização;
 - Atender os municípios com mais de 200.000 habitantes até 48 meses após a assinatura dos Termos de Autorização; e
 - Atender os municípios com mais de 100.000 habitantes até 60 meses após a assinatura dos Termos de Autorização;

- Em todo território nacional (exceto Londrina, Tamarana no PR) a subfaixa de interesse da VIVO para o 3G é a subfaixa J (1965-1975 e 2155-2165 MHz > (10 + 10 MHz)) devido as razões a seguir:

- No Edital No. 001/2007/SPV, a VIVO adquiriu licença para a Subfaixa L (1895-1900 e 1975-1980MHz) em todo território nacional exceto a área IX (Londrina e Tamarana no PR) e a área XIII (NBT). Porém no Edital 002/2007 do 3G a NBT é vendida no mesmo lote de SP Capital, sendo então sua subfaixa de interesse atrelada a São Paulo.

- A Subfaixa L possui condições de uso descritas na Resolução No. 454 de 11 de dezembro de 2006 no art. 18 e 19 que prevê coordenação específica com a subfaixa J, uso de filtros robustos para assegurar inexistência de interferência nas subfaixas adjacentes, assegurar banda de guarda em seu sistema de forma a não afetar as subfaixas F a J, além de filtros adicionais no sistema da subfaixa J.

- A Subfaixa L segundo art. 26 da Resolução No. 454 deverá após 12 meses da solicitação à Anatel da autorizada J, modificar seu arranjo de bloco de frequência para operar em 1975-1980 e 2165-2170MHz.

3. CASE DA EVOLUÇÃO DA REDE MÓVEL NA BANDA A NO DF

3.1. REDE TDMA

A rede móvel da estatal Telebrasília Celular iniciou sua operação com a tecnologia AMPS em 1991. Com o crescimento rápido da rede em 1997 a rede de Brasília começava a apresentar problemas de saturação com sites congestionados e qualidade ruim devido ao intenso reuso.

O processo inevitável foi a digitalização da rede AMPS com a implantação da tecnologia TDMA. O fornecedor das ERBs era a Nortel que iniciou o upgrade das BTS CSC com instalação dos ICRMs capazes de permitir a ativação de canais TDMA, triplicando a capacidade, melhorando a qualidade e disponibilizando novos serviços da 2G.

Até mesmo uso de acesso à rede de dados com CSD, Circuit Switch Data, permitia taxas de transferências de até 14 kbps, útil para pequenas aplicações. Mensagens de texto, sinalização de mensagens e caixa postal e identificação do chamador estavam também disponíveis.

A digitalização da rede foi rápida, porém onerosa. Cada placa EDSPM custava nos anos 90 o equivalente a um carro popular novo e permitia apenas 16 conversações. Ou seja, se alocavam quatro canais em cada placa, que permitiria com o TDMA 3 conversações em cada um deles. Numa rede que estava com mais de 300.000 clientes tem-se a noção do investimento.

O sistema irradiante permaneceu inalterado, uma vez que os bastidores eram reaproveitados, mantendo-se as saídas de cabos as mesmas para cada setor. O limitante era o uso de no máximo dois bastidores por setor, uma vez que se tinha duas (2) antenas por setor e a combinação dos canais que deveriam ter distanciamento para evitar interferências. Cada bastidor utilizava um duplexador para separação dos sinais de transmissão e recepção, com a saída direcionada para uma antena. Com duas antenas poder-se-ia maior capacidade com diversidade espacial devido a disponibilidade de única polarização na época.

Nas estações macrocélulas e metrocélulas o distanciamento mínimo entre os canais deveria ser de 510 KHZ (17 canais). No último modelo lançado, Urban Célula, já permitia adensamento com até 40 canais com espaçamento de apenas 120 kHz entre eles.

A banda A designada a Telebrásília Celular, conforme estipulado pela ANATEL, confere o uso de 25 MHz do espectro na faixa de 850MHz. No padrão AMPS/TDMA de 30 kHz cada canal, tem-se num total de 416 canais. Na Figura 8 segue modelo de plano N=7 com a distribuição destes canais.

PLANO DE FREQUÊNCIAS																					
Grupo																					
Sector	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3
Canais A + A'	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147
	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231
	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252
	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273
	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294
	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312			
	Canais Banda A'	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698
	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716				
Controle AMPS	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333

Figura 8 - Plano de Frequências Original Banda A para AMPS/TDMA

Em 1998 com a privatização das telecomunicações a então Telebrásília Celular passaria ao controle da empresa Splice, tendo como acionista majoritário Sr. Antônio Beldi e como presidente renomeada empresa TCO (Tele Centro Oeste Celular) Sr. Mário César, atual presidente da TIM.

Com a intuito de manter o market share e evitar o churn devido a entrada de novos concorrentes, o subsídio de terminais e redução nas tarifas resultaram num aumento do tráfego que iniciou uma

saturação então na rede TDMA. O concorrente no Centro Oeste foi a entrante Americel, hoje Claro.

Medidas como a entrada de novos sites de adensamento nas áreas comerciais e dentro de repartições públicas e shoppings já haviam sido tomadas. Porém o tráfego se elevava e se aproximava de 10.000 erlangs. O espectro da Banda A de 12,5 MHz e o reuso intenso em mais de 120 ERBs já causavam percepção de degradação de indicadores, como aumento na quedas de chamadas.

A capacidade da rede da grande Brasília no sistema TDMA poderia ser considerada:

120 ERBs = 360 setores

Cada setor com 1 grupo de 17 canais $N=7$

18 canais com capacidade de três conversações cada = 51

Cada setor com capacidade de tráfego de 41,2 erlang (2% GoS)

Toda a rede = $360 \times 41,2 = 14832$ erlangs

Porém esta seria a capacidade máxima distribuída uniformemente em uma HMM sem considerar o fator mobilidade. Para o cálculo da capacidade real deve-se ponderar:

- fator de mobilidade
- fator de concentração

Capacidade Real = Capacidade Máxima * Fator de Mobilidade/Concentração

Assim a capacidade da rede TDMA de Brasília real seria considerada como :

Capacidade da Rede = $14832 * 0,6 = 8900$ erlangs

3.1.1. OTIMIZAÇÃO DA REDE TDMA

A rede TDMA já estava em seu limite, pois o tráfego estava superior a 9000 erlangs. A solução para remediar a limitação do espectro com excesso de tráfego era a utilização de ferramentas

oferecidas pelos fornecedores para estas situações. Abaixo são apresentados os recursos utilizados na rede TDMA para maximizar a utilização dos canais e permitir mais capacidade com qualidade. O resultado foi ganho em torno de 30% na capacidade de tráfego :

CellTiering: canais com ajuste de potência diferenciados, configurados para trabalharem com baixa cobertura e em até 20 dB a menos que os demais rádios. Em seu planejamento os rádios usavam empréstimo de canais em reuso menor para absorção de tráfego próximo a estação, sem prejudicar o plano de frequências. Este recurso permitia aumento em geral de 50% da capacidade da estação com ganho de qualidade. Sua aplicação é útil em estações de áreas comerciais e pequena cobertura.

UnderlayCell: Princípio similar ao CellTiering, porém nesta solução instalava-se uma microcélula em conjunto com uma macrocélula. Assim canais de controle distintos eram irradiados, porém com coberturas diferentes. A microcélula teria a função de absorção de tráfegos próximos e macrocélula com maior cobertura e penetração indoor.

HCS: Para um adequado funcionamento das células Underlay ou microcélulas, parâmetros de otimização de RF foram desenvolvidos para que o móvel pudesse ainda que em sobreposição com a macrocélula pudesse alocar canais de ambas de acordo com suas condições de sinal. Assim foi estipulado HCS (Hierarchical Cell Structure), que cria uma série de configurações baseada em tráfego e condições de RF reportadas pelo móvel, de forma a se criar camadas distintas de cobertura e conseqüentemente distribuição de tráfego entre os modelos de ERBs. O HCS explora esta situação utilizando uma variedade de tamanhos de célula estruturadas de forma às células menores fornecerem capacidade e as maiores fornecerem cobertura.

Organizam-se as células em camadas (layers). A cada layer é atribuída uma prioridade. O tráfego é dirigido para a layer mais baixa possível, enquanto existe cobertura disponível. Existem limiares (thresholds) para nível de sinal e qualidade. As células “Umbrella” preenchem as lacunas de cobertura entre as layers mais baixas e tratam das chamadas associadas aos móveis que se deslocam rapidamente. Desta forma, o tráfego é processado de forma mais eficaz pela layer apropriada. O planejamento por camadas permite a reutilização mais apertada de frequências.

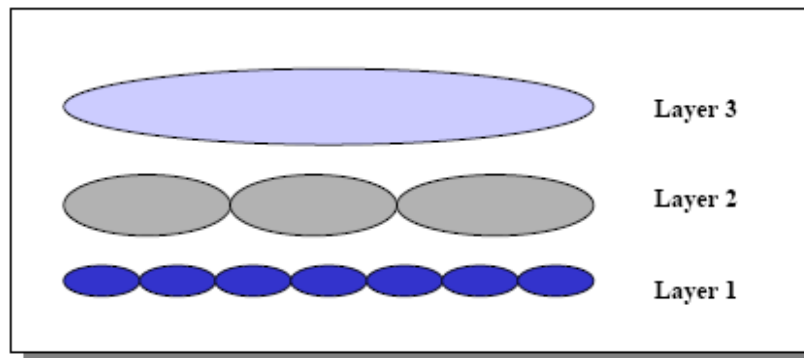


Figura 9 – HCS e Layers

Direct Retry : Ferramenta desenvolvida para otimização do tráfego, que permite que após um determinado percentual de ocupação de uma estação, as próximas chamadas sejam redirecionadas para células vizinhas que pudessem prover com qualidade uma redistribuição dinâmica dos recursos de rede.

DFA: Dynamic Frequency Allocation / ACA (Automatic Frequency Allocation) : uma vez esgotadas as frequências possíveis, geralmente de um grupo do reuso, para serem ativadas em um setor, se criava uma lista de canais potenciais de serem designados. Os mesmos eram lidos por sinal de Uplink e os mais limpos, com menor nível de sinal presente, eram alocados para o rádio transmissor. Assim uma vez ocupados os canais normais do reuso, uma quantidade determinada de rádios usavam uma alocação em free planning de canais. Enfatizando que sua tomada era em caráter secundário.

2T+C : permitiu a inclusão de dois canais de tráfego na mesma frequência do canal de controle, maximizando o TDMA da rede. Dos três canais disponíveis de um rádio TDMA, um permaneceria para controle e outros dois para voz, incrementando em mais erlangs a capacidade da estação.

2C+T : similar ao caso anterior, neste dos três canais disponíveis de um rádio TDMA, dois seriam alocados para controle e um para tráfego. Sua aplicação caberia em situações de tráfego intenso de algumas estações que necessitariam de maior sinalização, paging, registros e sms.

Assim todos os recursos de otimização de tráfego na rede TDMA estavam sendo utilizados. Porém, os avanços tecnológicos das comunicações móveis rumo à terceira geração (3G), não contemplavam mais o TDMA, sendo mandatário a migração para o CDMA ou GSM.

Testes foram realizados com duas promissoras tecnologias e a partir dos resultados a presidência da TCO definiria uma RFQ (Request for Quotation). No CDMA a Motorola disponibilizou o cronograma de testes enquanto o GSM foi testado com a Nokia.

3.2. REDE CDMA

Antes que fossem avaliados os resultados finais, a TCO acabou sendo adquirida pelo grupo formado pela Telefônica e Portugal Telecom, criando a maior operadora de telefonia móvel do país até o presente momento, a VIVO.

Os maiores estados que compunham a VIVO, tinham como padrão digital a tecnologia CDMA (IS-95). Sabia-se que tecnologicamente o CDMA era muito superior ao GSM, segue m algumas das suas vantagens:

- maior cobertura para mesma quantidade de sites
- sensibilidade de até -110 dBm
- menores taxas quedas de chamadas
- serviços de dados com maior velocidade
- tecnologia 2,5 G superior
- evolução para 3G definida
- eficiência espectral provendo capacidade de tráfego superior

Como não poderiam ser diferentes, os demais estados que operavam redes TDMA da VIVO tiveram seus destinos definidos e deveriam realizar um overlay em suas redes para CDMA2000 (1xRTT). Assim Centro-Oeste, Norte e Rio Grande do Sul eram as regiões que planejaram a mudança para o CDMA.

Uma pergunta que deixou questionamentos foi o porquê da não opção pelo GSM, uma vez que esta tecnologia estava se proliferando como a preferida nos mercados mundiais. Seguem alguns comentários:

1 – Mercadologicamente o GSM era melhor devido:

- tecnologia aberta e conseqüentemente mais barata;
- uma vez definidos os padrões, qualquer fornecedor poderia desenvolver seus equipamentos;
- o custo de terminais inferior, pois não demandava pagamento referentes a patentes como o CDMA da Qualcomm, além da escala mundial;
- segurança contra clonagem;
- por ser um sistema aberto permitia desenvolvedores de aplicativos;
- sistema com SIM CARD dava flexibilidade aos usuários.

2 – Tecnicamente alguns detalhes:

- faixa disponível para a VIVO em 850 MHZ na época ainda teria um custo elevado por não ser a faixa de maior escala em equipamentos e terminais
- modelos de aparelhos GSM em 850 MHZ em menor quantidade
- uso do 850 MHZ possibilitaria aproveitamento dos sistemas irradiantes e antenas do TDMA
- frequência de 850 MHZ permite cobertura muito superior e conseqüentemente economia com necessidade de menores quantidades de estações.

3.2.1. ATIVAÇÃO DA REDE CDMA

Dentro os principais aspectos estudados para o overlay CDMA têm-se:

- nova topologia de rede
- análise do espectro de frequências
- decisão de fornecedores
- soluções de sistemas irradiantes

- migração de clientes com bonificação e incentivos
- reavaliação de infra-estrutura da rede
- otimização da rede

Dentre estes o principal referente ao trabalho se refere ao gerenciamento do espectro, assim detalha-se algumas características deste item.

Quanto ao Plano de Frequências :

Cada portadora CDMA a ser ativada na rede requer a disponibilidade de 1,25 MHz, ressaltando a necessidade de banda de guarda de 270kHz. Assim para entrada da 1° portadora 283 na rede, foram necessários a desativação de 60 canais TDMA. Ou seja, dos 12,5 MHz disponíveis 1,8 MHz foram dedicados numa etapa inicial a um canal CDMA.

Segue o plano de frequências alterado para viabilizar o CDMA:

PLANO DE FREQUÊNCIAS																					
Grupo																					
Setor	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3
Canais A + A"	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147
	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231
	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252
	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273
	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294
295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312				
Canais Banda A'	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699
	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716				
Controle AMPS	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333

283 Primeira Portadora 1X
 Banda de Guarda

Figura 10 Plano de Frequências com a entrada do CDMA

O canal 283 é no padrão da tecnologia CDMAOne o canal referência. Os demais canais quando necessários vem na seqüência, sendo a distância correspondente a 42 canais de 30 kHz,

equivalente a 1,25 MHz de uma portadora CDMA. Observe a banda de guarda respeitada pelas recomendações conservadoras de 270 KHZ de cada lado.

A capacidade considerada para um setor com uma portadora CDMA :

- 1 Portadora : Disponíveis 64 códigos de Walsh que distingue cada conversação
- 3 são usados para canais de controle
- 61 códigos = 61 canais com 2% GoS = 50,6 erlang
- como tem-se o Soft Handoff em 30%, cada setor com 1 portadora = 35 erlangs

Como considerado anteriormente para o TDMA, ter-se-ia na rede CDMA da grande Brasília:

Capacidade da Rede CDMA com 1 portadora = 360 setores * 35 = 12.600 erlangs

Com o fator de mobilidade = 12.600 * 0,6 = 7560 erlangs

Porém como o CDMA depende da condição de ruído, uma carga elevada de tráfego causa o “respiro das células” diminuindo sua cobertura e capacidade. Assim a consideração ideal para rede foi de que uma portadora no DF suportaria apropriadamente 3.500 erlangs, garantindo máxima qualidade e cobertura. Ou seja, uma rede CDMA com apenas uma portadora com 1,25 MHz tem quase a metade da capacidade de uma rede TDMA com 12,5MHz.

Com a ativação comercial da rede CDMA observou-se uma migração de tecnologia causada por:

- superioridade na qualidade da rede
- melhor comunicação em ambientes indoors, em destaque a subsolos e garagens
- terminais com inovadores recursos de mídia
- serviços de dados 1xRTT com taxas médias de 80kbps
- bonificação e incentivos

Os maiores desafios na infra-estrutura de RF na rede CDMA foram:

- Instalação de novas antenas com polarizações cruzadas (dual pol) , de forma a garantir a diversidade e expansão de até quatro (4) portadoras por setor.
- Projetos para economia de espaço físicos em torre e solo .
- Adaptação nas torres e postes de forma que um novo suporte fosse instalado para as da tecnologia CDMA e garantir distâncias de isolamento horizontais e verticais apropriadas. Distância horizontal mínima de 2 metros e vertical de 1 metro
- Substituição, em casos de não possibilidade de novas antenas, das antenas TDMA de polarizações verticais por antenas dual pol de forma a garantir diversidade e capacidade.

Seguem ilustrações dos sistemas irradiantes anteriores e modificados para entrada do CDMA:

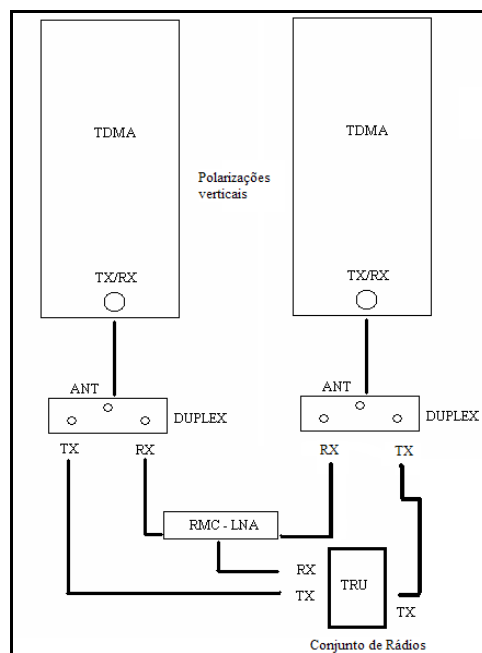


Figura 11 Sistema Irradiante da rede TDMA

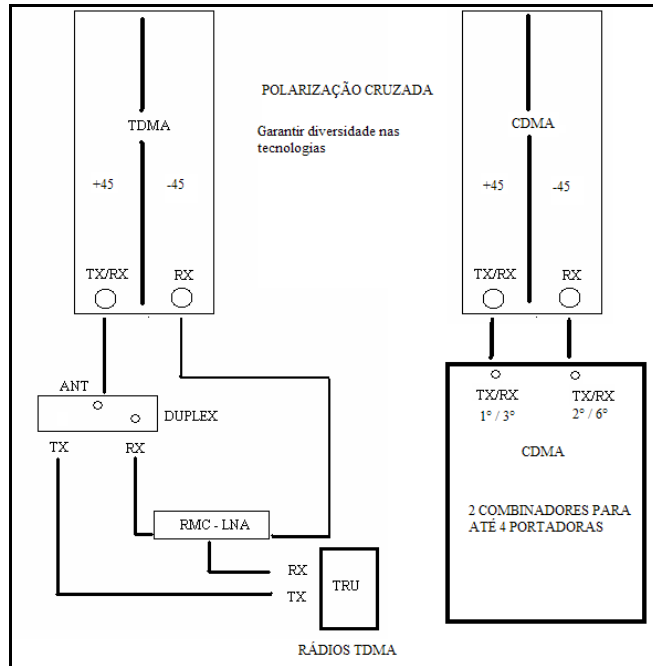


Figura 12 Sistema Irradiante para CDMA e TDMA

3.2.2. DESAFIOS NA OTIMIZAÇÃO DE RF DO CDMA

3.2.2.1. Poluição de Pilotos e Definição de Vizinhanças

Pelo fato do DF ser uma cidade plana, a propagação dos sinais é facilitada. Como se observava no TDMA com problemas de interferências co-canais, o similar ocorria com poluição de pilotos no CDMA. A indefinição de um melhor servidor nas áreas de cobertura levava a uma degradação sensível na rede CDMA. Ao invés de um plano de frequência um Plano de PNs é montado. Segue modelo na Figura 13 :

CHAN 283										
Grupo	PN-S1	PN-S2	PN-S3	BTS						
1	4	172	340	102-XTCE	221-XTPN	257-XARN	38-XSRO	65-XCPB	-	-
2	8	176	344	13-XTST	135-XASP	150-XPLA	34-XTSN	-	-	-
3	12	180	348	140-XCPV	147-XSFU	167-XTDN	3-XGMO	4-XCND	-	-
4	16	184	352	11-XSBT	131-XCTN	49-XTPW	78-XARR	-	-	-
5	20	188	356	137-XTSO	171-XBVU	6-XPAD	7-XCCE	76-XSDG	-	-
6	24	192	360	122-XSCE	20-XPLS	211-XCIT	220-XEGA	41-XLAZ	-	-
7	28	196	364	114-XRAB	12-XQNL	234-XGTR	29-XGLD	-	-	-
8	32	200	368	10-XTGM	123-XICC	233-XQIN	235-XVCP	-	-	-
9	36	204	372	104-XMIC	210-XSTC	265-XAER	5-XCEL	-	-	-
10	40	208	376	157-XCMT	218-XTAR	250-XSAM	8-XCRT	81-XITQ	-	-
11	44	212	380	139-XCES	149-XPBU	229-XTGN	232-XLND	77-XCOL	-	-
12	48	216	384	101-XVLP	222-XSIA	25-XPBN	71-XPOU	-	-	-
13	52	220	388	110-XPCI	151-XCON	269-XEMD	31-XCLR	40-XICK	-	-
14	56	224	392	128-XEVR	185-XLSB	208-XPBI	56-XCAT	64-XPLG	-	-
15	60	228	396	103-XBBR	206-XACL	26-XSOB	53-XENL	-	-	-
16	64	232	400	155-XTRJ	17-XLZC	217-XIPS	266-XPRO	42-XTAG	-	-
17	68	236	404	145-XLML	228-XTRF	46-XTAB	52-XRBZ	-	-	-
18	72	240	408	116-XSTF	224-XSWC	24-XTSB	30-XPPL	-	-	-
19	76	244	412	133-XASB	146-XBSH	21-XMBP	244-XFEI	59-XNRM	-	-
20	80	248	416	109-XSCL	127-XCHN	260-XARE	44-XPSE	47-XFRD	-	-
21	84	252	420	153-XJUF	205-XTNB	22-XGRR	253-XSAA	37-XSTA	-	-
22	88	256	424	120-XSIG	144-XDSN	202-XTDB	215-XEMA	-	-	-
23	92	260	428	113-XNER	179-XQUD	18-XALV	251-XTTS	58-XGLU	-	-
24	96	264	432	111-XPOS	165-XNCP	248-XACD	67-XCEA	69-XFMD	-	-
25	100	268	436	119-XCCV	125-XSTJ	242-XPWD	259-XCRV	50-XRZA	73-XLGO	-
26	104	272	440	158-XECN	16-XRSM	170-XEPQ	230-XEVT	-	-	-
27	108	276	444	159-XDDS	175-XPND	207-XTGR	36-XSSU	62-XRCD	-	-
28	112	280	448	118-XTBC	172-XBTP	268-XRTG	-	-	-	-
29	116	284	452	19-XMCO	209-XTPA	212-XQNB	240-XSWR	-	-	-
30	120	288	456	115-XMIS	227-XPSU	262-XASH	55-XR.OD	57-XJIG	-	-
31	124	292	460	160-XLID	226-XSLU	247-XGTQ	27-XVPZ	-	-	-
32	128	296	464	108-XTCO	181-XSML	241-XGRU	48-XFRM	61-XBDT	-	-
33	132	300	468	129-XDSS	163-XDET	213-XTTG	72-XCAB	-	-	-
34	136	304	472	106-XTNO	136-XMBL	256-XGTA	54-XALU	9-XSAF	-	-
35	140	308	476	161-XCSP	177-XMLN	2-XRSA	236-XCAS	70-XVSJ	-	-
36	144	312	480	117-XECS	152-XCNB	237-XQSA	51-XTPL	-	-	-
37	148	316	484	203-XTLS	204-XTSH	223-XTCR	75-XMAL	-	-	-
38	152	320	488	107-XUNB	190-XATH	28-XALD	80-XNRP	-	-	-
39	156	324	492	130-XTDS	14-XCEI	142-XBYB	35-XBLV	-	-	-
40	160	328	496	166-XCED	214-XFAT	216-XTPS	60-XRSB	-	-	-
41	164	332	500	134-XSCS	168-XUND	238-XSIF	32-XRBV	33-XTCN	-	-
42	168	336	504	23-XFER	243-XSOF	-	-	-	-	-

Figura 13 Plano de PN

A poluição de pilotos causada pela presença de vários PNs diferentes leva a uma queda na relação E_c/N_0 , associada diretamente a qualidade das chamadas. Como o CDMA trabalha com SoftHandoff, uma lista de vizinhança bem definida é fundamental, e PNs distantes do site servidor e não inseridos na lista elevam as quedas.

Apesar de Brasília não ser uma metrópole, a população com elevada renda per capita e poder aquisitivo propiciam o elevado percentual de usuários móveis e conseqüentemente a necessidade por uma grande quantidade de estações em uma área pequena é imprescindível, conforme imagem da Figura 14:

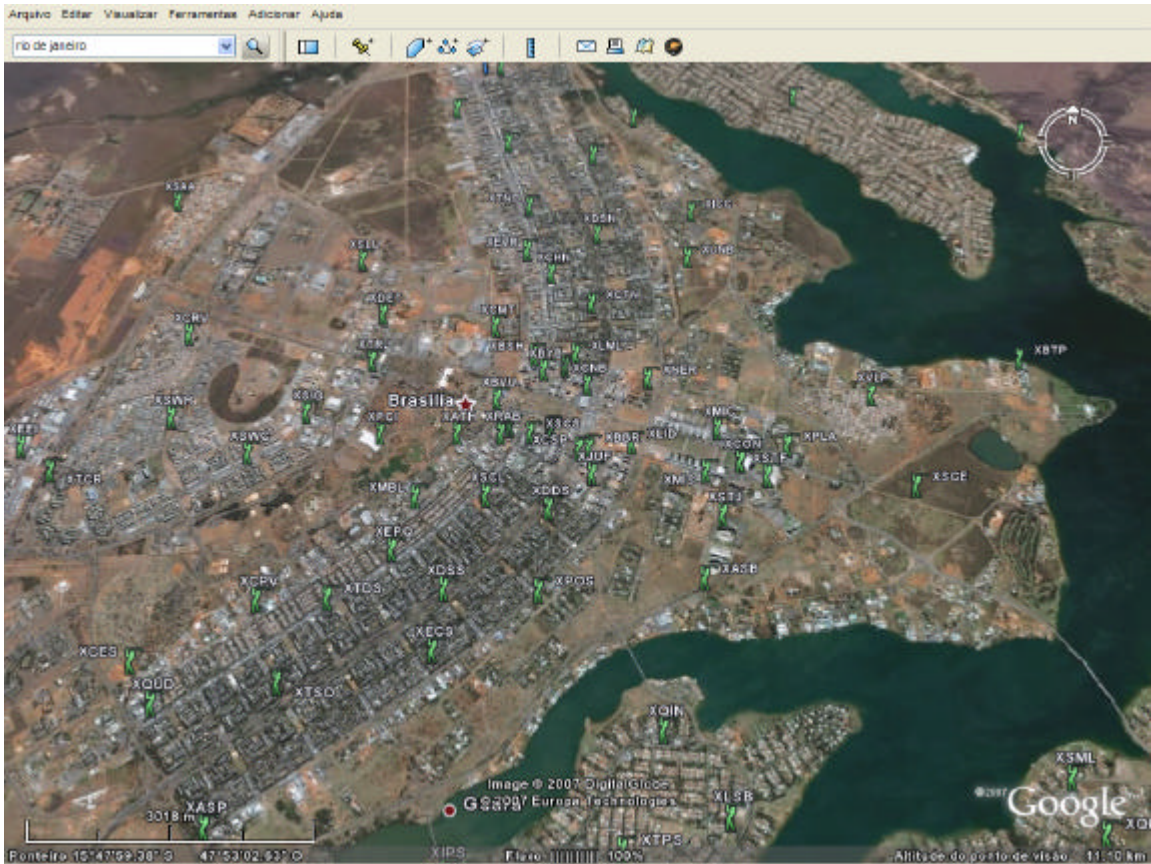


Figura 14 – Densidade de BTS em Brasília

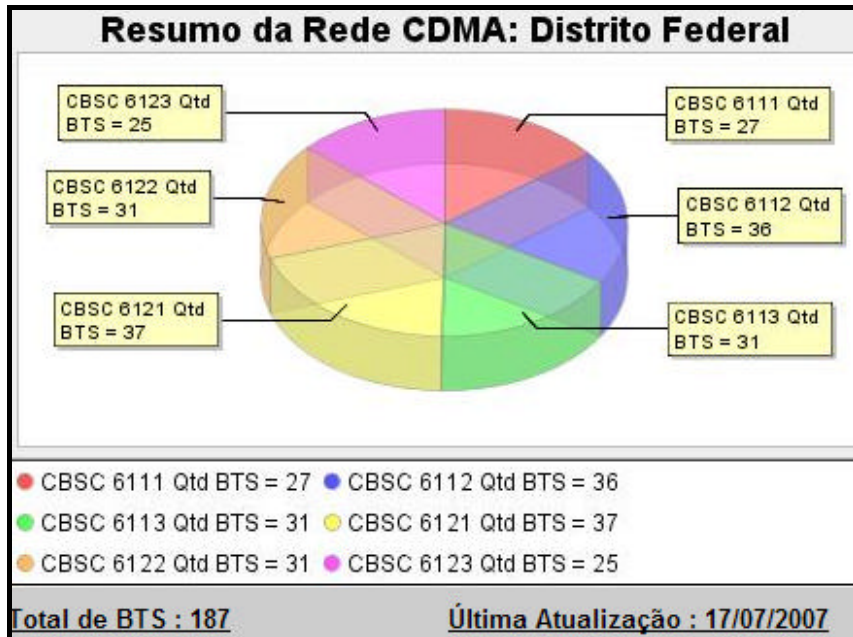


Figura 15 – Resumo da rede CDMA no DF

Para otimizar estes problemas, o controle de propagação com redução de potência e uso de tilts elétricos foi fundamental. Ajustes nos projetos foram realizados por muitos meses para adequação da realidade da morfologia e topografia da cidade. Após estas ações de otimização uma nova adequação nas listas de vizinhanças passou a ser considerada mensalmente.

O SoftHandoff na rede é um dos segredos da boa performance, porém o critério de escolha de vizinhança responde com eficiência numa prioridade de sete melhores setores vizinhos. A lista de vizinhança é um dos fatores da qualidade, considerando as principais vizinhas entre as setes primeiras na lista e incluindo sites potencias para handoff secundário. O móvel no processo de handoff faz a varredura dos diversos PNs, quanto maior a quantidade de vizinhanças (limite de 20 setores), maior o tempo e leitura e conseqüentemente perda na eficiência das chamadas. Quanto mais precisa a lista e sua ordem de prioridades, melhor a rede.

O processo de SoftHandoff trabalha com células vizinhas ativas, candidatas e “remaining” (células fora da lista). Parâmetros de análise de E_c/I_o atuam de forma ao apropriado funcionamento do softhandoff. (TADD-TDROP são exemplos).

3.2.2.2. Atraso do PN com distâncias elevadas

A rede TDMA permitia a comunicação com usuários rurais até 70 km. A rede CDMA padrão é configurada para permitir cobertura de até 30 km. Neste aspecto o Centro Oeste tem uma particularidade em relação a outros estados, onde poucos sites necessitam de cobertura superior a 30 km devido aos adensamentos. As cidades são isoladas e as áreas rurais extensas. Assim assinantes distantes das estações em mais de 30 km começaram a reclamar, ainda que o móvel mostrasse níveis de sinais elevados.

Um estudo permitiu avaliar que o Sistema CDMA possibilita coberta até 56 km. Por que assinantes a 30 km não conseguiam originar? Alguns parâmetros do CDMA ajustam a janela de leitura do PN. O código PN das estações é o mesmo, porém defasados no tempo, o que justifica a necessidade o GPS para permitir o sincronismo. É possível permitir chamadas a 56 km, desde que haja correção no atraso do PN servidor, os parâmetros CHIP OFFSET e RADIUS fazem esta

correção. Sendo cada CHIP 144 metros, de acordo com a máxima cobertura do setor faz-se a alteração. Este parâmetro permite que a estação base receba o pedido de originação do móvel.

Mas um parâmetro similar é em paralelo ajustado para que o móvel leia o PN correto no downlink. Este parâmetro é o Search Window, que serve não apenas para a leitura do PN servidor, mas também dos vizinhos. A não correção na leitura de PNs em distâncias superiores faz com que o móvel confunda os PNs, degradando a qualidade da rede. O móvel tenta realizar um Handoff para uma célula “A” quando deveria realizar para uma célula “B”. A experiência mostrou que sites com cobertura superior a 40KM não devem ter vizinhos com PNs adjacentes. Pois o atraso confundirá estes PNs, ainda que com as janelas de leitura abertas.

Segue ilustração de um dos casos reclamados. Um assinante no Lago Oeste recebia dois PNs=8. Sendo um proveniente do site de Sobradinho (XSOB) e outro correspondente ao PN=4 atrasado de Planaltina de Goiás (XPLG) chegando como PN=8, devido a distância. Isto causava falhas em originações e handoff, degradando a qualidade na região. A solução foi alterar o PN de Planaltina de Goiás para PN=20, não observado na região. Na Figura 16, retrata-se a falha ocorrida, mostrando no mapa geográfico a situação, onde a distância de 43km prejudicou o cliente “confundindo” o móvel em identificar o PN correto.

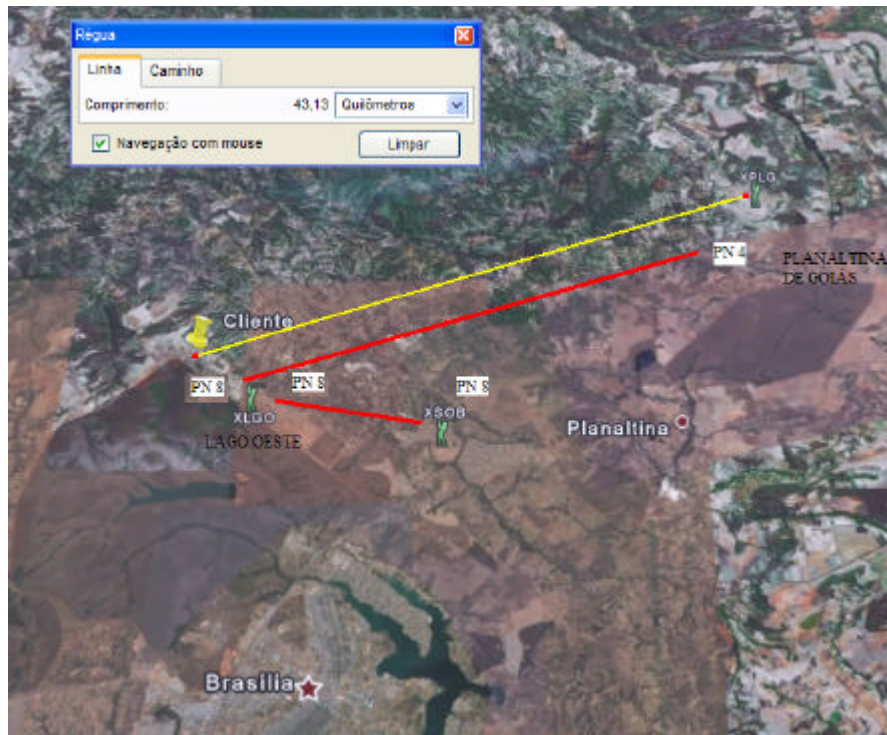


Figura 16 – Ilustração do caso de Atraso de PN

3.2.2.3. Implantações de novas portadoras

Com a demanda crescente de tráfego a rede CDMA do DF teve que ser ampliada disponibilizando três portadoras de forma a comportar um tráfego de voz e dados superior a 6.000 erlangs com qualidade. Assim como realizado na primeira etapa, novos planos de limpeza de canais AMPS / TDMA eram inevitáveis. A otimização das demais portadoras seguiu os mesmos detalhes da primeira.

Qual portadora o móvel utilizará? Algoritmos foram desenvolvidos para a distribuição de tráfego entre as mesmas:

- um algoritmo (Hashing) baseado no número do assinante faz a distribuição entre as portadoras existentes no modo IDLE.
- uma vez alocada sua portadora ele ainda, de acordo com a definição da empresa, poderia originar sempre na mesma portadora ou ainda originar em portadoras diferentes de acordo com equilíbrio de tráfego. Os métodos são :

- Método Current Carrier – móvel ocupará elemento de canal correspondente a sua portadora de modo idle.
- Round Robin – móvel poderá ocupar quaisquer portadoras para tráfego, dependendo da distribuição de ocupação de cada uma delas.

Este segundo método foi adotado, mostrando-se mais eficiente quanto ao balanceamento de tráfego. Pois usuários de alta gama poderiam eventualmente ser designados para mesma portadora e em modo “current carrier” causariam maior tráfego na mesma, e com Round Robin ocupariam outras portadoras de forma cíclica.

Nem todas as estações precisavam ser ampliadas com as três portadoras. De preferência sites em clusters dentro de uma área geográfica devem ser contemplados com a mesma quantidade de portadoras para garantir qualidade e facilitar o softhandoff. Porém a medida que se distancia das áreas urbanas e comerciais surgem clusters com menor demanda de tráfego e que exigem menor quantidade de portadoras. Para o convívio de sites com número de portadoras diferentes um cuidado deve ser tomado, pois não há como realizar softhandoff uma vez que as portadoras são diferentes. Neste caso é necessário o tradicional hard handoff, mudança de portadora durante a chamada. Por exemplo, quando um móvel em 3ª portadora se desloca para outra estação com 2 portadoras, necessariamente o mesmo deverá realizar um hard handoff para 2ª ou 1ª portadora vizinha. Este processo designado como DAHO deve ser ajustado caso a caso e se possível com definição da distância da realização do handoff. Assim deve-se evitar ao máximo este processo que impacta nos indicadores de rede. Certas redes para forçarem uma antecipada alteração de portadora utilizam sinal piloto chamado de Pilot Beacon, fazendo com que o móvel faça a opção de descida de portadora.

Com o desenvolvimento e disponibilização da tecnologia CDMA EVDO para transmissão de dados em alta velocidade, a Engenharia teve que estudar uma redução do plano TDMA, de forma que dos 12,5 MHz, mais da metade fossem dedicados ao CDMA. Como o desejo de todas as operadoras era ativar redes de 3G, o CDMA com rumo definido de evolução para EVDO, facilitou a ativação da primeira rede com características 3G no Brasil. A portadora EVDO, por padronização interna mapeada na rede de São Paulo seria a 6ª portadora CDMA, canal 78. Como

este canal não seguia a seqüência das demais portadoras para o DF, isto prejudicou o espectro de frequências na capital, levando ao desperdício e necessidade de reserva de novos canais de banda de guarda. O ideal seria a implementação do EVDO na 4ª portadora com canal designado 160. Porém como as maiores redes do país já utilizavam até a 5ª portadora 119, os fornecedores de forma a facilitar a leitura de uma mesma portadora EVDO na rede, configuraram os dispositivos para a sintonia do canal 78.

Assim, Brasília estaria em 2005 com 4 portadoras CDMA (3 1xRTT e 1 EVDO). Restando para o TDMA apenas 7 canais por subgrupo e uma capacidade máxima por setor reduzida em 70%, de 41 erlangs para 14. A Figura 17 mostra o plano da Banda A com as 4 portadoras CDMA.

PLANO DE FREQUÊNCIAS

Grupo																						
Sector	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	
Canais A + A'	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	TDMA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	
	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	
	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	
	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	
	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	
	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	
	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	
	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	
	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	
	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	
295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312					
Canais Banda A'	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	TDMA
	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716					
Controle AMPS	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	AMPS

Portadoras 1X

Banda de Guarda

EVDO

Figura 17 Plano de Frequências Final com CDMA/TDMA/AMPS

3.3. REDE GSM

A tecnologia CDMA adotada pela VIVO garantiu à operadora líder do mercado uma diferença enorme tecnicamente:

- eficiência espectral e capacidade
- qualidade e liderança nos indicadores Anatel
- melhor serviço de dados

Porém na análise mercadológica os resultados começaram se refletir negativamente. Assim a decisão de migração para o GSM foi tomada sob a pressão de resultados negativos do 2º trimestre de 2006, quando a Vivo apresentou queda nos principais indicadores de desempenho e prejuízo de R\$ 493 milhões. Na mesma época a operadora decidiu também fazer uma limpeza na sua base de celulares dando baixa em mais de 1,8 milhões de celulares inativos.

As operadoras GSM (Tim, Claro, Oi e BrT GSM) foram as que mais cresceram nos últimos três anos. Já a Vivo, única a optar pelo padrão CDMA, viu sua participação de mercado cair de 48,5% em 2002 para 31,1% em junho de 2006 (Figura 18).

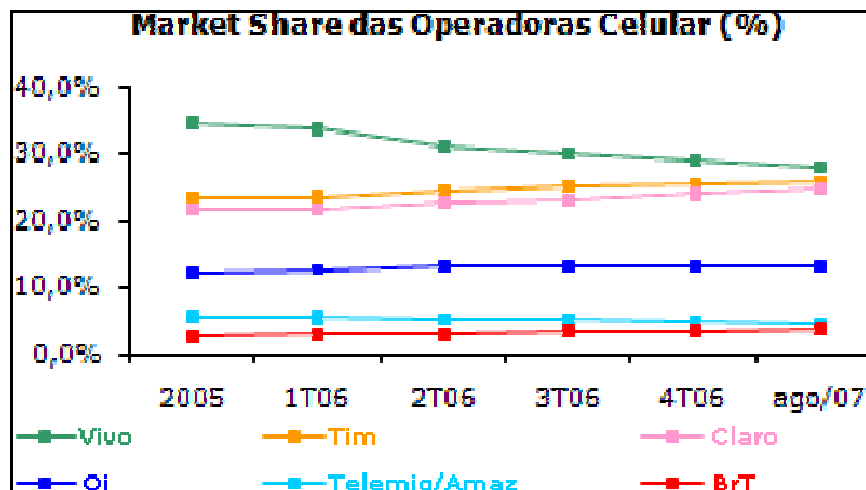


Figura 18 Market Share das Operadoras entre 2005/07 [1]

Com a opção pelo GSM, a Vivo esperava superar seus principais pontos fracos: o custo dos telefones celulares CDMA e a falta de cobertura/roaming em todo o Brasil.

O custo maior dos telefones celulares CDMA obrigava a Vivo a gastar mais com subsídio dos celulares e reduzia sua competitividade em relação às outras operadoras. Os telefones celulares CDMA são mais caros por uma questão de volume de produção mundial (80% dos celulares do mundo são GSM). O subsídio de terminais correspondia em torno de R\$ 80,00 por celular, para que se mantivesse uma competitividade com as demais operadoras. Assim uma empresa com 30.000.000 (trinta milhões de clientes), numa reposição de 20% bianual, corresponderia a subsídio médio de 480 milhões de reais, quase o preço de uma rede GSM nova. Este foi o fator crucial na mudança estratégica da empresa, a implantação de uma rede barata que se pagaria em pouco tempo.

Uma decisão no meio do ano de 2006 da fabricante Nokia de paralisar a fabricação de terminais CDMA, também mexeu com o mercado. Os executivos avaliando o market share das tecnologias e a tendência de migração para a 3G, apostaram em descontinuar os modelos CDMA, focando esforços para o mercado superior a 75% do GSM e futuros modelos WCDMA.

No primeiro trimestre de 2007 a fabricante Samsung no Brasil desativou sua linha de terminais CDMA, uma vez que a única operadora, VIVO, que demandava tais modelos, fez sua última solicitação de compras para a campanha de natal de 2006. Divulgando que a partir de 2007 apenas modelos GSM seriam adquiridos.

Observa-se na ilustração abaixo o impacto na homologação de terminais de acordo com a tecnologia, visto a decisão da VIVO em realizar o overlay para GSM. Os modelos CDMA não teriam mais lançamentos, prevalecendo a supremacia única dos modelos GSM (Figura 19).

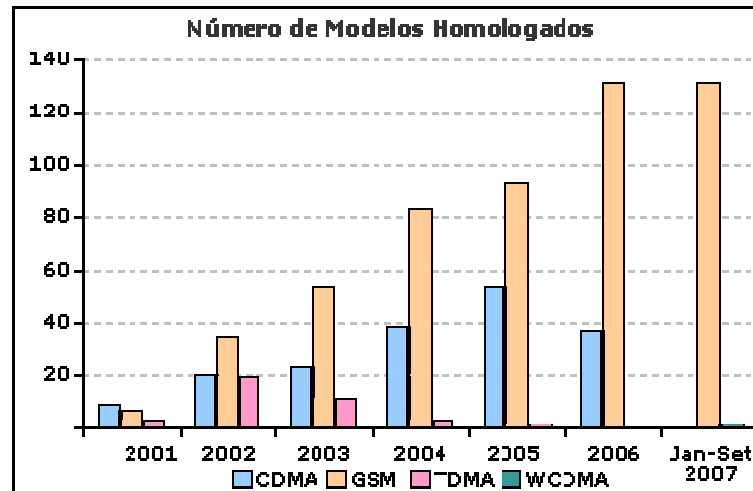


Figura 19 Número de Modelos Homologados [1]

A Vivo é a única operadora CDMA do Brasil e não está presente nos Estados de Minas Gerais e do Nordeste. Nestes Estados, os clientes CDMA da Vivo fazem roaming em AMPS (analógico), estando mais susceptíveis à clonagem e a um maior consumo de bateria. A Vivo não adquiriu as licenças de Banda D e E licitadas pela Anatel para estes Estados porque o CDMA não está padronizado para estas faixas de frequências (1800 MHz).

Assim a operadora dispunha apenas das Banda A ou B em 850 MHz, dependendo dos estados. A decisão de ativação do GSM nesta faixa de frequência era a única opção. Uma rede GSM em 850 MHz não corresponde ao padrão Europeu, predominante no mercado mundial na frequência de 1.800 MHz.

Relembrando os padrões mundiais quanto a canalização da rede GSM, tem-se:

- Europeu: 1.800 MHz / 900 MHz
- Americano: 1900 MHz / 850 MHz

Tinha-se o receio de que o custo de terminais permanecesse a um valor elevado para redes 850 MHz, minoria no mercado nacional e mundial. Outra dúvida era quanto ao roaming nacional. Pois uma vez adotado o modelo americano, os terminais mais baratos respeitavam apenas as duas bandas. Assim um usuário com aparelho dual band (1900/850) seria impossibilitado de fazer roaming no Nordeste e Minas Gerais, onde a VIVO não opera e as concorrentes utilizam

1800 MHz. Para isto apostou-se que as pessoas que viajam possuem renda disponíveis para modelos tri-bands ou quadri-bands mais interessantes, e para os demais clientes se alertava desta limitação na aquisição de modelos mais baratos.

Os modelos mais adequados à Operadora e negociados com os fornecedores foram e são :

- Tri band : 1800 / 1900 / 850
- Quadri Band : 1800 / 1900 / 850 / 900

De forma que com estas características o cliente estaria seguro do Roaming Nacional e mesmo Internacional.

3.3.1. RFQ – PROPOSTA AO FORNECEDORES DA REDE GSM NA ÁREA DE ATUAÇÃO DA VIVO

Para a compra da rede GSM, uma proposta foi feita aos principais fornecedores de forma a garantir requisitos necessários. O contrato exigia o fornecimento de equipamentos (hardware e software) e a prestação de serviços de engenharia, instalação, configuração, integração, testes, ativação e operação temporária dos respectivos elementos de rede, à VIVO, de uma rede GSM/GPRS/EDGE, evolutiva ao W-CDMA (doravante designados simplesmente por “GSM”), instalada, configurada, documentada, testada e operando com atendimento pleno aos níveis de cobertura e qualidade similar a rede CDMA, com abrangência e capacidade segundo topologia recomendada pela VIVO, com Overlay de Cobertura total sobre a rede existente inclusive cobertura indoor na relação 1:1.

Para o Distrito Federal a rede deveria ter capacidade para escoar, por exemplo, 6.039 Erl de tráfego real comutado, medido nos elementos o núcleo de rede, com 199 BTS implantadas como mínimo. A Tabela 8 relata os tráfegos como exemplo para a rede GSM para Centro Oeste e Norte.

TRÁFEGOS CONTRATADOS PARA A REDE GSM 2006/2007 X PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO GSM 2007							
Estado	Capacidade ERL		# Mínimo de BTS's		Plano Estratégico GSM		
	2006	2007	2006	2007	Assinantes 2007	mErl 2007	2007
AC	455	919	24	24	44.197	12,65	559
DF	2.991	6.039	153	199	342.370	12,92	4.422
GO	2.723	5.497	218	246	425.036	10,08	4.284
MS	1.606	3.242	133	143	244.184	11,29	2.757
MT	2.044	4.126	157	228	288.446	11,52	3.322
RO	516	1.042	45	52	77.043	11,23	865
TO	381	770	33	33	49.705	14,65	728
CO	10.716	21.635	763	925	1.470.981		16.937,00
PA	1.198	2.418	114	141	323.105	9,47	3.061
AM	1.017	2.053	53	93	218.137	11,74	2.561
RR	137	276	6	6	32.885	10,25	337
AP	173	350	9	17	47.433	9,93	471
MA	428	864	62	62	154.531	6,71	1.037
N	2.953	5.961	244	319	776.091		7.467

Tabela 8 Tráfegos Previstos para rede GSM CO/N

A rede deveria ser implementada sob as frequências 850/900 MHz e 1800/1900 MHz. Sendo certo que, para a faixa de frequência de 1800/1900 MHz ficava condicionada à obtenção prévia da respectiva licença de operação emitida pela ANATEL.

Todos os equipamentos fornecidos deveriam ser aptos a transmitir e receber nas faixas de frequências de 850MHz/900Mhz e 1800MHz/1900MHz (BTS dual band), sem necessidade de nenhum tipo de adequação dos equipamentos ou custos adicionais.

Todas e quaisquer features e/ou recursos de hardware necessários para o atingimento da capacidade e/ou qualidade, são parte do pacote de features básicas, bem como as features e/ou recursos necessários à disponibilização e suporte aos serviços existentes em até 6 meses.

Na busca de uma rede ótima e competitiva, indicadores básicos para análise da qualidade sistêmica são exigidos como:

1. Taxa de quedas de chamadas : = 0,6%; medida a partir da BSC;
2. Sucesso no estabelecimento de chamadas medido a partir da BSC: > 99%;
3. Percentual de sites com sucesso no estabelecimento de chamadas medido a partir da BSC= 98% : = 5%;
4. Taxa de dados em GPRS (downlink) : = 35 kbps;
5. Taxa de dados em GPRS (uplink) : = 15 kbps;
6. Taxa de dados EDGE (downlink) : = 100kbps;
7. Taxa de dados EDGE (uplink) = 50 kbps;
8. Percentual de sites com taxa de dados no uplink < 15 kbps (GPRS)/40 bps(EDGE) : = 5%;
9. Percentual de sites com taxa de dados no downlink < 30 kbps(GPRS)/80 kbps(EDGE) : = 5%;

10. O tempo de indisponibilidade de ERB's no sistema deverá ser = 0,2 % no mês;
11. Para os BSCs, a carga máxima dos processadores deverá ser = 70%;
12. Para rádio frequência o indicador de capacidade será o percentual de tráfego cursado do site, que deverá ser = 90% da capacidade de tráfego instalada;
13. Qualidade subjetiva de voz: MOS > 3,5;
14. Nível da portadora GSM a ser atingido em 95% dos pontos, onde a VIVO têm cobertura atualmente no Brasil, RXLevel >-95dBm, C/I > 9dB;

Indicadores de qualidade da ANATEL (calculados a partir de CDRs):

- SMP 3 > 99,5 % nos 3 períodos;
- SMP 5 > 75,0 % nos 3 períodos;
- SMP 6 > 99,0 % nos 3 períodos;
- SMP 7 < 0,6 % nos 3 períodos;

Para que a operadora aceite a entrega dos elementos de rede alguns documentos são acordados. Apresenta-se, a seguir, alguns exemplos adotados, as definições de Termo de Aceitação Provisória (TAP) ou Termo de Aceitação Inicial (TAI). Período de Funcionamento Experimental (PFE) e Termo de Aceitação Definitiva (TAD).

Termo de Aceitação Provisória (TAP) ou Termo de Aceitação Inicial (TAI):

Documento emitido caracterizando o início do Período de Funcionamento Experimental. Será emitido ao término dos testes em campo efetuados pela CONTRATADA, sob a supervisão / coordenação da CONTRATANTE, se não houver pendência nos serviços executados ou se a natureza dos mesmos não impedir a ativação experimental dos equipamentos e/ou sistemas ou não comprometer o desempenho e a segurança operacional, bem como as atividades de O&M. Este documento deverá ainda relacionar os pendentes citados.

Período de Funcionamento Experimental (PFE)

Período de funcionamento, iniciado na data de emissão do Termo de Aceitação Provisória, destinado à medição da confiabilidade e/ou desempenho dos equipamentos, serviços e/ou sistemas, com duração de 90 (noventa) dias, após o qual a CONTRATANTE se pronunciará através do Termo de Aceitação Definitiva ou do Termo de Compromisso. Durante o Período de Funcionamento Experimental os equipamentos poderão ou não ser colocados em produção, a critério da operadora. Também durante o PFE poderão ser levantados novos pendentes, não

incluídos no TAP, os quais deverão ser eliminados pela CONTRATADA até o término do mesmo.

Durante o Período de Funcionamento Experimental, cortado a partir da emissão do TAP a CONTRATADA colocará à disposição da operadora, técnicos para suporte à operação e manutenção dos equipamentos, sem ônus para a mesma.

Termo de Aceitação Definitiva (TAD)

Documento emitido pela CONTRATANTE, consubstanciando a decisão de aceitar, de forma definitiva, os fornecimentos e serviços. Será emitido ao término do Período de Funcionamento Experimental desde que não haja pendências de qualquer natureza, inclusive aquelas relativas à documentação técnica.

Características da BTS

Para que a rede pudesse contemplar os requisitos de RF necessários, foi preparada a planilha com as características necessárias das BTS.

Descrição	Macro célula	Micro célula	Pico célula
Frequências a serem suportadas (simultâneas)	850/900 1800/1900	850/900 1800/1900	850/900 1800/1900
Tecnologias Suportadas (simultâneas)	GSM/GPRS/EDGE/WCDMA/HSDPA /HSUPA	GSM/GPRS/EDGE/WCDMA/HSDPA /HSUPA	GSM/GPRS/EDGE/WCDMA/HSDPA /HSUPA
Possibilidade de upgrade para WCDMA/HSDPA/HSUPA sem necessidade de troca de HW	Sim	Sim	Sim
Upgrade de GSM para GPRS/EDGE sem necessidade de troca de HW	Sim	Sim	Sim
Possibilidade de compartilhamento do mesmo Bastidor entre WCDMA/HSDPA/HSUPA e GSM/GPRS/EDGE	Sim	Sim	Sim
Potência por TRX GSM (mínima)	36 dBm	33 dBm	30 dBm
Potência por Portadora WCDMA (mínima)	43 dBm	40 dBm	37 dBm
Controle Tilt Elétrico Variável das Antenas através da BTS	Desejável	-	-
Transmissão	E1, IP, ATM	E1, IP, ATM	E1, IP, ATM
Alimentação	100 ~ 250 VAC 60 Hz (-)48 VDC e (+) 24 VDC	100 ~ 250 VAC 60 Hz (-)48 VDC e (+) 24 VDC	100 ~ 250 VAC 60 Hz (-)48 VDC e (+) 24 VDC
Possível compartilhamento da transmissão entre WCDMA e GSM na mesma BTS	Desejável	Desejável	Desejável
Possível compartilhamento da transmissão entre WCDMA, GSM e CDMA no mesmo site, através do próprio equipamento de RF	Desejável	Desejável	Desejável
Possível compartilhamento de transmissão entre BTS diferentes, em sites diferentes, através do próprio equipamento de RF	Desejável	Desejável	Desejável

Tabela 9 Características Necessárias das BTS

Diagrama Básico da Rede GSM

A Figura 20 ilustra os elementos de uma rede GSM. Não se entrará em detalhes dos dispositivos do core, uma vez o foco sendo a análise de rádio frequência.

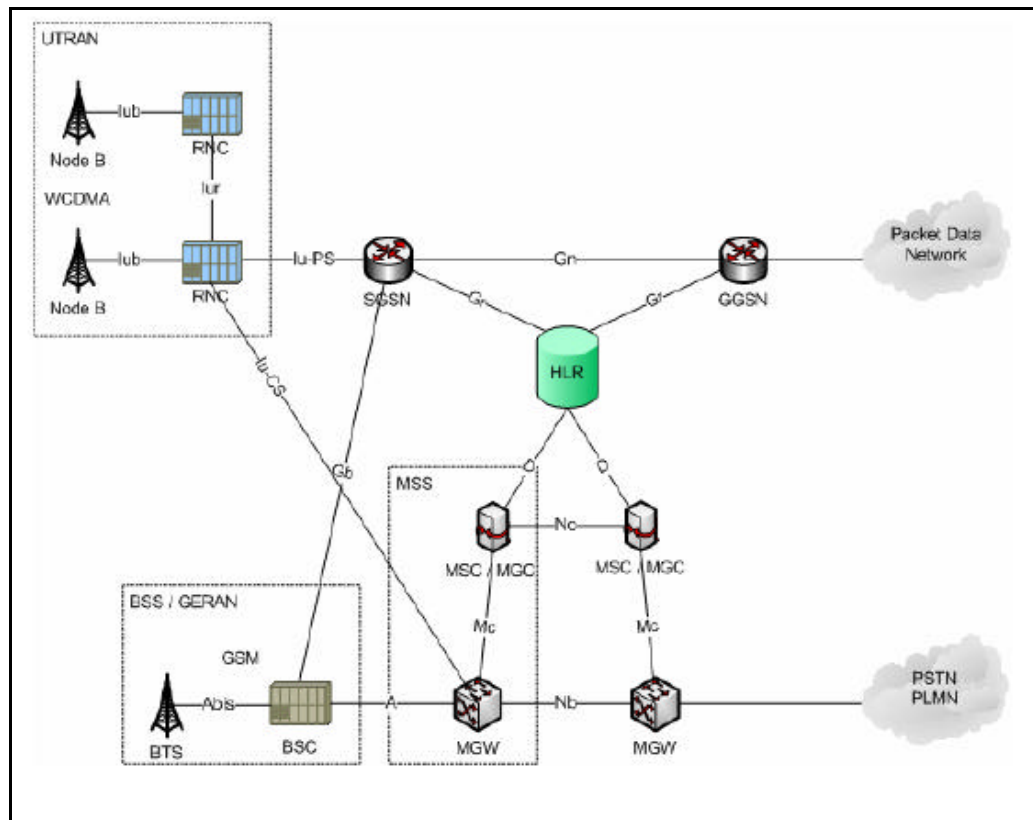


Figura 20 Diagrama Básico da rede GSM

Ainda assim exigências técnicas são exigidas do core de forma a beneficiar a interface aérea. Assim seguem características e features a serem suportadas pela BSS:

- Frequency Hopping Banda Base e Sintetizado;
- Suporte ao codec AMR Full Rate e Half Rate;
- Alocação dinâmica de AMR Full Rate e Half Rate através de limiares de qualidade;
- Controle de Potência para AMR;
- Configuração manual do Codec Set AMR Full e Half Rate (codec modes, thresholds, hysteresis, etc);
- Gestão automática de capacidade e qualidade entre AMR FR e AMR HR;
- Suporte a codec EFR;
- Controle de Potência Downlink e Uplink;
- Suporte às conexões BTS-BSC, BSC-MSC e BSC-SGSN via satélite;

- DTX (uplink e downlink);
- EDGE;
- Gestão de capacidade entre frequências;
- Hierarquia de Células e funcionalidades associadas;
- Algoritmo para minimização de handovers e garantia de qualidade para terminais em alta velocidade;
- Gestão de Hierarquia de Células e de capacidade entre frequências (combinadas);
- Gestão de capacidade, cobertura e qualidade entre GSM e WCDMA, quando aplicável;
- Alocação Dinâmica de SDCCH;
- Alocação Dinâmica de Vocoders;
- Compartilhamento de E1 para diferentes BTS;
- Estatísticas da qualidade de voz;
- Qualidade de Serviço em Dados (QOS), incluindo a compatibilidade entre as diversas tecnologias rádio;
- Compartilhamento de transmissão entre GSM/WCDMA/EDGE quando aplicável;
- Suportar HSDPA com pelo menos 10 códigos simultâneos, bem como multiplexação de usuários;
- Suportar HSUPA com TTI de 10ms e 2ms;
- Gestão de capacidade em portadoras WCDMA com tráfego de voz e dados, rel 9, HSDPA e HSUPA, quando aplicável;
- Admissão e controle de capacidade (admission and congestion control) do sistema.

Diante dos requisitos inseridos na proposta os vencedores foram os fabricantes Huawei e Ericsson, seguindo a divisão:

- Ericsson : (São Paulo – Bahia – Sergipe – Centro Oeste – Norte)
- Huawei : (Rio de Janeiro – Espírito Santo – Paraná – Santa Catarina)

3.3.2. ESPECTRO DE FREQUÊNCIAS PARA A ENTRADA DA REDE GSM EM 850 MHZ:

Uma vez tomada a decisão pela implantação de uma rede GSM em 850 MHz, as equipes de RF se reuniram para analisar a disponibilidade do espectro de frequência. Havia uma expectativa da entrada da rede na banda de 1.900 MHz, porém a mesma era incerta. Como administrar 5 tecnologias (AMPS – TDMA – CDMA – EVDO – GSM) diferentes em apenas 12,5 MHz, isto é um case mundial. Enquanto demais operadoras possuem 15 MHz para uma tecnologia apenas. Observa-se a realidade atual das bandas disponíveis por operadoras no Brasil na Figura 21 :

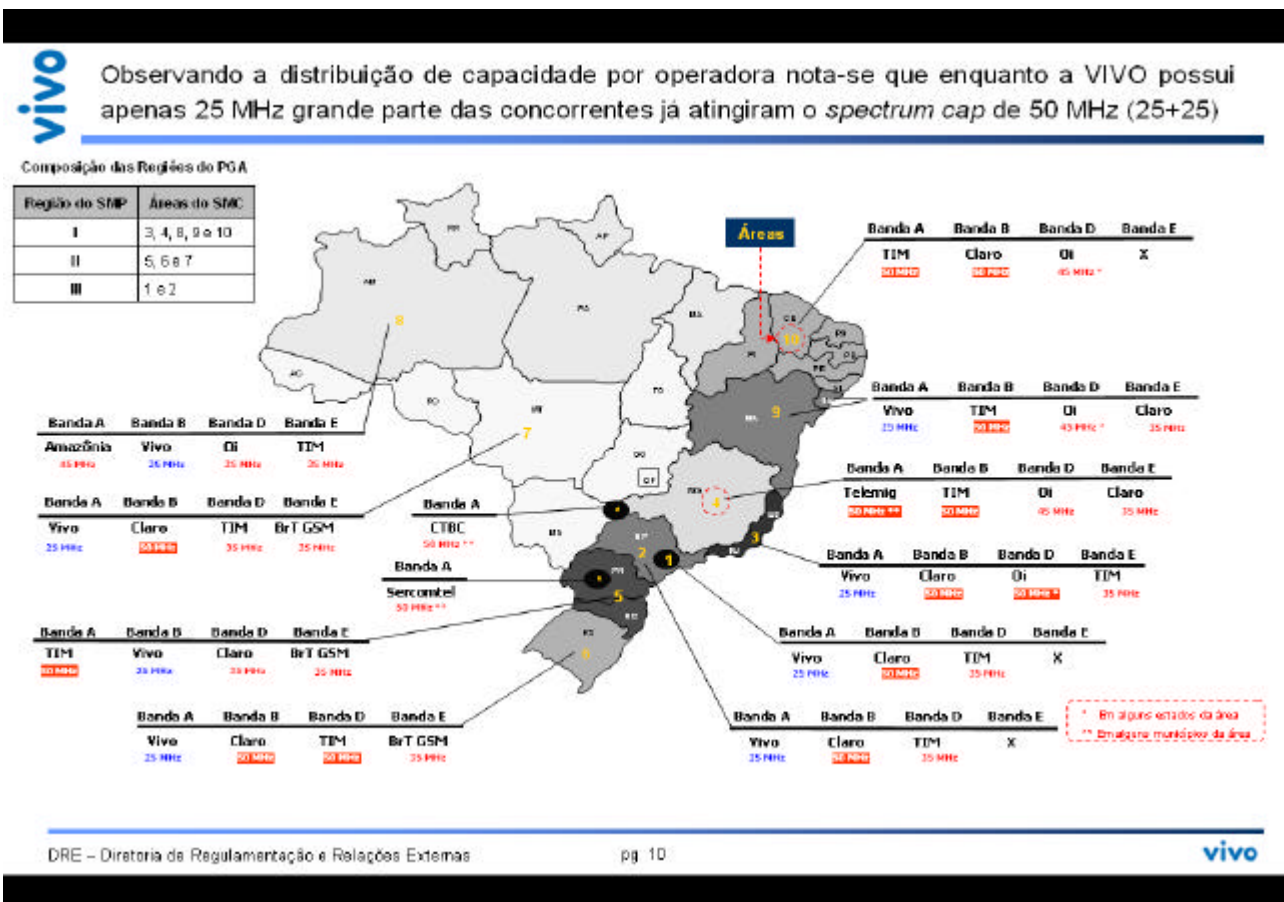


Figura 21 Disponibilidade de Espectro para Operadoras no Brasil

No caso do DF a banda A estava utilizando:

- 4 portadoras CDMA : 283 – 242 – 201 – 78 consumindo o equivalente a 6,2 MHz dos 12,5 MHz
- 210 canais TDMA/AMPS : consumindo os demais 6,3 MHz da Banda A

Para ativação de uma rede GSM comercial seriam necessários no mínimo 3,6 MHz. A análise de impacto deveria ser minuciosa e calculada. Não se podem prejudicar os assinantes de uma rede ativa, uma vez que um erro poderia causar insegurança nos clientes e um “churn” inevitável. Para a liberação dos 3,6 MHz na primeira etapa considerou-se:

- desativação da 3ª portadora 1xRTT (201) = 1,25 MHz
- desativação de 80 canais TDMA = 2,4 MHz

Ou

- desativação de 120 canais TDMA = 3,6 MHz

A rede TDMA estava com 615 erlangs e a rede CDMA com 5850 erlangs. A redução de 1/3 da capacidade da rede CDMA, responsável por 91% do tráfego foi descartada, uma vez que poderia comprometer na qualidade. A alternativa viável era reduzir a canalização TDMA em 58% do espectro disponível. De 6,3 MHz disponíveis para o TDMA era necessário a liberação de 3,6 MHz.

Assim a capacidade TDMA por subgrupo reduziria de 16,6 erlangs para 6,6 erlangs. Como era esperado um aperto no reuso e na disponibilidade de canais, bem como certa queda na performance TDMA eram inevitáveis. Com a limpeza 15% da rede TDMA poderia sofrer bloqueios. Alguns empréstimos de canais foram inevitáveis para minimizar a degradação na rede. Ficavam pendentes quais as bandas de guarda ideais entre as portadoras vizinhas das diferentes tecnologias e a definição do plano de canais mais conveniente.

Os fornecedores de forma precavida pedem o máximo de banda possível para não correrem o risco de seus sistemas terem alguma degradação. A sugestão é da Ericsson e Huawei era manter

no mínimo 200 kHz, porém tamanha banda de guarda seria prejudicial à rede ativa, com restrição de espectro.

Para permitir a alocação do espectro da melhor forma possível, estudos e testes em campo foram realizados para garantir a menor banda de guarda possível.

3.3.3. TESTES DE BANDA DE GUARDA

A banda de guarda são frequências que não são utilizadas que servem para separar as frequências de diferentes tecnologias (no caso CDMA, GSM e TDMA). O objetivo seria assegurar que os sistemas GSM, CDMA e TDMA fossem implementados na mesma região de cobertura sem a degradação de um sistema ou outro.

3.3.3.1. Estudo Teórico da Banda de Guarda entre o GSM e CDMA

Com a entrada de outra tecnologia na mesma banda de frequência, um estudo de compatibilidade eletromagnética é inevitável para avaliar possíveis interferências entre os dois sistemas. Qual deve ser a separação mínima entre os canais para preservar a performance das duas tecnologias?

Uma série de testes pode ser realizada, mas o de maior interesse para o case de co-located systems é a análise de ACI (Adjacent Channel Interference). ACI pode ser definido como a potência no receptor de um sistema fora da banda de interesse.

A Figura 22 mostra o espectro utilizado pela VIVO. O teste avaliará a adjacência entre o canal 137 do GSM 850 e portadora 78 do CDMA EVDO.

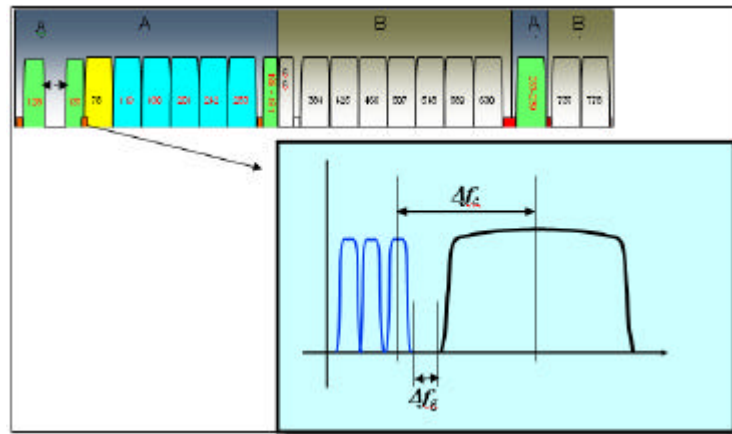


Figura 22 Ilustração de Banda de Guarda entre GSM/CDMA

A separação mínima entre portadoras GSM e CDMA seria [2]:

$$\Delta f_c = \text{CDMABW}/2 + \text{GSMBW}/2 \quad (\text{eq. 1})$$

$$\Delta f_c = 1.25\text{MHz}/2 + 200\text{kHz}/2 = 725\text{kHz}$$

Considerando a banda de guarda:

$$\Delta f_c = 725\text{kHz} + \Delta f_g \rightarrow \Delta f_g = 725\text{kHz} - \Delta f_c \quad (\text{eq. 2})$$

A) Análise para Downlink

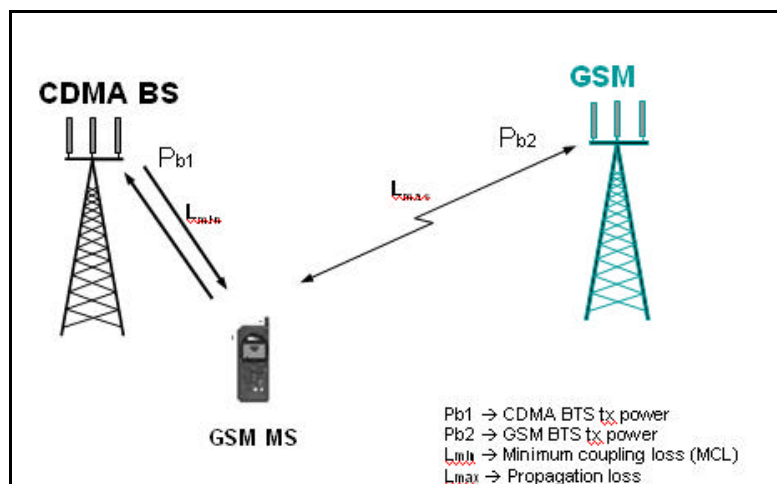


Figura 23 Cenário da Convivência do CDMA e GSM

Este cenário, Figura 23, ilustra o pior caso estando o móvel GSM próximo a uma BTS CDMA, de forma a averiguar uma situação de potência da portadora espalhada no terminal. Ou seja, na análise de downlink, o pior cenário é uma rede GSM com largura de 200 kHz por canal, afetada por uma portadora CDMA de 1,25 MHz. O móvel GSM é limitado por um mínimo C/I para adequadamente detectar o sinal recebido. Segue um modelo para análise de interferência [2]:

$$(C/I)_{dB} = C - (Pb1 - Lmin - LACIR) \quad (\text{eq. 3})$$

$$(C/I)_{dB} = Pb2 - Lmax - Pb1 + Lmin + LACIR \quad (\text{eq. 4})$$

C → Carrier rx power at mobile
 Pb1 → CDMA BTS tx power
 Pb2 → GSM BTS tx power
 Lmin → Minimum coupling loss
 Lmax → Propagation loss
 LACIR → Adjacent channel interferer ratio

$$LACIR = (C/I)_{dB} + Lmax - Lmin ; Pb1 = Pb2$$

Para o pior caso considera-se Lmax e Lmin sendo diferentes, resultando em um grande valor para LACIR. Por exemplo :

$$LACIR = 20 + 120 - 80 = 60 \text{ dB}$$

Onde $(C/I)_{dB} = 20\text{dB}$, $Lmax = 120\text{dB}$ and $Lmin = 80\text{dB}$ (valores típicos para ambientes de macro células). Verificando o gráfico (Figura 24), o valor obtido no exemplo requer um $f_c > 0.9\text{MHz}$.

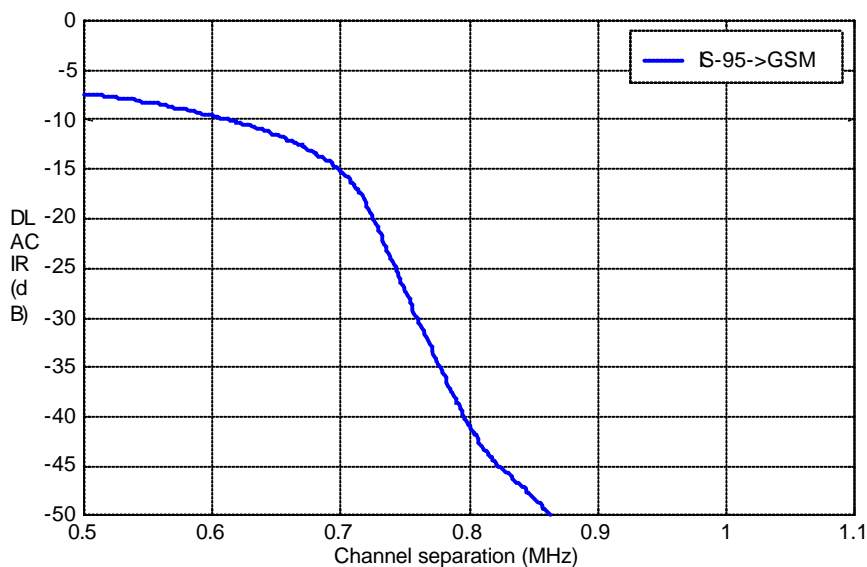


Figura 24 Relação entre LACIR x Banda de Guarda [2]

Esta exigência decorre quando não se realiza um projeto 1:1, ocorrendo potência excessiva de uma tecnologia em outra com baixa. Causando possíveis interferências em bandas de guarda pequenas. No caso de sistemas co-sites, $L_{max}=L_{min}$. Isto significa que MCL não afeta a interferência no Downlink. Tem-se um projeto 1:1, deixando potência adequada de qualquer tecnologia nas coberturas, não havendo discrepâncias excessivas entre elas.

$$LACIR = (C/I)dB$$

Esta situação irá permitir uma melhor isolamento e então a um menor valor para banda de guarda.

Para o caso, $LACIR=20dB$ significa que a separação de canais deve ser $\sim 725kHz$.

B) Análise para Uplink

Neste caso, a presença de qualquer tipo de interferência no receptor da estação irá diminuir a sensibilidade do sistema. Novamente, o pior caso será aquele onde o móvel está próximo da estação interferida e com máxima transmissão de potência. Porém a situação se inverte, comparada ao Downlink, pois o móvel GSM transmite até 2W, enquanto o móvel CDMA até 200 mW. De forma que a análise passa a ser o sinal do móvel GSM afetando a recepção da BTS CDMA. Segue o modelo para análise do uplink :

$$LACIR = PM - L_{min} - LT - Pr \quad (\text{eq. 5})$$

PM → MS tx power
Pr → Noise floor
Lmin → Minimum coupling loss
LACIR → Adjacent channel interferer ratio
LT → Power loss due to GSM duty cycle

O valor do piso de ruído é dado por :

$$Pr = 10 * \log_{10}(KTB) + F \quad (\text{eq. 6})$$

Onde $K=1.38e-23$, T se refere à temperatura, B a banda (1.25MHz) e F a Figura de ruído no receptor, então:

$$Pr = 10 * \log_{10}(1.38e-23 * (25+273) * 1.25e6) + 5 = -108\text{dBm}$$

Com este valor, LACIR pode ser calculado como abaixo:

$$\text{LACIR} = 30\text{dBm} - 80\text{dB} - 9\text{dB} - (-108\text{dBm}) = 49\text{dB}$$

Onde P_m foi assumido como 30dBm, $L_{\min} = 80\text{dB}$ and $L_T = 9\text{dB}$.

Com o valor de LACIR calculado anteriormente e consultando o gráfico, pode-se verificar que $f_c > 0.85\text{MHz}$.

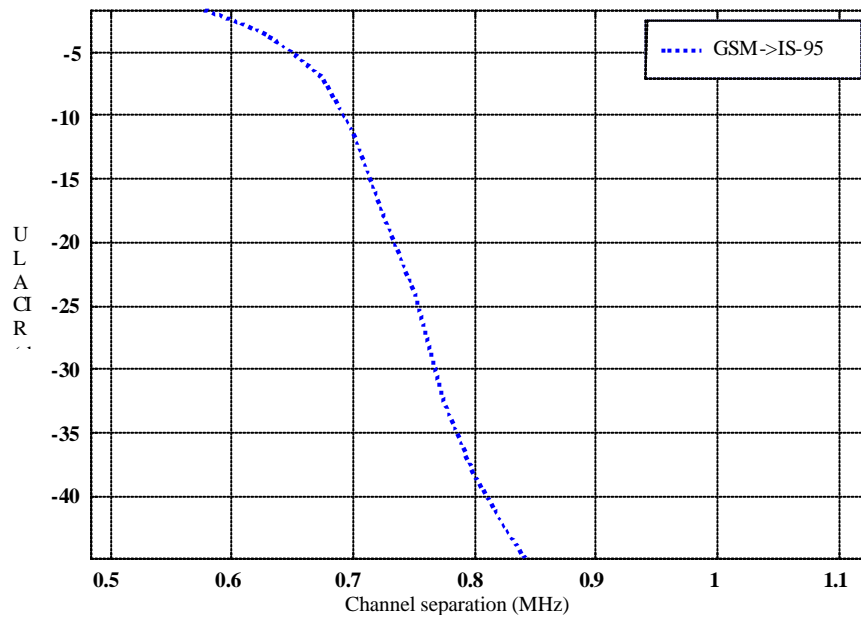


Figura 25 – Relação de LACIR x Banda de Guarda [2]

Este resultado exige uma banda de guarda mínima de 125 kHz.

Na situação de estação co-sited e funcionamento normal do móvel irá causar uma redução na potência da interferência recebida no sistema e então uma redução na banda de guarda necessária.

Na análise apresentada o valor MCL (Mínima Perda por Acoplamento) é baseado em ambiente típico macrocélula. MCL pode ser calculado como recomendado no 3GPP TS 25.951

- Macro cell environment : 70~80dB
- Micro cell environment: 50dB
- Local coverage: 45dB

Então, se o cenário em estudo considera outro ambiente (micro / pico) um valor diferente de MCL deverá ser usado. Com base na análise apresentada, algumas recomendações serão apresentadas a fim de minimizar a interferência gerada pelo sistema GSM. Pela alocação do espectro isto pode ser alcançado de forma fácil. No GSM, canais BCCHs são transmitidos com potência máxima. Entretanto, estas frequências usadas por eles devem ser alocadas o mais distante possível das frequências do CDMA. Como ilustração observa-se a Figura 26:

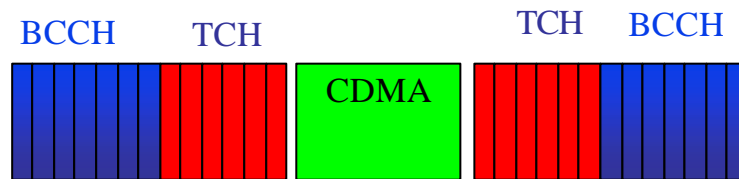


Figura 26 – Sugestão para Disposições dos BCCHs

No caso a operadora usando a Banda A, a mais complicada área está nas proximidades das Bandas B e B'. Porém a mesma é subutilizada e uma banda de guarda entre operadoras é respeitada. A Banda A'' não tem sistemas de concorrentes vizinhos, isto permite um controle de interferência mais preciso, conforme a Figura 27.

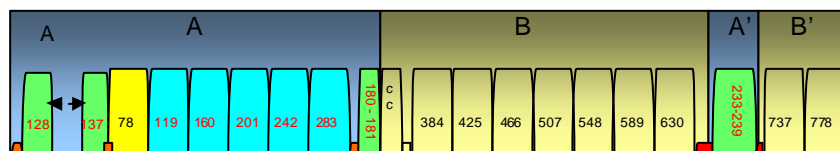


Figura 27 – Disposições dos canais com Banda B

O estudo teórico a respeito da banda de guarda necessária em ambientes macrocélulas foi analisado e os resultados foram:

- DL: In a co-located situation $Dfc > 725\text{kHz}$
- UL: In a noise-limited case $Dfc > 850\text{kHz}$

Considerando um espaçamento de 725kHz, tem-se:

- DL: $Dfg > 0\text{kHz}$
- UL: $Dfg > 125\text{kHz}$

Ou seja, a banda de guarda teórica deve ser maior que 125 kHz nas condições consideradas. O que corresponderia a 5 canais TDMA e conseqüentemente elevar-se-ia banda para 150 kHz.

3.3.3.2. Testes em Campo

Para uma análise real, testes de campo foram realizados com as ponderações :

a) Dois cenários de banda de guarda foram considerados nos testes

1 - 85 kHz entre a portadora CDMA 160 e o GSM: das 14:00 às 18:00 hs

2 - 145 kHz entre a portadora CDMA 242 e o GSM: das 18:00 hs em diante

b) Os horários de 18:00 e 19:00 foram excluídos da análise, pois neste período verificou-se elevado crescimento de tráfego na célula. Tal análise poderia induzir a conclusões equivocadas em função do aumento do carregamento da mesma.

Seguem na tabela 10 os resultados obtidos nos testes:

Tabela 10 Resultados dos Testes

TESTE 160CDMA / 152GSM (85kHz ENTRE LATERAIS)	31/10/2006 14:00h-18:00h	31/10/2006 18:00h-22:00h	01/11/2006 10:00h-12:00h	
Métricas	Banda de Guarda GSM ON / 85kHz	GSM "OFF" (mesmo dia)	GSM OFF (dia seguinte)	OBS
Tráfego Total (TT) RF 160	15 +/- 2Erl	15 +/- 2Erl	18 +/-3 Erl	Para efeito de comparação
Efic. Orig. RF 160	99 +/- 0,6%	98,7 +/- 0,4%	98,7 +/- 0,5%	(>98%) Sem influência negativa
Efic. Term. RF 160	99,3 +/- 0,5%	98,9 +/- 0,1%	99,9 +/- 0,1%	(>98,5%) Dependendo do dia, pequena variação
Nº de Quedas RF 160	4 / 2 / 0	1	2 / 1 / 1	Dependendo do horário, pequena variação
Taxa de Quedas RF 160	0,4 +/- 0,3	0,2	0,15 +/- 0,05	Dependendo do horário, alguma variação
Noise Rise Médio RF 160	1,2 +/- 0,1	1 +/- 0,1	1,7 +/- 0,2	(<1,3) Dependendo do dia, pequena variação
Noise Rise Pico RF 160	2,2 +/- 0,3	2,7 +/- 1,2	2,9 +/- 0,2	(<2,5) Dependendo do dia, pequena variação

TESTE 242CDMA / 164GSM (145kHz ENTRE LATERAIS)	31/10/2006 18:00h-22:00h	31/10/2006 14:00h-18:00h	01/11/2006 10:00h-12:00h	
Métricas	Banda de Guarda GSM ON / 145kHz	GSM "OFF" (mesmo dia)	GSM OFF (dia seguinte)	OBS
Tráfego Total (TT) RF 242	14 +/- 2Erl	14 +/- 2Erl	19 +/-3 Erl	Para efeito de comparação
Efic. Orig. RF 242	98,40%	98,8 +/- 0,5%	99,5 +/- 0,2%	(>98%) Dependendo do dia, pequena variação
Efic. Term. RF 242	100%	99,7 +/- 0,2%	100%	(>98,5%) Sem influência negativa
Nº de Quedas RF 242	0 / 1	2 / 3 / 2	3 / 5 / 3	Sem influência negativa
Taxa de Quedas RF 242	0,15 +/- 0,15	0,5 +/- 0,1	0,5 +/- 0,2	Sem influência negativa
Noise Rise Médio RF 242	0,9 +/- 0,2	1,2 +/- 0,1	1,6 +/- 0,2	(<1,1) Sem influência negativa
Noise Rise Pico RF 242	2 +/- 0,8	1,9 +/- 0,1	2,7 +/- 0,2	(<2,8) Dependendo do dia, pequena variação

Os resultados obtidos nos testes de influência das portadoras GSM no sistema CDMA (GSM → CDMA) indicam que uma banda de guarda de 85 kHz entre os sistemas CDMA e GSM foi suficiente para garantir a não interferência do sistema GSM no CDMA, (supondo condições normais de funcionamento do equipamento rádio GSM). As variações observadas nos indicadores de qualidade do sistema CDMA – entre as situações em que o GSM estava ativo e não ativo – foram mínimas, além de aparentemente não correlacionadas com a irradiação ou não do sinal do sistema GSM (uma vez que em alguns casos os indicadores foram melhores quando o GSM estava ativo). As flutuações observadas, portanto estão muito provavelmente relacionadas às oscilações do tráfego nas portadoras CDMA monitoradas.

A redução da Banda de Guarda GSM/CDMA de 270 kHz para 85 kHz permitirá o uso de mais 2 portadoras GSM (ARFCN 139 e 179) nos locais onde há 6 portadoras CDMA (5RF1xRTT + 1RF1xEVDO), levando a um total de 21 canais (supondo que a Banda de Guarda de 100kHz seja suficiente em relação ao TDMA da Banda B).

Pela Teoria a redução mínima teórica de 125 kHz para 85 kHz, nos permite um ganho de 80kHz dos dois lados da portadora. Caso alguma das 6 portadoras não seja utilizada, o “ganho” de portadoras é expresso pelo quadro a seguir:

Tabela 11 - Banda de Guarda x Liberação de Canais GSM

CANALIS CDMA LIBERADOS	CANALIS GSM LIBERADOS		
	GB de 270kHz	GB de 100kHz	GB de 85kHz
Somente RF78 liberada	+5 [140 a 144]	+6 [140 a 145]	+6 [140 a 145]
Somente RF119 liberada	+3 [149 a 151]	+4 [148 a 151]	+5 [148 a 152]
Somente RF160 liberada	+3 [155 a 157]	+5 [154 a 158]	+5 [154 a 158]
Somente RF201 liberada	+3 [161 a 163]	+4 [161 a 164]	+5 [160 a 164]
Somente RF242 liberada	+2 [168 a 169]	+4 [167 a 170]	+4 [167 a 170]

GB - "Guard Band"

3.3.3.3. Estudo Prático da Banda de Guarda entre o GSM e TDMA

Para identificação da Banda de Guarda, a idéia foi utilizar o canal GSM mais próximo possível das frequências utilizadas pelo sistema TDMA. E, em caso de impacto em qualquer um dos dois sistemas, haveria passos de 1 canal TDMA (30 kHz) até que alcançar uma condição satisfatória.

Um teste complementar também exigido foi verificar devido a dificuldades nas instalações das antenas, a isolação entre antenas na vertical e horizontal.



Figura 27- Local dos Testes – Próximo da Formosa-GO

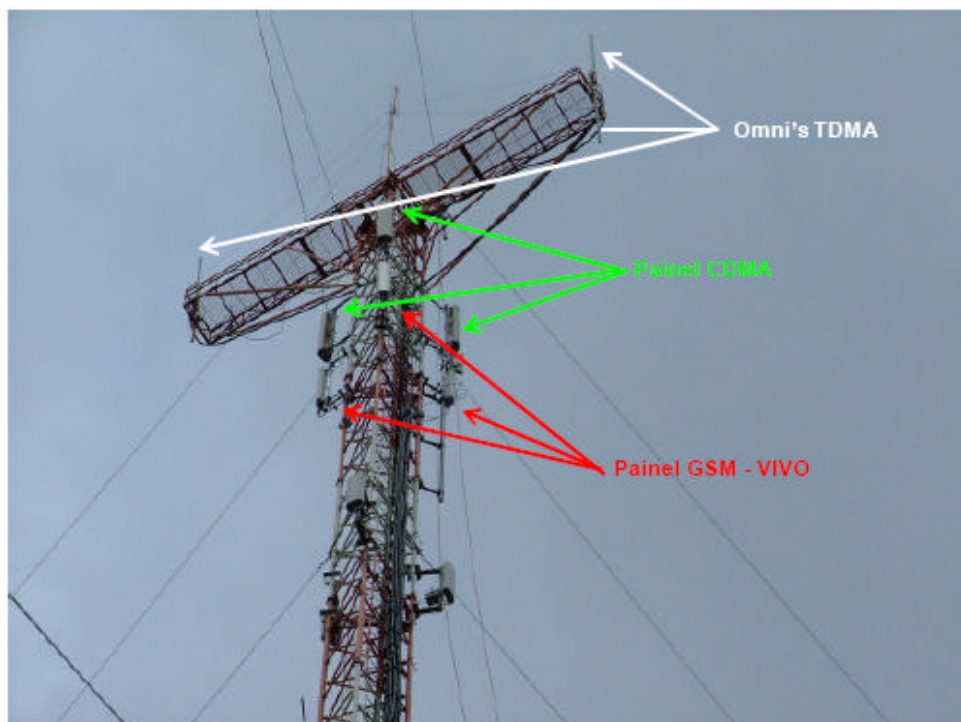


Figura 28 – Visualização das Antenas no Site

Inicialmente foi indicada pela Ericsson banda de guarda de 200 kHz entre os canais GSM e AMPS/TDMA. Um valor considerável dada à escassez de banda. O teste de banda de guarda teve o objetivo de identificar a distância mínima entre o GSM e o AMPS/TDMA no espectro de frequência, de forma a garantir a perfeita convivência dos sistemas na faixa dos 850 MHz. E, com este mínimo, conseguir o uso otimizado do espectro de frequência com ganho de canais GSM.

Nos testes a BTS GSM do site GFRD1 na configuração de rádios 112 (dois rádios no setor 3) foi alterada, permanecendo com somente um rádio ativo no setor 3, sintonizado no canal de 200 kHz GSM 139 (frequências centrais de UP:826,400 MHz / DOWN:871,400 MHz), que engloba os canais AMPS/TDMA 44, 45, 46, 47 (coincide com a frequência central), 48, 49 e 50.

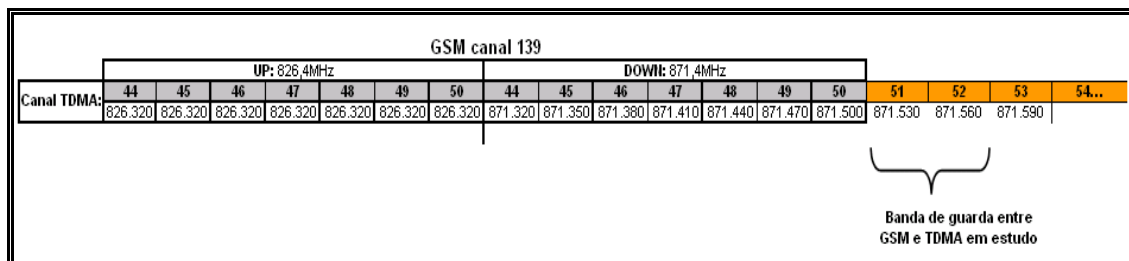


Figura 29 - Distribuição espectral para o teste

A banda de guarda mínima passa a existir com a ativação do canal AMPS/TDMA mais próximo o possível com espaço mínimo de 30 kHz. Ou seja, o canal 52 (frequências centrais de UP:826,560 MHz / DOWN:871,560 MHz) é o eleito como o mais próximo ativo, com o canal 51 garantindo a distância em frequência mínima.

Deve estar claro que não existirá um casamento perfeito entre o ARFCN (*Absolute RF Channel Number*) GSM e o TDMA, podendo causar acréscimos com relação ao verdadeiro espaçamento espectral entre canais. Ou seja, o DOWNLINK do GSM – canal 139 termina na frequência de 871,500. O DOWNLINK TDMA mais próximo é o TDMA – canal 51, na frequência central de 871,530 MHz, que começa em 871,515. Entre eles existe um total de $871,515 \text{ MHz} - 871,500 = 0,015 \text{ MHz}$ de espaçamento extra, além dos canais 51 ($30 \text{ kHz} + 15 \text{ kHz} = 45 \text{ kHz}$), ou 51 + 52 ($60 \text{ kHz} + 15 \text{ kHz} = 75 \text{ kHz}$), etc.

A BTS AMPS/TDMA com 13 canais ativos sofreu nova sintonia dos rádios de forma a garantir a distribuição acima. Durante os testes, o incremento da banda de guarda acontece quando se torna ativo, por exemplo, o canal 53 e se mantem inativos os canais 51 e 52 (total aproximado de 60 kHz de guarda). Ou ainda, ativou-se o canal 54 e mantiveram-se os canais 51, 52, e 53 inativos (total aproximado de 90 kHz de guarda). E, assim por diante.

Com testes parado na própria BTS, percebeu-se que o canal 51 era bastante interferido, mudando o canal possível para 52. Realizou-se teste na rodovia com TEMS, equipamento de drive test. Segue o resultado na Figura 30:

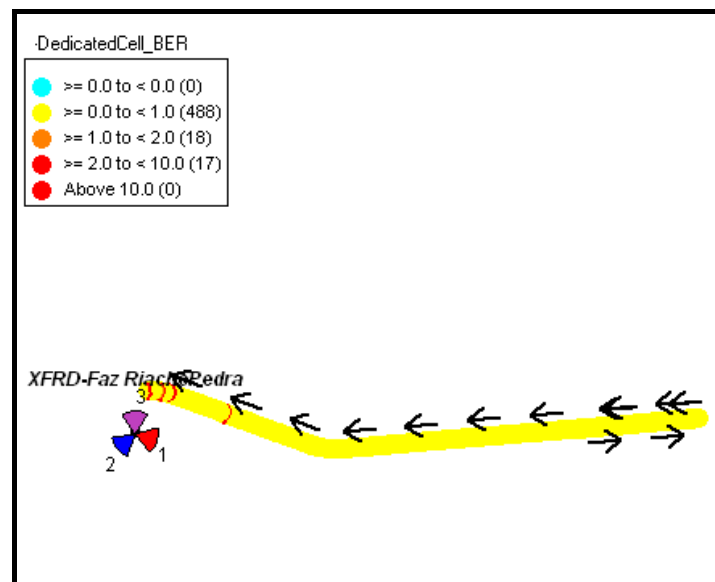


Figura 30 – Taxa de Erro do Canal 52

O plot acima se refere à BER (Bit Error Rate) e observa-se taxa ruim nas proximidades do site. O RSSI do GSM estava com nível superior ao TDMA, assim o resultado comprova a tese que em cenários de diferença de potência entre portadoras próximas a situação se agrava. O canal TDMA estava na antena Omni e o GSM em antena Paineis na direção dos pontos ruins.

À medida que se distancia da direção da antena do GSM e o sinal da Omni passa a ser mais forte o TDMA melhora a qualidade.

O plot da Figura 31 reporta a saída do móvel do canal de controle 52. Devido ao BER elevado nas proximidades do site o móvel perde a sinalização com o canal de controle e busca outro canal. Observa-se então pontos de reSeleção devido interferência do GSM na faixa do TDMA se mantida guarda de 30 kHz.

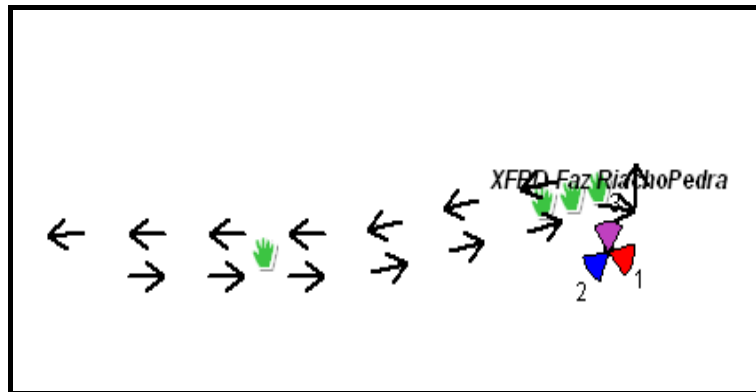


Figura 31 - ilustra a reSeleção do móvel devido BER

Conclui-se assim que o canal 52 também não poderia ser utilizado, aumentando a banda de guarda para 60 kHz diretos (2 canais TDMA – 51 – 52). Com o analisador de espectro observa-se na Figura 32 que o canal 52 ativo é afetado pela portadora de 200 kHz do canal 139 GSM. Comprovando mais uma vez a vulnerabilidade de uma banda de apenas 30 kHz.

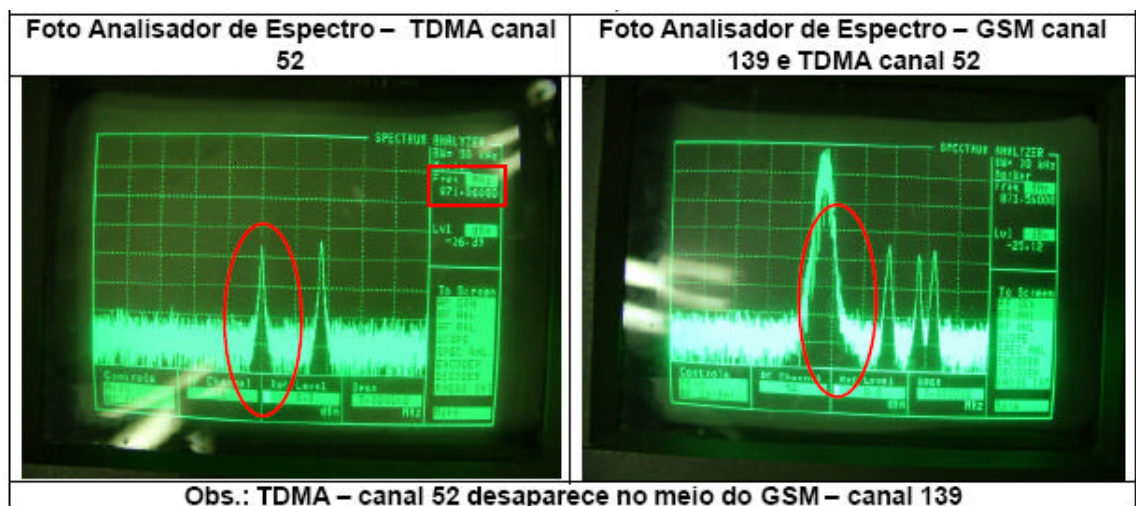


Figura 32 - Analisador de Espectro – Canal 52 interferido pelo GSM

O mesmo é comprovado no Scan (Figura 33) do Equipamento de Drive (TEMS). O canal 52 aparece com nível de -89dBm, mesmo com a portadora TDMA do canal desligada. O canal GSM acaba elevando bastante o piso de ruído para o canal 52, enquanto o canal 53 tem seu piso em -100 dBm, não causaria tantos problemas se tiver que usá-lo.

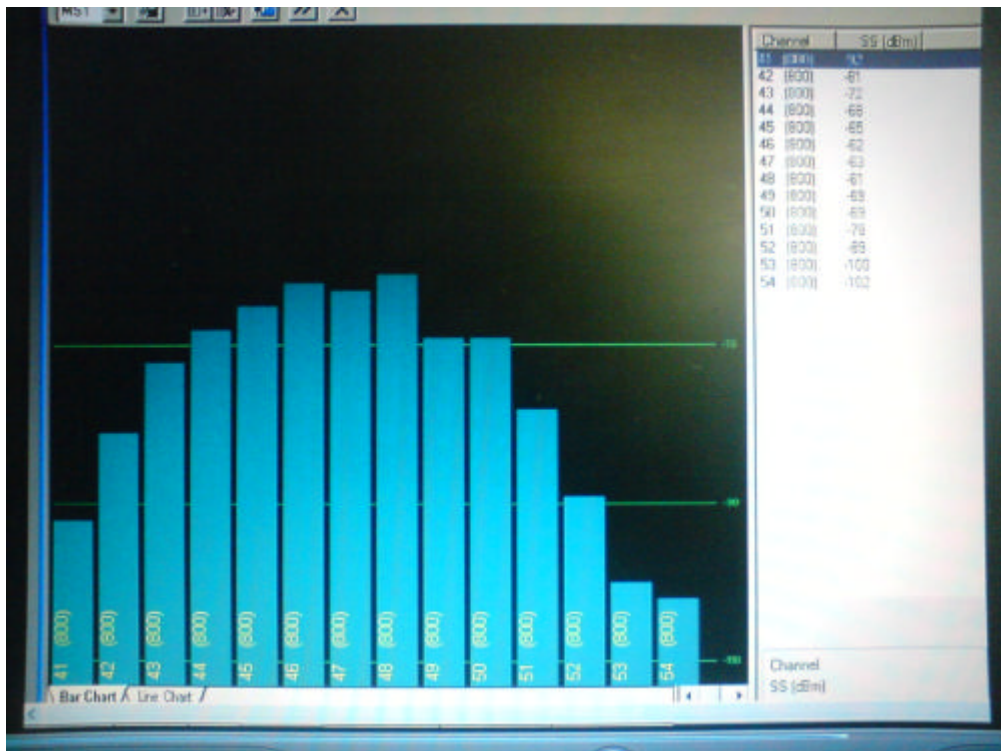


Figura 33 -Scan do Equipamento de drive– Canal 52 interferido pelo GSM

Os testes demonstrados neste relatório foram realizados utilizando o canal 139 do GSM e o canal 53 do TDMA, perfazendo assim uma banda de guarda de 75 kHz. Neste teste não foi verificada a degradação dos canais do TDMA e do GSM durante as rotas de Drive-test. No TDMA a Vivo também utilizou-se do recurso de um analisador de espectro. Vale ressaltar que neste tipo de teste tanto a portadora como a suposta interferidora estão sob o mesmo *path loss* dificultando análise em situações de interferência causadas por assimetrias no relevo em diferentes sites.

Os resultados apresentados foram os seguintes:

- Canal 139: Sem degradação do TDMA.

- Canal 53: Sem degradação do GSM.

Portanto, uma Banda de Guarda de 75 kHz sob condições subutilizadas de tráfego e propagação (antenas instaladas no mesmo sistema irradiante) não apresentou indicações de degradação no sistema GSM.

3.3.4. INFRA-ESTRUTURA PARA OVERLAY DA REDE GSM

A nova rede GSM 850 foi implantada em sobreposição às redes TDMA/CDMA existentes na VIVO, aproveitando, sempre que possível, a infra-estrutura já disponível e evitando, ao máximo, qualquer forma de impacto e custos excessivos. Alguns estudos deveriam ser feitos:

- espaço para um bastidor de nova tecnologia
- renegociar aluguéis por ocupação de mais espaço, uma vez que os sites possuíam bastidores TDMA (Nortel) , CDMA (Motorola) e agora GSM (Ericsson)
- decisão por modelos de equipamento: 2106 (outdoor) ou 2206 (indoor) de acordo com a estratégia de ocupação dos sites
- verificação de instalação de novas antenas
- verificação de novos sistemas irradiantes
- verificação das cargas das torres (AEV)
- viabilidade de utilizar separação vertical menor que 1 metro entre as antenas CDMA e GSM, para garantir a isolamento adequada entre elas.
- utilização de um combinador Híbrido para combinação das portadoras CDMA e GSM em uma mesma antena.
- funcionamento dos diplexer Andrew e Ericsson sem a carga de acoplamento.

3.3.4.1. Testes de Isolação das Antenas

Os testes de isolamento comprovam de maneira prática a distância mínima vertical e horizontal que antenas podem distar uma das outras nas estruturas das torres, evitando acoplamento magnético,

fonte de interferência, que prejudica a relação sinal/ruído (C/I). Neste caso, foram levantadas para antenas omni-direcionais e setorizadas. Ilustra-se na Figura 34 o distanciamento.



Figura 34 - Testes de Isolação entre Sistemas

Quando existe compartilhamento de uma mesma infra-estrutura de sistema irradiante, existem restrições no que diz respeito às isolações entre as antenas de diferentes tecnologias, ou seja, o nível de transmissão do sistema interferente não deve degradar a recepção do sistema interferido, em outras palavras, o TX do GSM não deve interferir no RX do CDMA e vice-versa. É recomendável que essa isolação seja maior que 30 dB e isso pode ser obtido simplesmente com distanciamento horizontal e vertical entre as antenas.

Distanciamento Horizontal para Banda de 850MHz recomendada de acordo com cálculos matemáticos:

- Horizontal – 3 metros
- Vertical – 1 metro

A isolação mencionada não resolve os impactos de geração de espúrios e intermodulações gerados por equipamentos de transmissão CDMA e GSM. Além do distanciamento recomendado, pode ser necessária a utilização de filtros.

A teoria de isolação de antenas simplificada é deduzida pelas equações matemáticas :

a) Isolação Vertical

$$I_v = 28 + 40 \log (d_v / \lambda) \quad (\text{eq. 7})$$

onde d_v é a distância vertical e λ o comprimento de onda.

b) Isolação Horizontal

$$I_h = 22 + 20 \log (d_h / \lambda) - G_{tx} - G_{rx} \quad (\text{eq. 8})$$

Onde d_h é a distância horizontal, G_{tx} é ganho da antena de tx e G_{rx} é o ganho da antena de rx.

O tabelamento das equações permite chegar aos resultados :

H Distance (meter)	H Isolation (dB)	V Distance (meter)	V Isolation (dB)
1	43.42	1	60.84
2	49.44	2	72.88
3	52.96	3	79.93
4	55.46	4	84.92
5	57.40	5	88.80
6	58.98	6	91.97
7	60.32	7	94.64
10	63.42	10	100.84
50	77.40		
100	83.42		
200	89.44		
500	97.40		

No intuito de validar as isolações mínimas necessárias testes foram feitos conforme ilustrado na Figura 34. Com a variação do distanciamento das antenas, drive test foram realizados e indicadores analisados. Os testes de espaçamento vertical entre antenas com sistemas GSM e CDMA ativos indicaram que na distância de 0,5 metros não ocorreu degradação de nenhum dos sistemas. Considerando que estes testes foram realizados em condições em cenário otimista (rede GSM sem tráfego e em períodos limitados), é recomendável que seja mantido a orientação atual de espaçamento vertical de 1 metro. Comprovam-se os resultados na tabela 12:

Tabela 12 - Resultado da Isolação Vertical

- Isolação Vertical		
Medidas com Analisador de Espectro		
(Fonte geradora = BTS TDMA na antena Andrew DB858DG90ESX)		
Distância Vertical entre Antenas	Valor Medido	Isolação
10 cm	-30,5 dBm	73,0 dB
30 cm	-34,4 dBm	76,9 dB
50 cm	-30,3 dBm	72,8 dB
70 cm	-37,5 dBm	80,0 dB
90 cm	-40,5 dBm	83,0 dB
100 cm	-40,1 dBm	82,6 dB
120 cm	-40,0 dBm	82,5 dB
150 cm	-39,5 dBm	82,0 dB

Em casos de limitação de infra-estrutura, ou seja, a inviabilidade de instalação com a distância mínima de 1 metro, pode ser considerada a possibilidade de instalação da nova antena GSM a distância vertical de 0,5 metros entre a antena CDMA. Essa hipótese deve ser considerada como exceção e não como regra e também seria indispensável a aprovação do grupo de RF.

Os testes de espaçamento horizontal entre antenas com sistemas GSM e TDMA ativos indicaram que na distância de 2 metros não ocorreu degradação de nenhum dos sistemas. Considerando que estes testes foram realizados em condições em cenário otimista (rede GSM sem tráfego e em períodos limitados), é recomendável que seja mantido a orientação atual de espaçamento horizontal de 3 metros. Comprovam-se os testes na tabela 13:

Tabela 13 - Resultado da Isolação Horizontal

Isolação Horizontal		
Medidas com Analisador de Espectro		
(Fonte geradora = BTS GSM na antena Andrew DBXLH-9090B-VTM)		
Distância Vertical entre Antenas	Valor Medido	Isolação
1,0 m	-20,0 dBm	62,5 dB
1,5 m	-27,0 dBm	69,0 dB
2,0 m	-30,0 dBm	72,5 dB
2,5 m	-31,0 dBm	73,5 dB
3,0 m	-30,0 dBm	72,5 dB

Em casos de limitação de infra-estrutura, ou seja, a inviabilidade de instalação com a distância mínima de 3 metros, pode ser considerada a possibilidade de instalação da nova antena GSM, considerando as condições do teste e os cálculos de isolação, à distância de 2,0 metros entre as antenas de GSM e TDMA. Essa hipótese deve ser considerada como exceção e não como regra e também seria indispensável a aprovação do grupo de RF.

3.3.4.2. Utilização de Combinador Híbrido

O Combinador Híbrido (denominado EHCU . External Hybrid Combiner Unit) é um elemento que tem como objetivo a combinação e distribuição de sistemas de alta potência. Testes de compartilhamento de antenas para as tecnologias GSM e CDMA (utilização de 1 antena por setor para as duas tecnologias) foram realizados através da utilização do EHCU como elemento do sistema irradiante. (Figura 35)



Figura 35 - Ilustração de um combinador híbrido

Existem sites que inviabilizam a adição de um novo sistema irradiante em sua infra-estrutura. Para a solução de alguns desses casos, a utilização do combinador híbrido se faz necessário.

Em termos de performance, o EHCU manterá a isolamento necessária entre os sistemas, porém será inserida perda de aproximadamente 3dB devido a utilização do mesmo.

O combinador híbrido combinará a portadora GSM e CDMA em um único ramo de transmissão. Portanto, o teste tem o objetivo de verificar o comportamento do GSM e do CDMA quando combinados e transmitidos em uma única antena. Vale ressaltar que quando utilizado o combinador Híbrido existirá uma perda de até 3.3 dB para as portadoras CDMA e GSM. A montagem do sistema irradiante com o uso do EHCU é ilustrado na Figura 36.

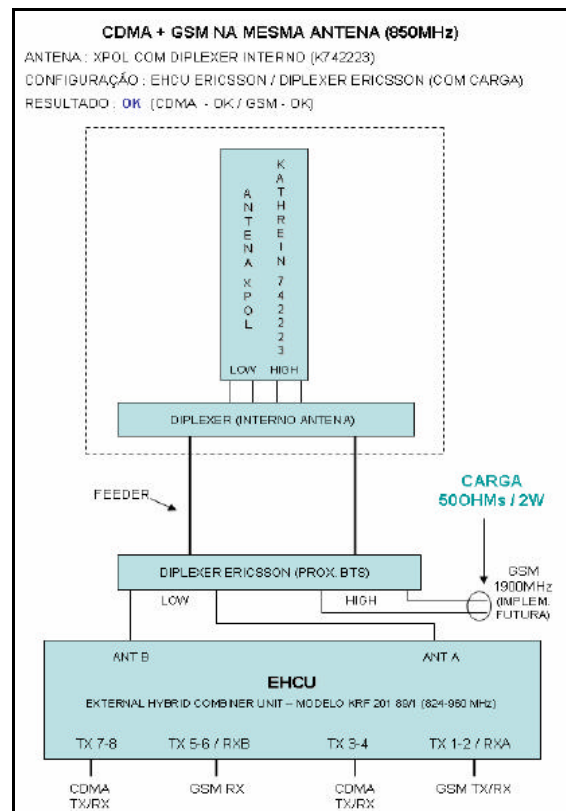


Figura 36 - Utilização do Combinador no Sistema Irradiante

Os testes foram realizados de modo a contemplar os equipamentos de diferentes fabricantes. Verificou-se a necessidade de uma carga de 50 Ohms/2W quando utilizado o Diplexer Ericsson. A seguir são apresentadas as diversas configurações de teste, assim como os resultados obtidos:

Tabela 14 - Resultado do uso do EHCU

Configuração	Resultado	Carga 50ohms/2W no Diplexer (freq. Alta)
EHCU Ericsson + Diplexer Ericsson Down / Antena com Diplexer Interno	OK	SIM
EHCU Ericsson + Diplexer Andrew Down / Antena com Diplexer Interno	OK	NÃO
EHCU Ericsson + Diplexer Andrew UP&Down / Antena sem Diplexer Interno	OK	NÃO
EHCU Ericsson + Diplexer AndrewUP&EricssonDown / Antena sem Diplexer Interno	OK	NÃO

Assim comprovou-se que o uso do EHCU não é prejudicial na performance das chamadas, podendo ser um recurso na facilidade de infra-estrutura. Ressaltando apenas uma perda na potência irradiada.

3.3.4.3. Soluções no Uso de Antenas

Para garantir a máxima performance da nova rede o ideal é a instalação de novas antenas e sistemas irradiantes novos. Porém nem todas as torres poderiam suportar novos lances de cabos coaxiais ou antenas dual pol dual band.

Aspectos avaliados:

- diversidade
- garantir uso futuro da banda de 1.9 GHz
- espaço em torre
- aproveitamento de antenas
- perda com combinadores e diplex

Vários cenários foram traçados de forma a atender caso a caso, num total de 24 soluções diferenciadas. Veja as principais soluções que resolveriam vários casos (Figura 37):

Solução 0 – Antenas novas X-Pol exclusivas ao GSM

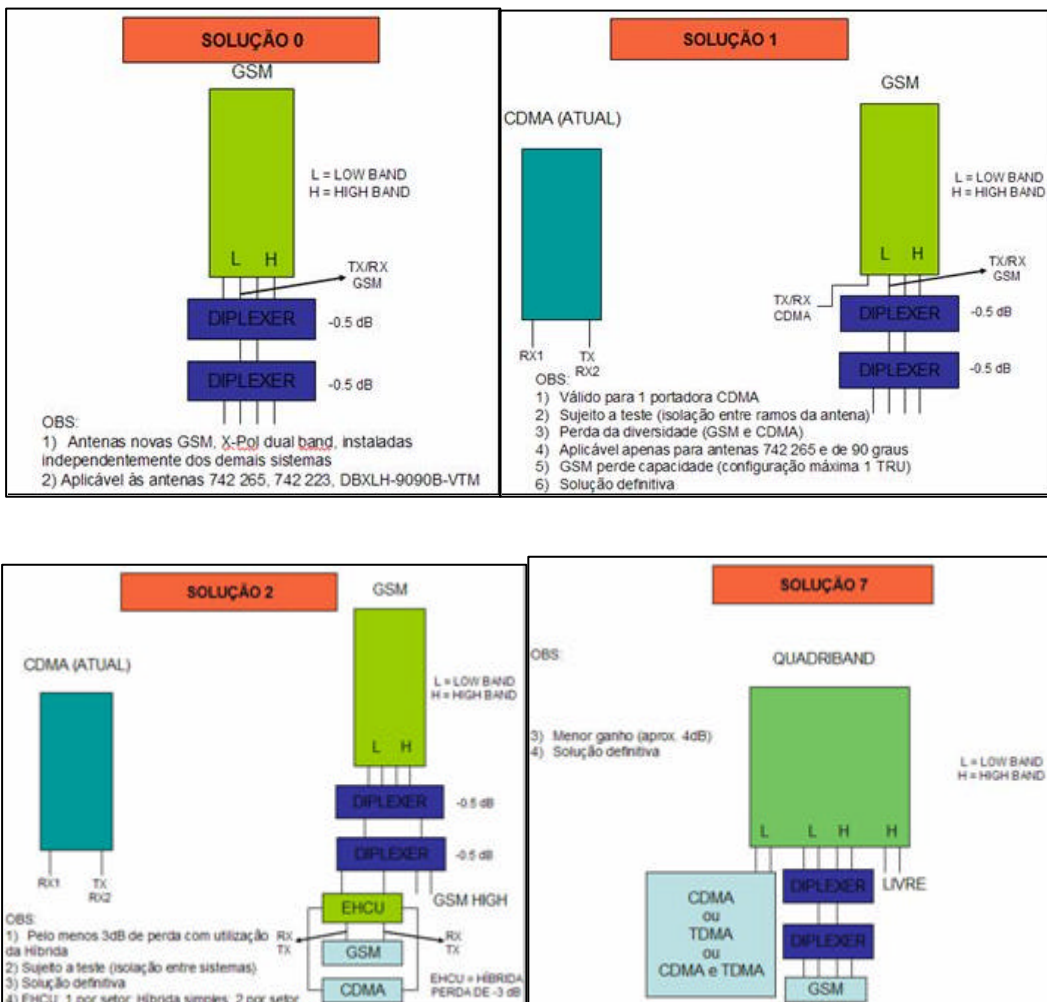
Solução 1 – Substituição da antena CDMA por uma dual band, usada por ambas as tecnologias porém restringindo suas diversidades

Solução 2 – Substituição da antenna CDMA por uma dual band, usada por ambas as tecnologias porém acrescenta-se o EHCU permitindo maior capacidade das tecnologias com perda de 3dB.

Solução 7 – uso de antenna Quadri Band que representa 4 antenas de polarização cruzada. Permite uma série de combinações preservando capacidade e diversidade.

Solução 12 – aproveitamento da antenna usada pelo CDMA e com acréscimo do EHCU combinar o CDMA e GSM.

Solução 15 - Substituição da antenna TDMA por uma dual band, usada por ambas as tecnologias, porém acrescenta-se o EHCU permitindo maior capacidade das tecnologias com perda de 3dB.



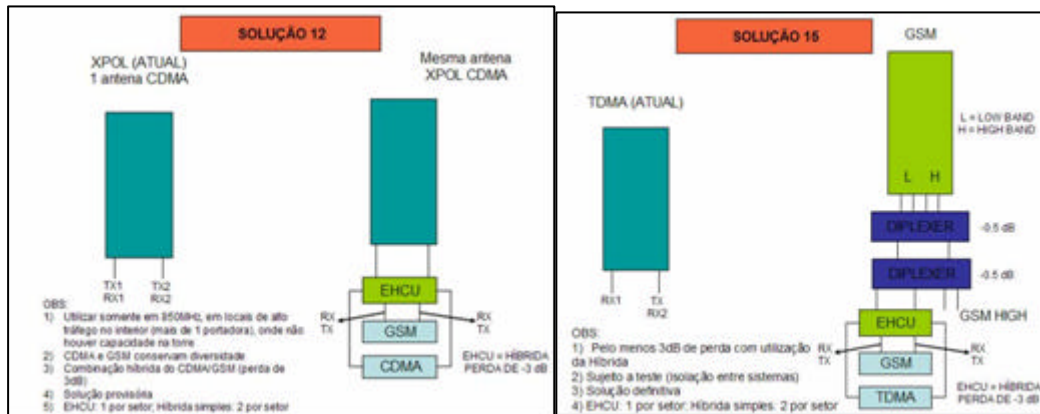


Figura 37 - Soluções no uso de Antenas

3.4. EXPANSÃO DE REDE:

3.4.1. PLANEJAMENTO 2006

Para o projeto da rede GSM foi considerado um overlay de 1:1 de todas as estações. Assim um projeto coordenado de forma a manter a cobertura GSM igual ao do CDMA.

A questão pendente era como dimensionar o tráfego da rede, tendo disponíveis apenas 3,6 MHz, correspondentes a 18 canais. Por ser uma tecnologia TDMA, qual seria o plano de reuso? As redes TDMA trabalham em geral com reuso $N=7$, levando-se em consideração um C/I de 18 dB, porém com a disponibilização de mais de 300 canais e não apenas 18.

Teoricamente, pesquisando nas referências bibliográficas consagradas na área, supunha-se rede com reuso $N=3$, chamado de 3/9. Assim 9 canais seriam utilizados como BCCH e outros 9 canais poderiam permitir expansão de capacidade, sem o uso do frequency hopping e atingir a configuração 2/2/2 em toda a rede, entende-se assim dois rádios por setor. Esta designação informa a quantidade de rádios por setor das BTS.

O tráfego comutado previsto para o DF na primeira etapa foi de 2.991 erlangs, num total de 193 BTS. Porém qual a quantidade de rádios ou tráfego que cada uma das BTS iria cursar. Uma grande discussão comercial se iniciou, pois ficava uma brecha da quantidade de rádios que o fornecedor iria disponibilizar a contratante. Se a proposta era de garantir o tráfego de 2.991

erlangs, a Ericsson deveria ir adequando os sites até o alcance deste tráfego. Porém o tráfego não é uniforme, assim seria inviável a mesma garantir capacidade mínima para todos os sites e monitor necessidade de ampliação diária nas áreas urbanas. Ressalta-se apenas que o tráfego na interface aérea é resultado do tráfego comutado aplicado um fator de RF, geralmente 1,3 num startup.

Após muita negociação a idéia de concílio foi distribuir os 2.991 erlangs nas BTS, considerando o peso de tráfego de cada setor na rede CDMA. Assim saber-se-ia os sites que demandariam maior tráfego e conseqüentemente maior quantidade de rádios (TRXs). Uma vez que o setor alcançasse o tráfego planejado, caberia a VIVO a compra de TRXs adicionais. Por escassez do espectro sabia-se que a configuração máxima de uma BTS seria 2/2/2, correspondente a 33 erlangs aproximadamente nte.

Na Figura 38 tem-se as estruturas de canais, com a designação dos slots e capacidade de tráfego dependendo da quantidade de TRXs.

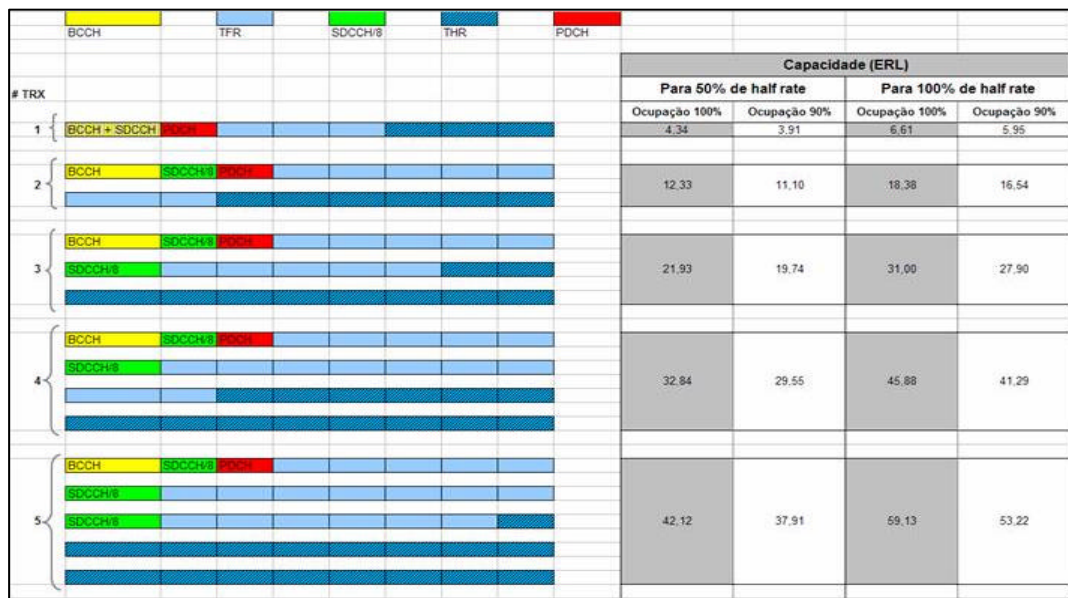


Figura 38 - Estrutura dos Canais GSM e Capacidade

Abaixo os significados dos acrônimos:

BCCH – Canal de sinalização

SDCCH – Canal para troca de mensagens

PDCH – Canal reservado para tráfego de dados

TCH – Canal de tráfego

Configuração do CCCH - Canal de Controle Comum no downlink

O time slot zero da portadora do Broadcast Control Channel (BCCH) é formado por vários canais lógicos a saber:

- Broadcast Channel (BCH): Consiste do Canal de Correção de Frequência (FCCH), Canal de Sincronização (SCH) e do BCCH.
- Canal de Controle Comum (CCCH): Consiste de dois subcanais. Paging Channel (PCH) e Access Grant Channel (AGCH).
- Canal de controle dedicado (DCCH): Consiste do SDCCH, Slow Associated Control Channel (SACCH) e do Cell Broadcast Channel (CBCH), este último apenas caso seja usado o cell broadcast de SMS.
- No caso de uso combinado, haverá o BCCH/SDCCH. Nessa configuração serão combinados o BCH, CCCH and DCCH. Os CCCHs compartilham recursos no multiframe com o SDCCH.

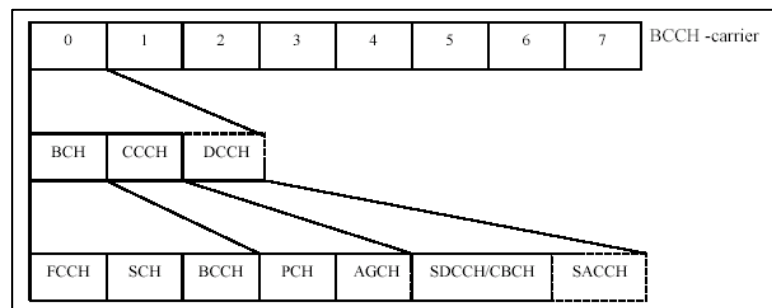


Figura 38 - Mapping dos Canais Lógicos GSM

Destaca-se a combinação de canais no timeslot 0. As linhas pontilhadas são usadas na configuração combinada de BCCH/SDCCH.

Abordando mais detalhadamente o CCCH, as informações que ele transporta são:

- **PCH (Canal de paging):** Canal por onde são transportadas as mensagens de paging que serão encaminhadas aos móveis quando há a necessidade de buscá-los, por exemplo para uma chamada terminada na MS (mobile station).

As mensagens de paging são enviadas ordenadamente em blocos distintos transmitidos em intervalos definidos. Tais blocos são chamados de paging blocks.

- **AGCH (Access Grant Channel):** É um sub-canal de down link usado exclusivamente para o sistema entregar ao móvel um recurso para que o call setup possa prosseguir.

No processo de setup de chamada, o móvel faz inicialmente uma solicitação de acesso no RACH (ocupa o CCCH apenas no uplink). Esta solicitação informa ao sistema que o móvel em questão quer estabelecer uma chamada e que necessita de recursos para tal.

No sistema GSM, o recurso que o sistema disponibiliza para que o móvel dê continuidade ao estabelecimento de chamada é o SDCCH.

Após o móvel fazer uma solicitação de acesso através de um RACH, ele vai tentar ouvir o AGCH para ver se o recurso que ele pediu (SDCCH) será disponibilizado ou não. No caso de ser disponibilizado, o SDCCH informará ao móvel qual a portadora na qual ele deve se sintonizar para estabelecer a chamada.

Este canal compartilha recursos no CCCH com o sub-canal de paging, mas o AGCH tem maior prioridade.

3.4.2. PLANEJAMENTO 2007

A otimização de RF da Ericsson buscou a implantação ideal de reuso 3/9. Porém o Initial Tuning da rede mostrou em estatísticas e drives que o havia uma deficiência por na qualidade do “downlink”. Ou seja, problema com co-canais BCCHs, uma vez que a cada três (3) sites haveria reuso de frequências. Como inicialmente não precisar-se-ia de 2/2/2 em todos os sites a solução

foi aumentar o reuso para 15 canais em BCCH em modo free planning. Os demais canais (três restantes), para uso de 2° TRX quando necessário.

Antes mesmo da finalização da implantação da primeira etapa, a VIVO contratou o fornecedor para uma capacidade até o final de 2007. No caso do DF a capacidade subiria para 6.031 erlangs. Mas para tal a configuração das BTS deveriam contemplar um máximo de 4/4/4.

Uma nova discussão foi definir quantos canais seriam suficientes, qual o espectro necessário para atingir uma configuração 4/4/4:

- 28 canais em 5.6 MHz – condição de uso de canais adjacentes no Hopping – 2MHz adicionais
- 32 canais em 6.4 MHz – condição ótima para não utilizar canais adjacentes – 2.8 MHz adicionais

Em Brasília a liberação de 2.8 MHz seria inviável, a não ser pela desativação total do TDMA. Como não era viável comercialmente nem legalmente, optou-se na liberação de 2MHz adicionais.

Para isso seriam necessários:

- desativação da 3° Portadora CDMA (201), liberando 1,25 MHz
- desativação de 25 canais TDMA, liberando 750 kHz
- permitiria a adição de novos 10 canais

Com a migração de assinantes e tráfego para a rede GSM, era inevitável a expansão da rede Ericsson. Em contrapartida se teve uma queda no tráfego CDMA, que permitiu a desativação da 3° portadora.

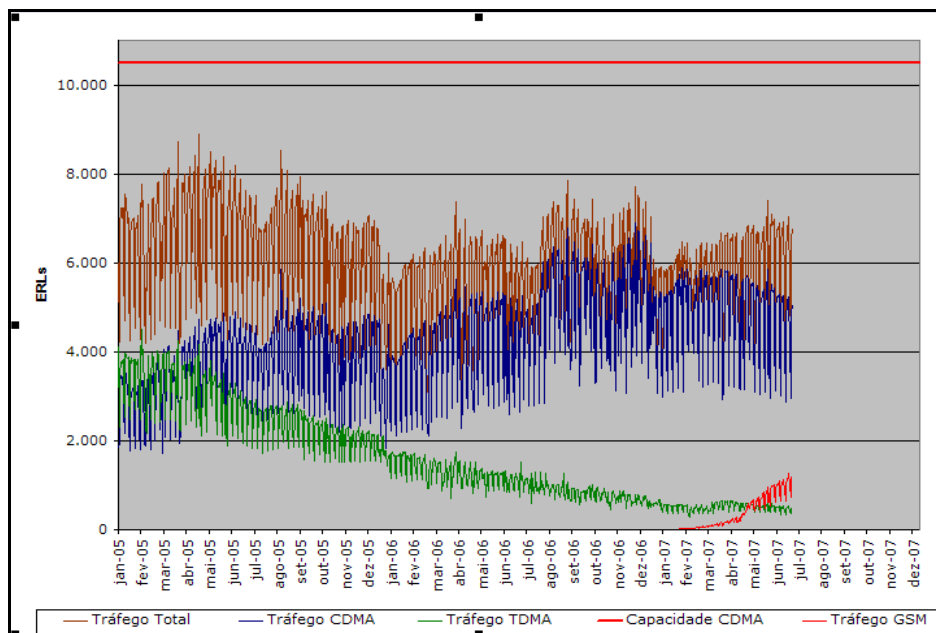


Figura 39 - Acompanhamento do Tráfego da Rede

Análise do tráfego no tempo (Figura 39):

- . Até Abril de 2005 o maior tráfego pertencia à rede TDMA
- . No final de Abril de 2005 o TDMA e CDMA se iguaram com aproximadamente 4.000 erlangs cada.
- . Inicia-se uma queda agressiva no tráfego TDMA, uma vez considerada tecnologia morta.
- . Em setembro de 2006 apenas o CDMA cursava 7.000 erlangs
- . Em fevereiro de 2007 iniciam-se as vendas do GSM na rede. No momento a rede cursava 6.500 erlangs divididos: 800 erlangs TDMA e 5700 erlangs CDMA.
- . Em julho de 2007 o tráfego CDMA se estabiliza em 5.000 erlangs e a GSM ultrapassa os 1.000 erlangs.
- . Em novembro a rede GSM estava cursando acima de 3.000 erlangs

Com a reavaliação dos tráfegos cursados por todas as tecnologias, uma nova configuração do espectro de frequências foi definida e implementada. Assim foi possível o incremento dos novos

10 canais GSM ao fornecedor em agosto. Veja na ilustração da Figura 40 como está o espectro de frequências.

PLANO DE FREQUÊNCIAS DF																																	
Grupo																																	
Sector	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3									
Canais	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	128 a 139								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24									
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48									
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72									
	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96									
	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120									
	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144									
	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	156 a 164								
	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192									
	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216									
	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240									
	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264									
	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288									
	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	233 a 239								
	Canais Banda A'	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705								
706		707	708	709	710	711	712	713	714	715	716																						
Canais TDMA	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333												

283 Primeira Portadora 1X

242 Segunda Portadora 1X

79 EVDO

TDMA

Banda de Guarda

Portadora GSM - Total 28 (128-139 + 156-164 + 233-239)

Figura 40 - Plano de Frequências para 2007

Com apenas dois (2) canais de tráfego por subgrupo, a capacidade TDMA por setor sem empréstimos de frequências foi reduzida para 2,28 erlangs.

Por setor ter-se-ia as capacidades:

- TDMA = 2,28 erlangs
- CDMA = 60 erlangs
- GSM = 19,74 erlangs (expansível a 29,55)
- Total = 82 erlangs por setor

A estratégia para manter a qualidade do GSM com aumento de tráfego foi:

- alteração de “reuso” 5/15 para 6/18 para maximizar qualidade
- ativação do Frequency Hopping (12 canais) para maximizar capacidade

Segue na Figura 41 o plano de Hopping adotado estrategicamente para garantir a capacidade de até quatro rádios por setor (4/4/4), sendo 1 canal BCCH e até 3 canais TCHs :

		SETORES			
		MAIO	1	2	
BCCHS - REUSE 18 - FREE PLANNING	128				
	129				
	130				
	131	0	→ 153	153	153
	132	1	154	154	154
	133	2	155	→ 155	155
	134	3	156	156	156
	135	4	157	157	→ 157
	136	5	→ 158	158	158
	137	6	159	→ 159	159
	138	7	160	160	→ 160
	139	8	161	161	161
233	9	→ 162	162	162	
234	10	163	→ 163	163	
235	11	164	164	→ 164	
236					
237		3	3	3	TRXs em Hopping
238		1	1	1	BCCH
239		4	4	4	
		Capacidade por setor			

Figura 41 - Mapa de Hopping

Frequency Hopping – Recurso da rede GSM, de forma a alocar para um TRXs frequências diversas alteradas em milisegundos, de acordo com uma lista determinada de canais. Com isso reduz-se ruído dos canais de expansão uma vez que há uma distribuição das interferências em todos os canais de tempos rápidos. Assim consegue-se capacidade com melhor relação sinal ruído. O C/I do Hopping é de 9 dB, mais robusto que o padrão do GSM de 12 dB.

3.4.3. SERVIÇOS DE DADOS

Um grande desafio para o planejamento de engenharia com estratégia do comercial era definir o quanto de tráfego de dados poder-se-ia ofertar. Com o espectro limitado, a engenharia temia uma ocupação excessiva dos canais, prejudicar as vendas e a imagem da empresa. Como estimar o tráfego de dados e associá-lo a capacidade de RF?

A capacidade de RF é calculada em Erlangs, enquanto a estimativa de dados é mensurada em bytes. Para a realização da soma do tráfego de voz e dados na mesma unidade, um modelo matemático foi criado para a conversão do volume de bytes em erlangs. Assim com os valores do

tráfego de dados de cada serviço (WAP-WEB-ZAP-MMS-SMS), a conversão era feita e com a soma do tráfego de voz verificou-se se a rede suportaria ou não a oferta. Segue o modelo matemático:

Tráfego de Dados (EDGE+GPRS) por Setor :

$$T_d = (V_1/R_1 + V_2/R_2) * (P * F * 1024 * 8 / 3600) * (1/300) \quad (\text{eq. 7})$$

Onde :

T_d = Tráfego de dados na HMM por setor

V_1 = volume de dados GPRS mensal na camada de aplicação (Mbytes) – *valor mensal (agrupar o volume de dados de todos os serviços que serão oferecidos com a tecnologia GPRS)*

V_2 = volume de dados EDGE mensal na camada de aplicação (Mbytes) - *valor mensal (agrupar o volume de dados de todos os serviços que serão oferecidos com a tecnologia EDGE)*

R_1 = taxa média tecnologia GPRS (kbps) – *10 kbps*

R_2 = taxa média tecnologia EDGE (kbps) – *30 kbps*

F = fator multiplicativo para levar em consideração o overhead dos protocolos das camadas inferiores e as retransmissões

P = peso de dados (%) na HMM de dados - *serão utilizados os pesos de dados por setor na planta CDMA para espalhamento no estado; permite dimensionamento de RF e BSC*

Observações:

- Considerando a tecnologia GSM e transmissão de dados no BCCH não é preciso estimar fator de interferência entre dados e voz – voz e dados terão o mesmo peso.
- O valor 300 na equação acima corresponde ao fator de conversão de Mbytes Mês para Mbytes HMM – dividir o valor mensal por 30 (dias) e depois dividir por 10 (horas).
Segue na Tabela 15 exemplo da análise, onde 222.725 Mbytes é convertido para 505 erlangs.

Tabela 15 – Dados para Cálculo do Tráfego de Dados

Operadora	TCO
UF	DF
Tráfego de Voz RF HMM - Planej. Dez/07 (Erl)	4.699
Tráfego de Dados RF GPRS HMM - Planej. Dez/07 (Erl Dados)	505
Tráfego de Dados RF EDGE HMM - Planej. Dez/07 (Erl Dados)	0
Tráfego de Dados RF GPRS/EDGE HMM - Planej. Dez/07 (Erl Dados)	505
Dados de Entrada Utilizados	
Operadora	TCO
UF	DF
Tráfego de Voz CX HMM - Planej. Dez/07 (Erl)	4.086
Fator de Mobilid. Voz	1,3
Tráfego de Voz RF HMM - Planej. Dez/07 (Erl)	5.312
Volume Mensal Mbytes GPRS Download Dez/07	222.725
Volume Mensal Mbytes EDGE Download Dez/07	0
Fator de Concentração de Tráfego na HMM	300
Fator Multiplicativo de overhead e retransmis. (F1)	1,15
Taxa média tecnologia GPRS (Kbps) (R1)	10
Taxa média tecnologia EDGE (Kbps) (R2)	30
Fator de Mobilid. Dados (F2)	2,60
Tráfego de Dados GPRS HMM - Planej. Dez/07 (Erl Dados)	505
Tráfego de Dados EDGE HMM - Planej. Dez/07 (Erl Dados)	0
Tráfego de Dados RF GPRS/EDGE HMM - Planej. Dez/07 (Erl Dados)	505

Resolução da Equação com os valores designados para a rede (Tabela 15):

$$(V2/R2)*(P*F*1024*8/3600)*(1/300)$$

$$(222.725/10)*(1,15*2,6*1024*8/3600)*(1/300) = 505 \text{ erlangs}$$

Com o valor calculado, acrescenta-se o mesmo ao previsto para o tráfego de voz, refazendo a distribuição proporcional por setor e verifica-se se a quantidade de TRXs antes previstos seriam suficientes. Não os sendo um reforço no orçamento deve ser solicitado para expansões da capacidade da rede.

A partir da nova distribuição de tráfego se analisa também qual a configuração de PDCHs devem ser considerados. Numa rede GPRS um slot utilizado para PDCH permite uma taxa de aproximadamente 16kbps. Para taxas maiores demandadas pelas aplicações alocações de mais PDCHs são necessárias, porém slots dos canais GSM devem estar disponíveis. Bem como para aplicações EDGE um slot PDCH permite aproximadamente 50 Kbps, assim para alocar 130 Kbps de média, necessitar-se-ia de 3 slots.

Neste planejamento discutiu-se se a melhor opção é deixar slots dedicados ou sob demanda, compartilhando com canais de tráfego de voz, ressaltando que se a quantidade de chamadas no setor for muito elevada, na condição dinâmica, usuários de dados ficarão com taxas baixas.

A tabela 16 detalha um modelo de distribuição de tráfego de voz e dados por setor de cada BTS :

Tabela 16 – Distribuição dos Tráfegos de Dados e Voz

Qualificação do site		Distribuição de tráfego Dados nos setores Base CDMA						Distribuição de tráfego Voz nos setores Base CDMA						Ita de PDCs			
Sigla	Nome do site	Classificação	Peso de tráfego setor_1	Peso de tráfego setor_2	Peso de tráfego setor_3	Tráfego GSM estimado no setor 1	Tráfego GSM estimado no setor 2	Tráfego GSM estimado no setor 3	Peso de tráfego setor_1	Peso de tráfego setor_2	Peso de tráfego setor_3	Tráfego GSM estimado no setor 1	Tráfego GSM estimado no setor 2	Tráfego GSM estimado no setor 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3
DF-TOEITCE	ESTACAO TELEBRASILIA CENTRO	DF	0.1%	0.2%	0.1%	3.5	1.1	2.4	0.4%	0.5%	0.3%	19.37	25.21	10.27	4	2	3
DF-BRRBBR	BANCO DO BRASIL SEDE	DF	0.1%	0.1%	0.1%	0.5	0.3	0.3	0.2%	0.1%	0.1%	12.26	7.57	6.34	1	1	1
DF-SOLXSOL	SC CARLOS LEUIS	DF	0.0%	0.1%	0.0%	0.1	0.4	0.1	0.2%	0.2%	0.1%	15.90	12.24	7.93	1	1	1
DF-POSVPOS	POSTO DE SAUDE L2 SUL	DF	0.0%	0.0%	0.0%	0.1	0.0	0.4	0.0%	0.1%	0.2%	2.10	6.45	13.16	1	1	1
DF-RAJGRAB	RAIOGRABAS	DF	0.3%	0.1%	0.2%	1.4	0.5	1.1	0.4%	0.4%	0.3%	22.76	20.26	26.96	2	1	2
DF-AMBAMB	MINISTERIO DA SAUDE	DF	0.4%	0.1%	0.4%	2.1	0.7	1.8	0.6%	0.2%	0.4%	34.33	12.64	22.44	3	1	2
DF-STFSTF	SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL	DF	0.1%	0.0%	0.0%	0.6	0.0	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	2.47	0.00	0.00	1	0	0
DF-ECNECE	ESCOLA CLASSE SIA SQS48E	DF	0.1%	0.1%	0.1%	0.6	0.3	0.4	0.1%	0.2%	0.2%	7.27	11.50	11.64	1	1	1
DF-TBOBOC	EDIF. SEDE VIVO DF	DF	0.0%	0.1%	0.3%	0.2	0.3	1.4	0.1%	0.1%	0.2%	6.57	3.59	10.34	1	1	2
DF-STJSTJ	SUP. TRIBUNAL DE JUSTICA	DF	0.0%	0.0%	0.0%	0.1	0.1	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	1.13	1.85	6.00	1	1	0
DF-OSNOSN	SQS 201 BL E	DF	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.2	0.2	0.0%	0.1%	0.2%	0.00	6.75	11.00	0	1	1
DF-TDSDSD	SQS 310 BL J	DF	0.0%	0.0%	0.2%	0.2	0.2	0.0	0.1%	0.1%	0.2%	0.40	7.50	9.46	1	1	1
DF-ADTASE	CLUBE ASBAC	DF	0.0%	0.1%	0.0%	0.0	0.6	0.1	0.0%	0.3%	0.1%	0.00	13.91	3.40	0	1	1
DF-SCSCSC	BANCO BRB SCS	DF	0.1%	0.0%	0.1%	0.3	0.1	0.4	0.2%	0.1%	0.1%	10.21	4.00	7.20	1	1	1
DF-AMBAMB	EDIF. MONT BLANC	DF	0.2%	0.2%	0.1%	1.0	1.0	0.3	0.2%	0.1%	0.1%	11.27	5.22	9.56	1	2	1
DF-TSOTSO	ESTACAO TELEBRASIL OESTE	DF	0.1%	0.1%	0.1%	0.3	0.6	0.7	0.2%	0.2%	0.2%	0.54	11.60	13.22	1	1	1
DF-SPLSPU	SENADO FEDERAL 11 J	DF	0.0%	0.0%	0.1%	0.2	0.1	0.3	0.1%	0.1%	0.1%	4.99	5.99	2.64	1	1	1
DF-PBLPBL	SHOPPING PATIO BRASIA	DF	0.2%	0.2%	0.0%	0.8	0.9	0.0	0.1%	0.0%	0.0%	4.31	1.36	0.00	1	1	0
DF-CONCON	CONGRESSO NACIONAL	DF	0.1%	0.0%	0.0%	0.3	0.0	0.1	0.1%	0.1%	0.1%	7.18	5.82	3.20	1	1	1
DF-JUJUJU	JUSTICA FEDERAL	DF	0.1%	0.2%	0.1%	0.3	1.1	0.4	0.2%	0.3%	0.3%	10.12	14.15	13.40	1	2	1
DF-OSNOSN	SQS 202 BL E	DF	0.1%	0.0%	0.0%	0.3	0.1	0.2	0.2%	0.1%	0.1%	8.97	4.50	4.20	1	1	1
DF-LDLDLD	EDIF. LIDER	DF	0.0%	0.0%	0.1%	0.2	0.0	0.0	0.1%	0.0%	0.3%	5.73	8.80	16.00	1	0	1
DF-CSRCSR	EDIFICIO CASA DE SAO PAULO	DF	0.0%	1.0%	0.1%	0.0	0.2	0.7	0.0%	0.6%	0.3%	0.00	31.12	17.05	0	6	1
DF-ESCHERQ	ESCOLA PARQUE 3NE SUL	DF	0.0%	0.1%	0.1%	0.2	0.3	0.3	0.1%	0.2%	0.2%	7.08	14.15	12.79	1	1	1
DF-BRUBRU	BRASIL WHITE DM	DF	0.0%	0.0%	0.0%	0.0	0.0	0.0	0.1%	0.0%	0.0%	4.00	0.00	0.00	1	0	0
DF-ATHATH	EDIFICIO ATHENAS	DF	0.2%	0.1%	0.2%	1.1	0.4	1.0	0.2%	0.1%	0.2%	8.67	2.84	8.50	2	1	2
DF-VILVIL	VILA PLANALTO	DF	0.0%	0.3%	0.1%	0.0	1.5	0.3	0.0%	0.1%	0.1%	2.33	6.54	6.05	1	2	1
DF-MCMCMC	MINISTERIO DAS COMUNICACOES	DF	0.1%	0.2%	0.4%	0.5	0.9	2.1	0.4%	0.3%	0.4%	11.62	13.90	22.78	1	1	3
DF-TNONTN	ESTACAO BRASILIA TELECOM NORTE	DF	0.0%	0.1%	0.1%	0.1	0.3	0.4	0.2%	0.2%	0.4%	11.67	13.83	21.65	1	1	1
DF-UNUNUN	UNIVERSIDADE DE BRASILIA	DF	0.2%	1.7%	0.8%	1.2	8.4	4.3	0.2%	0.2%	0.1%	14.30	11.27	25.20	2	9	5
DF-TOOTOC	ESTACAO CENTRO NORTE	DF	0.4%	0.1%	0.3%	2.1	0.5	1.3	0.5%	0.2%	0.4%	34.29	5.30	23.22	3	1	2
DF-NEERNE	DNER	DF	0.3%	0.2%	0.6%	1.6	0.9	3.3	0.5%	0.2%	0.2%	24.66	12.51	16.70	2	1	4
DF-CCVCCV	Centro de Convenções	DF	0.0%	0.1%	0.0%	0.0	0.3	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.05	0.37	0.00	1	1	0
DF-SCSCSC	SETOR CLUBES SUIA	DF	0.1%	0.0%	0.0%	0.4	0.1	0.0	0.1%	0.1%	0.0%	5.21	3.28	1.10	1	1	1
DF-ACCACC	IMBOCACAO LINEA	DF	0.0%	0.1%	0.0%	0.2	0.3	0.0	0.1%	0.1%	0.0%	3.00	3.94	0.00	1	1	0
DF-CHONCH	SUPERM. CHAMPION SBAN	DF	0.0%	0.1%	0.0%	0.1	0.3	0.1	0.1%	0.2%	0.1%	5.97	9.90	5.02	1	1	1
DF-EVREVR	ESCOLA VIVIER	DF	0.0%	0.0%	0.1%	0.2	0.1	0.7	0.1%	0.2%	0.2%	4.77	9.84	8.90	1	1	1
DF-CTNACTN	SQN 103 BL K	DF	0.0%	0.2%	0.3%	2.3	1.1	1.5	0.3%	0.3%	0.2%	15.20	14.66	8.57	3	2	2
DF-EYBYBY	HOTEL BYBLOS SHN	DF	0.3%	0.1%	0.3%	1.3	0.6	1.6	0.5%	0.3%	0.6%	26.25	16.50	29.42	2	1	2
DF-OSNOSN	SQN 206 BL I	DF	0.0%	0.0%	0.3%	0.0	0.3	1.7	0.0%	0.2%	0.3%	0.00	8.76	16.32	0	1	2
DF-LBLBLM	SHOP. LIBERTY MALL	DF	0.0%	0.0%	0.0%	0.2	0.0	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	2.04	0.00	0.00	1	0	0
DF-BSHBSH	BRASILIA SHOPPING	DF	0.0%	0.0%	0.0%	0.1	0.0	0.0	0.1%	0.0%	0.0%	5.00	0.00	0.00	1	0	0

3.4.4. ALGUNS PROCESSOS DE OTIMIZAÇÃO DA REDE GSM

Após a ativação e crescimento da rede observou-se a necessidade de analisar alguns aspectos novos da nova rede. Suas peculiaridades e particularidades foram aos poucos conhecidas e otimização com features e planejamento foram realizadas. Seguem análises e ações tomadas :

1 – Reuso de Frequências – a disponibilização de apenas 28 canais, sendo apenas 18 canais para BCCH é um desafio para distribuí-los em cerca de 360 setores. Muitos testes e ajuste são necessários, como alteração em tilt e azimute de antenas, ajuste de potência e outros parâmetros.

2 – Extended Range – o padrão de cobertura de uma celular GSM é de 32 KM. Como estações CDMA cobrem até 56 km em alguns casos, reclamações de clientes que migraram para o GSM eram inevitáveis. A limitação dos 32 km não se refere a potência recebida pelo móvel ou pela estação, mas sim pelo atraso do sinal e perda nos burst de dados. Uma feature foi desenvolvida para a correção de atrasos dos dados para distâncias até 120 km

Segue resultado de teste com extended range nas redondezas da cidade de Cristalina. Em locais cerca de 40 KM, onde era inviável a comunicação, após a ativação da Feature se estabeleceu chamadas :

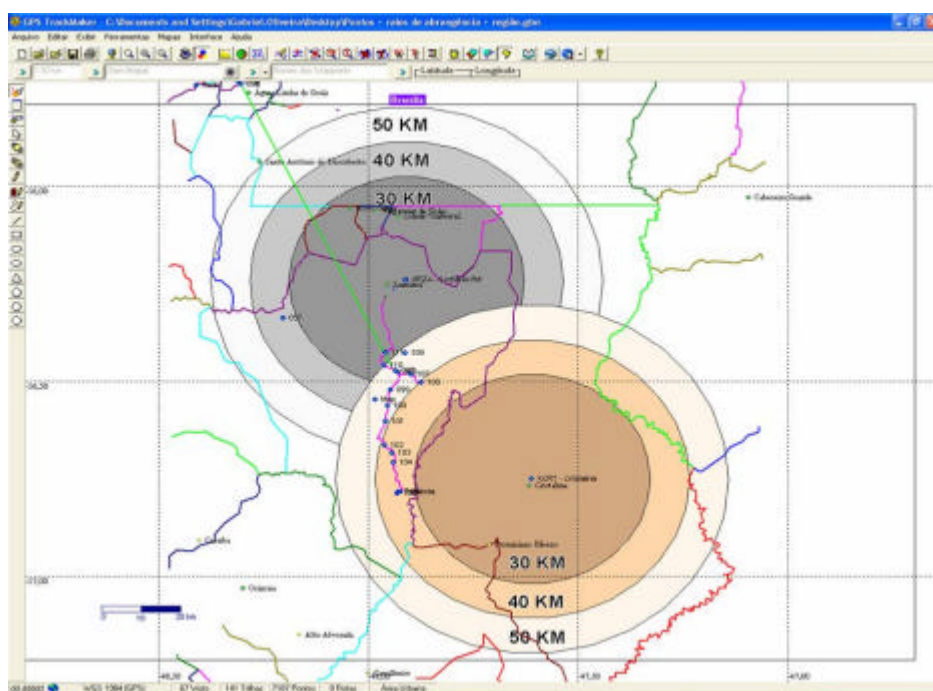


Figura 42 - Testes com Extended Range– Chamadas com raio > 32 km

Tabela 17 – Pontos dos Testes e Condições

RELATÓRIO DE VISITA - CORUMBÁ III - 17/04/07	
Numeração dos pontos analisados	Observações
93	Saída de Luziânia. Aparelho acampado na ERB/Setor 8-3, canal 234 a -91dBm. Não foi possível estabelecer a chamada. A ERB/Setor 50-2 estava com -112dBm.
95	Originou-se a chamada pela ERB/Setor 50-2 e não foi possível realizar o handoff com 8-3.
97	Borda da ERB/Setor 8-3 com 50-2 (acampado com potência em torno de -96dBm). Não foi possível realizar a chamada com o veículo parado, sendo realizada a chamada logo após o início do movimento do carro
98	Borda extrema entre as ERB/Setores 8-3 e 50-2, sendo que este ponto localiza-se no limite de raio da 50-2
99	ERB/Setor 8-2 com potência de -98dBm no canal 129
100	ERB/Setor 8-2 com potência em torno de -100dBm. 8-3 não origina chamada neste ponto
101	Foi possível realizar chamada em 8-2 com -98dBm, canal 129 e 8-3 permanece sem a realização de chamada
103	ERB/Setor 8-3 com -100dBm e canal 234 não é possível realizar chamada
104	Localizado em local alto a ERB/Setor 8-2 oferece -83dBm
105	Porta da Usina Corumbá III. ERB/Setor 8-2 com aproximadamente -80 dBm reforçado, localizado a 35 km de distância de Cristalina
107	1º teste na 8-3. O terminal estacionado conseguia enxergar 8-3 porém não conseguia originar chamada sempre originando através da 8-3.
108	Após acerto das configurações, realização da chamada através da 8-3 com a feature ativada. Impossível a originação sem a feature
110	Handover de 8-3 para 50-2
111	Chamada na ERB/Setor 8-3 com aproximadamente -80dBm de potência e localizando-se a 52 km de distância de Cristalina

3 – Sensibilidade – a sensibilidade da rede GSM é de -102 dBm. Comparando mais uma vez com a Rede CDMA, esta possui sensibilidade próxima a -110 dBm. Com esta diferença de 8 dB, assinantes nas bordas das células ou em locais indoor perdem a rede da operadora. Mais uma necessidade de ajuste para os clientes que migraram nestas situações. Em locais com níveis abaixo do valor de sensibilidade faz com que o móvel saia da rede e entre no modo Emergency Call Only – Buscando Rede ou mesmo tentando ir para concorrente caso seu nível esteja elevado. Neste último caso, ajuste de configuração no terminal do usuário, alterando a busca de rede para modo manual ou restringindo o móvel para banda própria resolve o problema.

4 – Capacidade da Rede – uma vez que o espectro está limitado e a demanda é elevado, alternativas devem ser tomadas para dar capacidade adicional. Uma delas seria adição de novos sites, porém isto demanda enorme custo e tempo. Um recurso que vem sendo utilizado pelas operadoras é a compactação das chamadas, permitindo em um único slot duas chamadas. Para

isso vocoders apropriados são utilizados e o nome dado para este recurso é Half Rate, onde utiliza-se metade do slot quando necessário. Senão a chamada é Full Rate utilizando todo slot.

Os canais de tráfego suportam duas taxas de informação: Completa (Full) e Meia (Half) possibilitando que um canal de RF tenha de 8 canais (Full rate) a 16 (Half rate). O Half rate é implementado pela ocupação alternada do mesmo slot físico por dois canais lógicos.

As taxas de informação para os canais de tráfego (TCH) são:

Tabela 18 – Taxa do Half Rate

	Full rate	Half Rate
Voz	13 kbit/s (22,8 kbit/s bruta)	11,4 kbit/s
Dados	9,6 kbit/s, 4,8 kbit/s e 3,6 kbit/s	4,8 kbit/s e 2,4 kbit/s

No GSM é possível encontrar 3 tipos de codificadores de voz (vocoder): o Enhanced Full Rate (EFR) e o Full Rate com taxa de 13 kbit/s, e o Half Rate com taxa de 9,6 kbit/s.

5 – AMR - Adaptive Multi - Rate (AMR) é um sistema de compressão de dados de áudio otimizado para codificação da voz. AMR foi adotado como Codificados padrão de voz pelo 3GPP em Outubro de 1998 e é amplamente usado em GSM. O mesmo junto com Half Rate garante qualidade de áudio superior. O SQI (Speech Quality Index) é um parâmetro que indica a qualidade da chamada, como uma percepção do usuário. Seu valor em caso ótimo com AMR FR é de 30, e com uso do AMR HR é de 28. Sem o AMR o HR tinha SQI de 17, muito ruim. A diferença de qualidade é fortemente demonstrada pelo gráfico mostrado por fornecedor (Figura 43), onde para C/I de 4 dB, é possível um MOS de 3,5 apropriado para as chamadas, enquanto com EFR necessitar-se-ia de C/I de 10 dB.

O **Mean Opinion Score (MOS)** é a mais conhecida medida da qualidade de voz. É um método subjetivo de teste de qualidade.

Existem dois métodos de teste:

- teste de opinião de conversação;
- teste de opinião de escuta.

Os sujeitos de teste julgam a qualidade da transmissão da voz ao conversarem ou ao ouvirem amostras de voz. Após estes testes, os sujeitos irão qualificar a qualidade da voz de acordo com a seguinte escala:

MOS	Qualidade
5	Excelente
4	Bom
3	Razoável
2	Pobre
1	Mau

O MOS é então avaliado ao calcular a média dos resultados dos sujeitos de teste. Usando esta escala, um resultado de média igual ou superior a 4 é considerado de *toll-quality*. O MOS foi originalmente feito para avaliar a qualidade dos padrões de codificação. Embora sendo subjetivo, o MOS é o teste mais relevante, porque são os humanos que usam a rede de voz e é a opinião humana que conta. No entanto, um teste subjetivo que envolva sujeitos humanos pode exigir o consumo de um tempo excessivo para administrar. Assim sendo, existe um grande interesse em utilizar testes objectivos que sejam usados para avaliarem a qualidade da voz de acordo com a percepção humana.

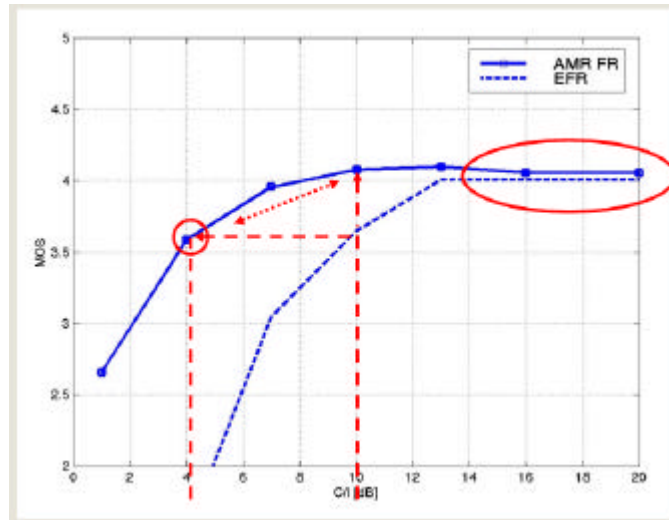


Figura 43 - Ganho de Qualidade entre AMR / EFR[17]

6 – **Dynamic Overlaid/Underlaid Subcell** - A capacidade de tráfego de uma rede celular pode ser aumentada, adicionando mais frequências obviamente, porém quando o reuso é intenso e a quantidade de canais limitada a solução não é tão simples.

A técnica permite a designação de canais em layers com potências distintas. Recurso similar foi introduzido na rede TDMA com mesmo objetivo. Desta forma canais adicionais são ativados com potências menores, intensificando o reuso, mas sem maiores impactos na qualidade da rede uma vez que sua cobertura é restrita. Observa-se na ilustração a sobreposição dos canais Overlaid e Underlaid.

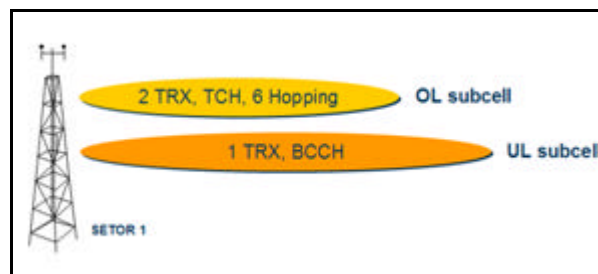


Figura 44 - Ilustração da Hierarquia Overlaid / Underlaid

O setor 1 do exemplo ilustrado possui três canais, um BCCH com potência maior e outros dois TCH com potência menor e consequentemente cobertura inferior, com objetivo de absorção de tráfego. Na Figura 45 observa-se as potências e coberturas dos layers, como exemplo.

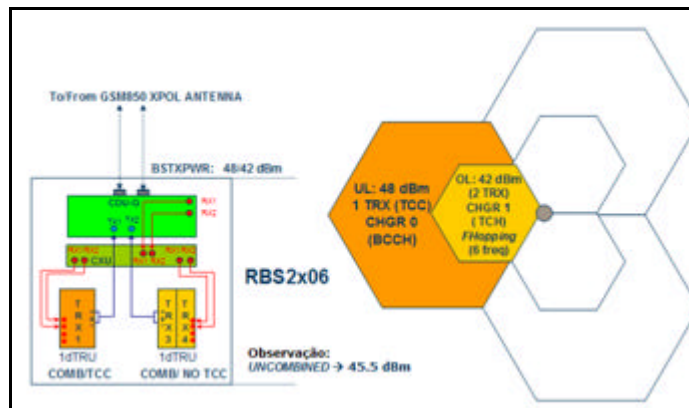


Figura 45 - Ilustração da Diferença de cobertura OL/UL [17]

7 -Dynamic MS Power Control - O recurso tem o efeito de reduzir o total de emissões de rádio potência de saída de todas as MSs na rede de rádio, assim, reduzir o nível total de perturbação e ruído, o que aumenta o C / I em relação a rede de rádio. O recurso Dynamic MS Power Control permite que a BSC possa ajustar dinamicamente a saída de potência transmitida pelo MS, conforme especificado pelo operador.

Os benefícios com este recurso que diminui o piso de ruído RX na rede são:

- Maior desempenho
- Aumento da qualidade
- Aumento da capacidade
- Redução no consumo da Bateria

8 – Dynamic BTS Power Control - recurso Dynamic BTS Power Control permite que a BSC ajuste dinamicamente a saída de potência transmitida da BTS nas conexões ativas. O canal

BCCH opera sempre com potência máxima, porém os canais TCHs adicionais estão sujeitos ao controle dinâmico de potência.

O recurso tem o efeito de reduzir o total de emissões de rádio potência de saída de todas as BTS's na rede de rádio, assim, reduzir o nível do total de perturbação, o que aumenta o C / I em relação a rede de rádio.

Os benefícios com este recurso que diminui as interferências no downlink da rede são:

- Maior desempenho
- Aumento da qualidade

9 – Cell Load Sharing / Assignment to Another Cell - A finalidade do Cell Load Sharing é permitir o compartilhamento de tráfego entre BTS próximas, ainda que as demais não sejam servidoras principais. Assim uma determinada BTS servidora de uma região e com tráfego acima da capacidade, será beneficiada com ação da BSC de alocar canais de outras BTS para não ocorrerem bloqueios.

Os benefícios desta feature são:

- Aumento da capacidade
- Uma utilização mais eficaz dos equipamentos instalados
- Flexibilidade no Planejamento de capacidade

10 - DTX – Discontinuous Transmission

Os transmissores apenas comunicam em 40% do tempo. Pausas entre as palavras correspondem mais 10 % do tempo. Assim este recurso aproveita dos intervalos sem transmissão de informações e interrompem o sinal de RF assim :

- a interferência é reduzida
- a tempo de autonomia do móvel é aumentado

É necessário gerar “background noise” para não dar impressão de fim de chamada

11 – Ativação de Novas BSCs – com o crescimento do tráfego, a carga das BSCs vai chegando ao limite, baseado em quantidade de TRXs e consequentemente em tráfego. Quando há necessidade de ativação de novas BSCs um plano de ação muito bem detalhado é fundamental para evitar impactos na rede. Um planejamento de refiliação é fechado preferencialmente por áreas geográficas, para que resultado em paging, registro, tráfego e handovers sejam ótimos. Segue parte de modelo de refiliação executado em Brasília (Figura 46), respeitando lotes diários a serem executados em janela de manutenção, uma vez que exige a paralisação da estação, ajuste na transmissão e nova base de dados (CDD) em outra BSC.

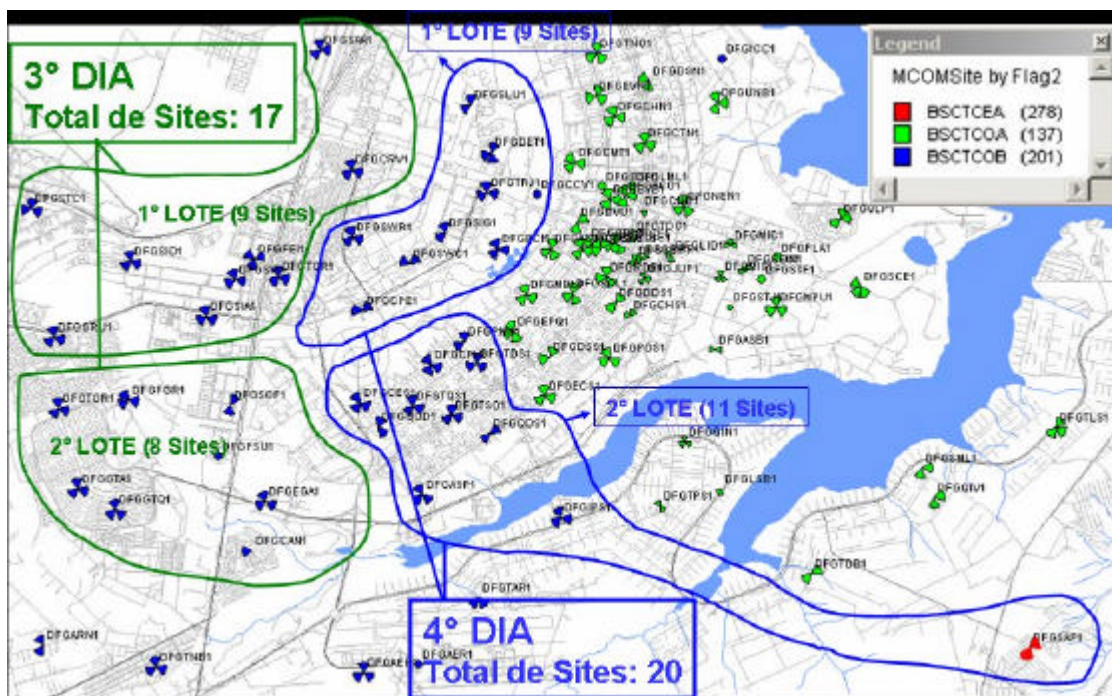


Figura 46 - Ilustração de Refiliação de BTS em BSCs

12 – Plano de Numeração das Células – para cada célula da rede GSM um número universal e padronizado é definido. Esta identificação é fundamental para adequado funcionamento da rede, acesso a rede, chamadas, paging, registro, handover.

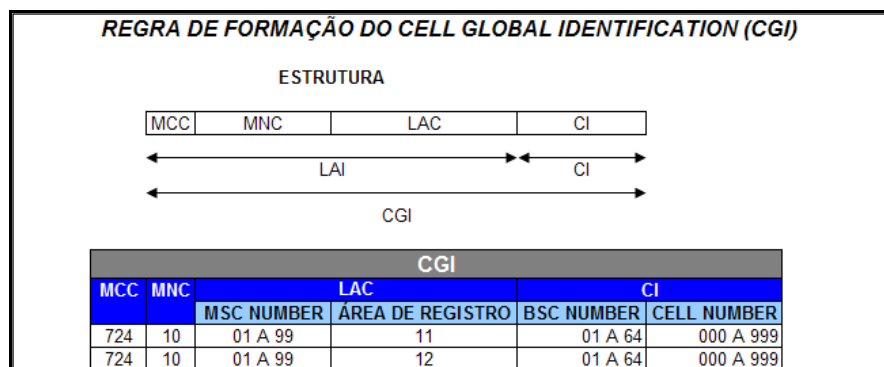


Figura 47 - Regra de Formação para Identificação Global das Células

MCC é definido para o país (Brasil 724)

MNC é definido por operadora e região de operação (VIVO Centro OESTE 06)

MSC Number / LA Number é definido estrategicamente pela operadora

Área de Registro – corresponde ao DDD da região da BTS

Cell Number – número designado para a BTS

Tem-se na tabela 19 exemplos reais na formação de alguns CGIs.

Tabela 19 – Exemplo Práticos na Formação do CGI

CGI - Formação											
244					LAC						
Item	Sites	Setor	UF	MCC	MNC	LA NUMBER	ÁREA DE REGISTRO	CELL NUMBER	SECTOR NUMBER	BSC	CGI
25	GACD1	1	DF	724	06	02	61	0248	1	BSCTCEA	724-06-0261-02481
26	GACL1	1	DF	724	06	02	61	0206	1	BSCTCEA	724-06-0261-02061

13 – Planejamento das Location Áreas - Quantas LAs são necessária em cada rede? De fato, não existe uma fórmula pronta para o dimensionamento ideal de uma LA. O fundamental é que se compreenda como são utilizados os canais para que se possa ter uma visão global do quanto o número de pagings ou de location updates impactam na capacidade de processamento das LAs.

A carga de paging determina o tamanho máximo da LA enquanto a carga de location update determina o mínimo tamanho dessa LA. A regra mais importante é não exceder a capacidade máxima de pagings da BTS e da BSC.

Quando está definida a configuração combinada de BCCH/SDCCH, deve-se ter maior atenção na definição do tamanho da LA, respeitando sempre os limites de capacidade de paging na BTS. Uma vez que todas as mensagens de paging necessitam ser enviadas em todas as células de uma LA, a célula com BCCH/SDCCH combinados será o fator limitante se ao menos uma célula com BCCH/SDCCH combinados estiver sendo usada em um LA. Nesse caso, o congestionamento de paging afetará somente a célula em questão e não todo o LA. Usando BCCH/SDCCH combinados, economizam-se TSs com SDCCHs extras.

Não é recomendado o uso de LAs menores que o necessário. Uma LA por área de BSC é uma boa premissa para início de projeto. Entretanto, se essa área for demasiadamente grande e causar altas cargas de paging, aí sim deve-se considerar dividir a LA em duas ou mais a fim de reduzir a carga de paging na BTS e na BSC. Se a área da BSC, assim como seu número de células, forem relativamente pequenos e for difícil definir as bordas das LAs, pode-se considerar a possibilidade de um LA conter mais de uma BSC. Independente do tipo de área, é recomendável manter as bordas das LAs em regiões com menor densidade de usuários. Deve-se evitar bordas de LA em vias de alto tráfego.

O monitoramento da performance do sistema é o fator fundamental para ajuste dos limites das LAs.

Seguem algumas curvas caracterizando alguns estudos de LA:

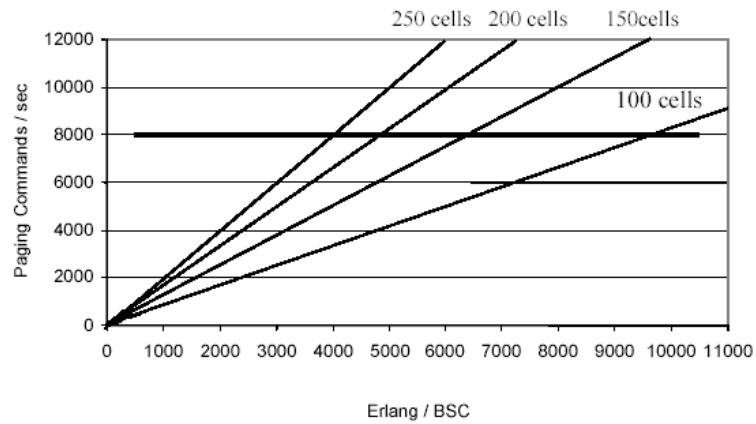


Figura 48 - Relação entre Paging/Tráfego e Número e Células [17]

O gráfico acima representa as limitações de tráfego para diferentes números de células na BSC. A linha mais grossa representa a maior carga recomendada de Paging Command por LA. Notar que o gráfico mostra a situação de um LA na BSC. Caso a BSC for dividida em mais LAs, o paging load na BSC será menor. Outra análise interessante diz respeito a quantidade de rádios na BSC e nas células. Seguem as curvas referentes a esta análise na Figura 49.

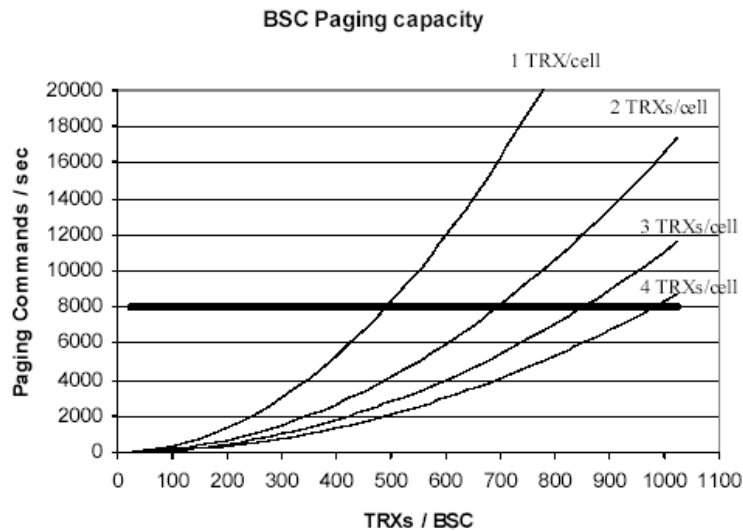


Figura 49 - Relação entre Paging e Rádios [17]

O gráfico representa o número máximo de TRX na BSC de forma a não exceder a capacidade de Paging Command. Considera-se 4 Erlang /TRX. Notar que o gráfico considera um LA na BSC. Caso a BSC for dividida em mais LAs, a carga de paging será menor.

3.4.5. ACOMPANHAMENTO DA PERFORMANCE DA REDE.

Para área de otimização de RF, o conhecimento do funcionamento dos processos de estabelecimento de chamadas e suas estatísticas é essencial. Segue alguns detalhes do acompanhamento da rede.

Toda rede nova tem um processo de maturação, onde problemas são percebidos e ajustados com o tempo. Segue um dos fluxos básicos de maturação:

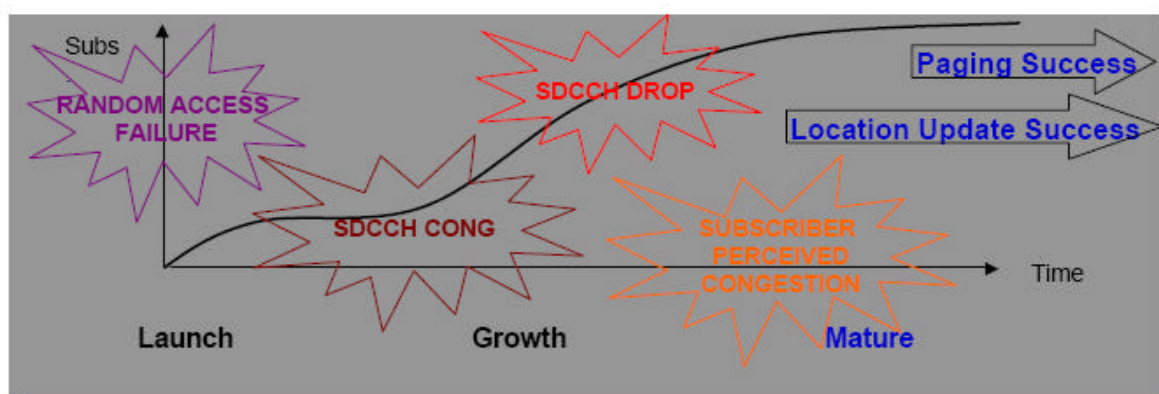


Figura 49 - Fluxo de Crescimento de uma rede [17]

Na Figura 49 observa-se as etapas de um início de chamada. O completamento de chamada pode ser avaliado pela acessibilidade e sua simples compreensão é importante.

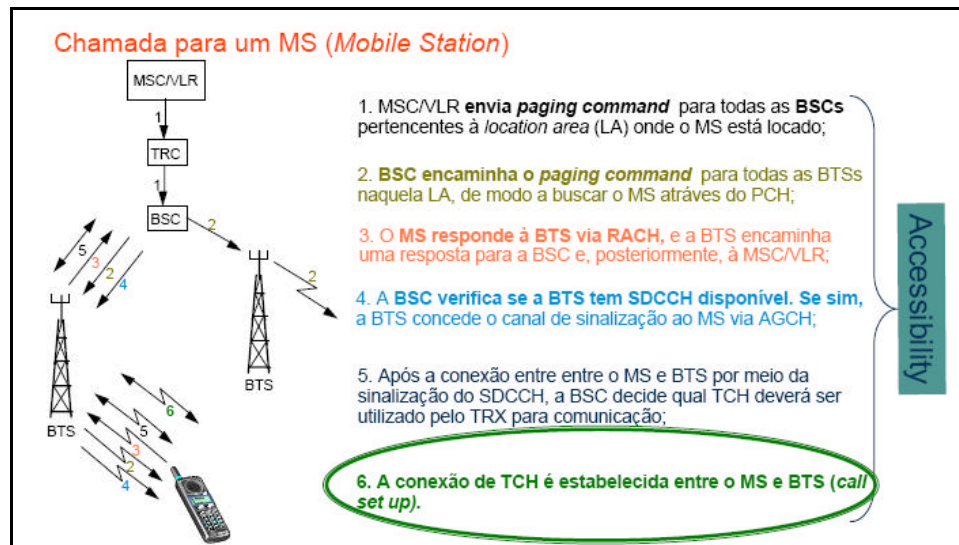


Figura 49 – Etapas no estabelecimento da chamada

Com embasamento no processo das chamadas inicia-se um detalhamento nas falhas da rede GSM:

I) Possíveis razões para *TCH Assignment Failure (Service Denied) %* :

- Congestionamento de TCH;
- Falta de cobertura e problemas com interferências DL/UL;
- Falha de *hardware* ou transmissão (Abis).

II) Possíveis razões para *Random Access Failure %*:

- Alta interferência;
- Falta de cobertura;
- Alto Timing Advance (TA);
- *Handover access burst* confundido como *random access burst*;
- Software Congestion (SAE - Size Alteration Event);
- Desbalanceamento de *link budget*.

III) Possíveis razões para *SDCCH Congestion (SDCCH Block) %*:

- Dimensionamento de SDCCH;

- Congestionamento de TCH;
- Location Area (LA) não otimizada;
- Uso excessivo de *SMS* e canal de *Broadcast*;
- Disponibilidade de SDCCH.

IV) Possíveis razões para SDCCH Drop % :

- SDCCH Drop devido ao *Timing Advance* (TA);
- SDCCH Drop devido à baixa intensidade de sinal (*Low SS*);
- SDCCH Drop devido à interferência (*Bad Quality*);
- SDCCH Drop devido à *Other Reasons* (TCH Congestion, TX Congestion, hardware e/ou falha de TX);

V) Possíveis razões para SPC Subscriber Perceived Congestion (também chamado de *TCH Block*) % :

- Congestionamento de TCH (quando utilizados para sinalização);
- Congestionamento de TRANSCODER;
- Durante Handovers Inter-BSCs.

VI) Possíveis razões para TCH Drop % :

- *TA Excessivo* • $TA > TALIM\ cell\ parameter$
- *Baixa intensidade de sinal no up/down links*
- $SSUL < LOWSSUL$ (BSC parameter)
- $SSDL < LOWSSDL$
- *Baixa qualidade no up/down links*
- $RxQualUL > BADQUL$ (BSC parameter)
- $RxQualDL > BADQDL$
- *Sudden loss of connection*
- Nenhuma das razões acima.
- *Others*
- Não relacionado à RF (ex. TRA congestion, hardware fault e TX).

Semanalmente a análise da rede deve ser feita com o fornecedor de forma a detectar BTS ofensoras da rede e criar plano de ações para corrigir o desempenho. Na Figura 50 um exemplo dos acompanhamentos semanais de uma das BSCs de Brasília, verificando as taxas de quedas e identificando os ofensores a serem trabalhados:

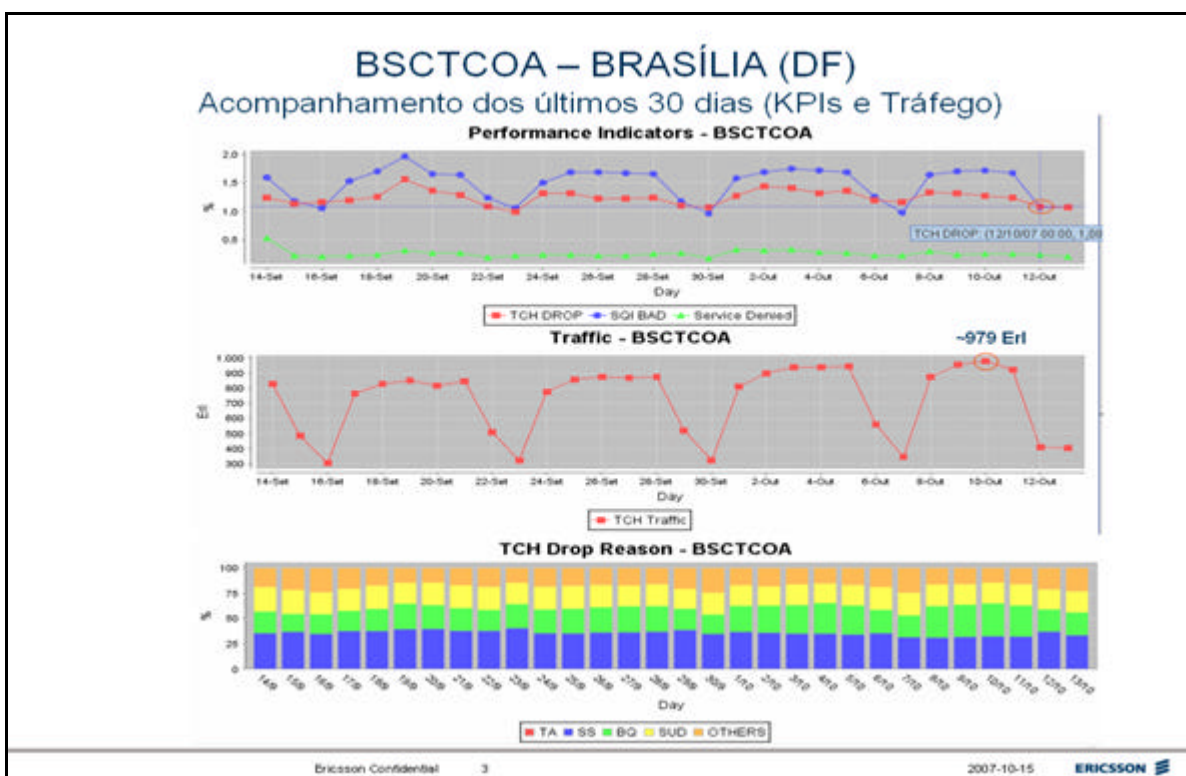


Figura 50 - Acompanhamento da Performance

Uma vez analisada a rede de forma macro, avaliando os indicadores da BSC, se faz necessário um estudo refinado para identificar as células ofensoras das BSCs. Segue planilha com relação das células ofensoras, o motivo e ação de melhoria.

CELL	IMPACT	TCH DROP (%)	SS TCH DROP (%)	SS BL (%)	SS DL (%)	SS UL (%)	BQ TCH DROP (%)	BQ BL (%)	BQ DL (%)	BQ UL (%)	TA TCH (%)	SUCCEN DROP (%)	OTHER (%)	TRAF (E/I)	ACTION TO BE TAKEN	WEEKS
GMIS12	89	9.17	1.12	0.00	1.12	0.00	64.04	5.62	4.49	53.93	0.00	32.58	2.25	5.49	Quedas por BQ UL (ICM>3) Ericsson instalou as antenas QERLH-9551A-VTM	2
GMIS11	88	3.51	1.14	0.00	1.14	0.00	78.45	4.55	10.23	55.68	0.00	22.73	5.68	18.26	Quedas por BQ UL (ICM>3) Ericsson instalou as antenas QERLH-9551A-VTM	6
GMIC13	56	2.96	14.28	0.00	3.57	10.71	58.93	3.57	8.83	46.43	0.00	23.21	3.57	9.47	BQ UL (ICM>3) Houve picos de ICM>3 em 09 e 10/10, normalizando em seguida. A Ericsson está monitorando	-
GGTA12	45	1.83	15.56	2.22	4.44	1.88	49.89	11.11	24.44	13.33	0.00	6.67	29.89	12.47	Quedas por BQ DL. A Ericsson realizou troca de BCCH. Setor em observação.	-
GTCE13	44	1.79	6.82	0.00	4.55	2.27	72.73	11.36	6.82	54.55	0.00	11.36	9.09	19.07	BQ UL (ICM>3) Houve picos de ICM>3 em 09 e 10/10, normalizando em seguida. A Ericsson está monitorando	-
GCTN12	44	4.45	38.64	4.55	25.00	3.09	43.18	9.09	11.36	22.73	0.00	13.64	4.55	6.82	Quedas por BQ DL. A Ericsson realizou troca de BCCH. Setor em observação.	-
GTNH1	39	2.76	20.51	5.03	0.00	15.38	35.96	2.56	2.56	39.77	0.00	36.77	12.82	8.53	Quedas por BQ UL (ICM>3) em 10/10 e SUCCEN. A Ericsson aumentou a potência e realizou ajuste de	-
GTGR12	37	2.18	13.51	0.00	10.81	3.70	24.32	0.00	18.92	5.41	0.00	24.32	37.84	14.05	Quedas por BQ DL, SUCCEN e OTHERS. A Ericsson realizou troca de BCCH. Setor em observação.	-
GECS12	35	2.85	28.97	8.57	14.29	5.71	49.71	8.57	26.71	11.43	0.00	22.86	2.86	8.35	Quedas por BQ DL e SUCCEN. A Ericsson realizou troca de BCCH. Setor em observação.	2
GUMB13	34	1.53	67.65	35.29	17.85	14.71	11.76	0.00	9.82	2.94	0.00	14.71	5.88	12.96	Quedas por SS BL, TA excessivas (TA>5) A Ericsson realizou visita para verificar o nível	-

Figura 51 - Identificação das Células Ofensoras

3.4.6. UTILIZAÇÃO DA FAIXA 1.9 GHZ NA REDE GSM

Conforme comentado, desde a decisão da implantação da rede GSM em 850 MHz, havia uma expectativa enorme na liberação da faixa adicional em 1.9 GHz para garantir maior capacidade e qualidade na rede. Enquanto a Anatel não lançava o edital da faixa desejada, recursos de otimização estavam e estão sendo utilizados. Ressalta-se que a única interessada na faixa de 1.9GHz era a operadora VIVO, capaz de utilizá-la na expansão de sua rede GSM em padrão americano.

Após meses de espera ocorreu a licitação N° 001/2007/SPV da Anatel que se referia à Expedição de Autorizações para exploração de Serviço Móvel Pessoal – SMP (Sobras SMP, Banda L, Banda M). A entrega dos Documentos de Identificação, Propostas de Preço e Documentos de Habilitação foi em 18 de setembro de 2007, às 10:00 h. (dez horas), na ANATEL. E o Julgamento das Propostas atenderia o Critério de maior preço público ofertado para as Autorizações.

As licenças das Estações Rádio Base que utilizarão os blocos de subfaixas de radiofrequências do Edital somente serão emitidas após a publicação no DOU do extrato do Termo de todas as proponentes vencedoras das subfaixas F, G, I e J previsto para Fevereiro/2008.

Na ocorrência de fato superveniente, que por força maior ocasiona a suspensão ou interrupção total ou parcial da Licitação das subfaixas F, G, I e J, à critério da Anatel, por interesse público, as referidas licenças poderão ser emitidas.

As faixas do Edital de Licitação estão divididas em 105 lotes de radiofrequência por área de prestação de serviço. Os lotes estão divididos de forma macro conforme a seguir:

Lotes 1 – 3 > Correspondem a subfaixa E (1.8GHz)

Lote 4 > Corresponde a subfaixa D (1.8GHz)

Lotes 5 – 7 > Correspondem a subfaixa M (1.8GHz) - Nacional

Lote 8 – 22 > Correspondem a subfaixa L (1.9GHz) - Nacional

Lote 22 – 105 > Correspondem a subfaixas de extensão (2,5+2,5)MHz em 900MHz e em 1.800MHz

Frequências da Licitação 011/2007/SPV																					
Uplink (MHz)	843,5	846,0	1805	1820	1822,5	1825	1827,5	1830	1832,5	1835	1837,5	1840	1855	1860	1870	1872,5	1875	1877,5	1880	1895	1900
Dowlink (MHz)	896,5	901,0	1710	1725	1727,5	1730	1732,5	1735	1737,5	1740	1755	1765	1775	1777,5	1780	1782,5	1785	1885	1890	1980	1990
Subfaixas	2,5 MHz	Ext	15MHz	2,5 MHz	2,5 MHz	2,5 MHz	2,5 MHz	2,5 MHz	2,5 MHz	2,5 MHz	15MHz	10MHz	2,5 MHz	2,5 MHz	2,5 MHz	2,5 MHz	Ext	Ext	Ext	Ext	5MHz
Lote	23		4	24	25	41	42	32	26	1	5		27	28	29	30					8
	31			39	40	54	48	43	33	2	6		34	35	36	37					9
	38			52	53	75	55	45	44	3	7		61	62	63	64					10
	47			73	74	84	76	49	46				68	69	70	71					11
	51			82	83		85	56	50				93	94	95	96					12
	58			98	99			59	57				100	101	102	103					13
	65			104	105			66	60												14
	72							77	67												15
	81							79	78												16
	92							86	80												17
	97							88	87												18
								89	89												19
								90	91												20
																					21
																					22

Tabela 20 – Faixas de Operação e Lotes

Aspectos importantes da licitação:

- Para consignação de frequências deverá ser obedecido o limite máximo de 50MHz em uma mesma área de prestação de serviço. Caso esse limite seja ultrapassado, a prestadora deverá devolver blocos mínimos, em 180 dias da publicação do Termo de Autorização, conforme a subfaixa a seguir:
 - a) (2,5+2,5) MHz, ou múltiplos ímpares, nas faixas de 800 e 900 MHz;
 - b) (5+5) MHz, ou múltiplos, na faixa de 1.800 MHz.

- Os Lotes de 1-22 (Subfaixas D, E, M, L) poderão ser adquiridos por qualquer interessado. Os Lotes de 22-105 (Extensões) somente poderão ser adquiridos por prestadoras que já detenham autorização de SMP na área de prestação correspondente; ou por Proponente que tenha sido considerada vencedora em um dos Lotes de “1” a “22”, na área de prestação correspondente.
- Na Subfaixa E (lotes 1 a 3) a Proponente vencedora tem direito à aquisição da faixa de 912,5 a 915,0 MHz / 957,5 a 960,0 MHz (2,5+2,5MHz).
- Na Subfaixa D (lote 4) a Proponente vencedora tem direito à aquisição da faixa de 910,0 a 912,5 MHz/ 955,0 a 957,5 MHz (2,5+2,5MHz).
- Na Subfaixa M (lote 5 - Região I do PGA: Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Amazonas, Roraima, Amapá, Pará, Maranhão, Bahia, Sergipe, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas) a Proponente vencedora tem direito à aquisição da faixa de 910,0 a 912,5 MHz/ 955,0 a 957,5 MHz (2,5+2,5MHz).
- A Subfaixa L possui as restrições de uso em conformidade com a Resolução 454 de 11/Dez/2006.
- Compromissos de Abrangência
 - 1º Ano - Cobertura equivalente a pelo menos 50 % da área urbana em 50% das capitais de Estado, dos municípios com mais de 500.000 habitantes e, na Região II, também o Distrito Federal;
 - 2º Ano - Atender as capitais de Estado, os municípios com mais de 500.000 habitantes e, na Região II, também o Distrito Federal, com, pelo menos, 80% da área urbana;
 - 3º Ano - Cobertura equivalente a pelo menos 50 % da área urbana em 50% dos municípios com mais de 200.000 habitantes;
 - 4º Ano – Atender os municípios com mais de 200.000 habitantes com, pelo menos, 80% da área urbana;
 - 5º Ano - Atender os municípios com mais de 100.000 habitantes.

Uma localidade será considerada atendida quando a área de cobertura contenha, pelo menos, 80% da área urbana.

- O não cumprimento dos compromissos sujeita a execução dos seguros-garantia correspondentes.

Tabela 21 – Compromissos de Abrangência

Área Prestação	Total municípios	População Total	Mun. >100K Hab.	Qtde munic. 1º ano	Qtde munic. 2º ano	Qtde munic. 3º ano	Qtde munic. 4º ano	Qtde munic. 5º ano
I SP Área 11	64	21.221.753	31	3	5	11	16	31
II SP Interior (s/ CTBC)	568	19.063.432	40	2	4	12	20	40
III CTBC - SP	23	770.549	1	0	0	1	1	1
IV RJ e ES	170	19.026.005	32	3	5	11	16	32
V MG (s/ CTBC)	796	17.618.629	24	2	3	7	11	24
VI CBTC - MG	57	1.860.727	3	1	1	2	2	3
VII PR e SC (s/ VIII e IX)	595	14.456.771	25	2	2	7	11	25
VIII PR (Área 43 s/ Londrina)	95	1.382.812	2	0	0	0	0	2
IX Londrina	2	506.061	1	0	0	1	1	1
X RS	496	10.963.219	20	1	1	6	10	20
XI TCO	672	16.678.149	21	4	7	10	10	21
XII CTBC - GO-MS	7	172.878	0	0	0	0	0	0
XIII NBT	453	17.625.088	22	3	5	8	9	22
XIV BA e SE	492	15.960.884	17	2	3	5	7	17
XV Nordeste	1.084	29.473.605	28	4	7	12	16	28
Total	5.564	186.770.562	267	27	43	93	130	267

Tabela 22 – Valor dos Lotes

LOTES	ÁREA DE PRESTAÇÃO	SUBFAIXA DE RADIOFREQUÊNCIA	LARGURA EM MHz	PREÇO MÍNIMO POR BLOCO (R\$ Mil)	GARANTIA (R\$ Mil)	SEGURO GARANTIA (R\$ Mil)	Municípios com mais de 100.000 habitantes
8	I	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	19.057,99	1.905,80	19.057,99	30
9	II	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	13.992,50	1.399,25	13.992,50	41
10	III	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	514,42	51,44	514,42	1
11	IV	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	21.457,25	2.145,72	21.457,25	32
12	V	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	11.871,38	1.187,14	11.871,38	24
13	VI	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	1.237,60	123,76	1.237,60	3
14	VII	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	12.540,03	1.254,00	12.540,03	26
15	VIII	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	1.199,47	119,95	1.199,47	1
16	IX	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	438,97	43,9	438,97	1
17	X	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	10.132,93	1.013,29	10.132,93	20
18	XI	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	7.824,48	782,45	7.824,48	21
19	XII	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	81,15	8,11	0	0
20	XIII	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	5.857,38	585,74	5.857,38	22
21	XIV	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	4.106,31	410,63	4.106,31	17
22	XV	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	8.676,63	867,66	8.676,63	28
Total Subfaixa L				118.988,49	11.898,84	118.907,34	267

Visualização das Áreas de Prestação da Subfaixa L na Figura 52.

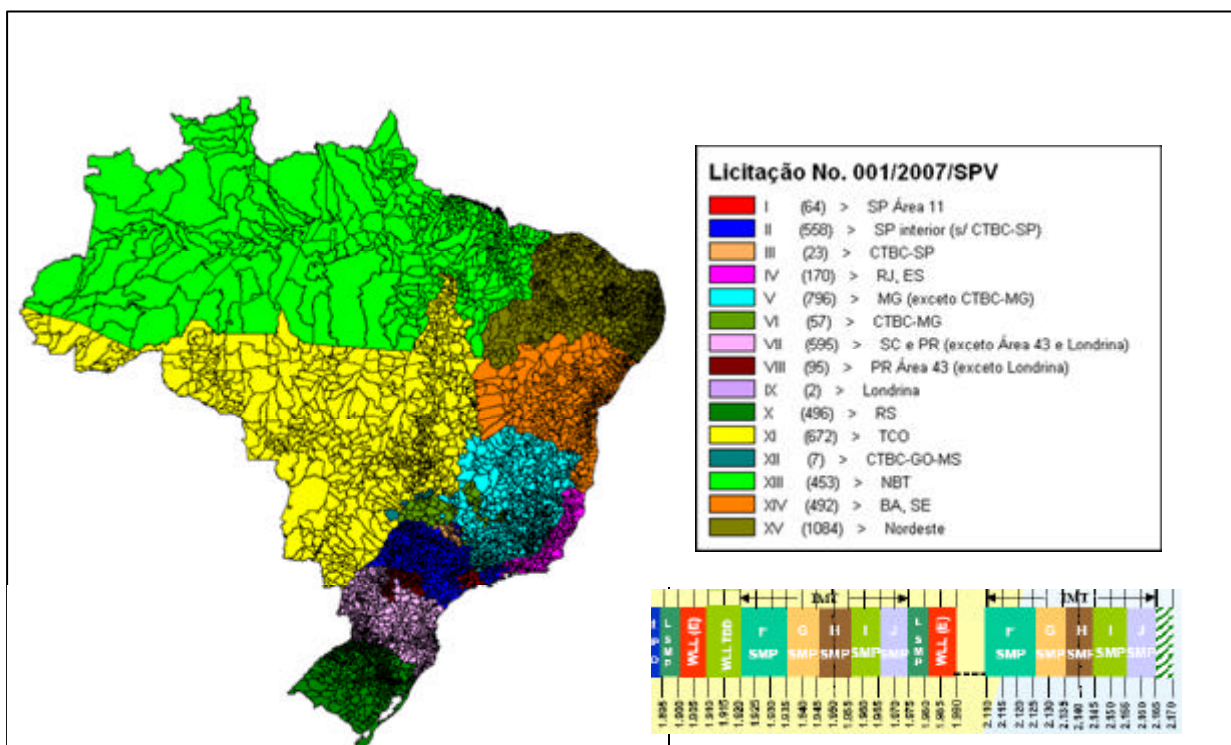


Figura 52 - Visualização das Áreas de Prestação da Subfaixa L

Dadas as condições do edital, a operadora VIVO por exemplo tinha interesse enorme em algumas faixas onde ainda não possui concessão. São elas região da CTBC, Minas Gerais e Nordeste. A forma de garantir a cobertura Nacional era adquirindo estas faixas e as demais seriam de interesse de capacidade de tráfego para a limitada rede GSM em 850 MHz.

Tabela 23 – Designação dos Lotes e Interesse

LOTES	ÁREA DE PRESTAÇÃO	ÁREA DE PRESTAÇÃO	SUBFAIXA DE RADIOFREQUÊNCIA	LARGURA EM MHz	PREÇO MÍNIMO POR BLOCO (R\$ Mil)	Agio	Motivo
8	I	SP - Área 11	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	19.057,99	Maior	Alto volume de tráfego
9	II	SP - interior s/ CTBC	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	13.992,50	Médio	Média densidade de tráfego
10	III	CTBC - SP	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	514,42	Maior	Vivo não possui concessão
11	IV	RJ e ES	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	21.457,25	Maior	Alto volume de tráfego
12	V	MG (s/ CTBC)	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	11.871,38	Analisar	Analisar condições de devolução de frequências
13	VI	CBTC - MG	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	1.237,60	Maior	Vivo não possui concessão
14	VII	PR e SC (s/VIII e IX)	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	12.540,03	Menor	Baixa densidade de tráfego
15	VIII	PR (área 43 s/ Londrina)	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	1.199,47	Menor	Baixa densidade de tráfego
16	IX	Londrina	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	438,97	Menor	Baixa densidade de tráfego
17	X	RS	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	10.132,93	Média	Operadora TDMA
18	XI	TCC	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	7.824,48	Média	Operadora TDMA
19	XII	CTBC - GO-MS	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	81,15	Média	Operadora TDMA
20	XIII	NBT	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	5.857,38	Média	Operadora TDMA
21	XIV	BA e SE	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	4.106,31	Menor	Baixo volume de tráfego
22	XV	Nordeste	1.895,0 a 1.900,0 MHz / 1.975,0 a 1.980,0 MHz	5,0 + 5,0	8.676,63	Maior	Vivo não possui concessão
Total Subfaixa I.					118.988,49		

3.4.6.1. Resultado da Licitação em particular das faixas em 1.9 GHz.

A VIVO adquiriu a banda em todo país com exceção de duas regiões, Norte do País e Londrina, nestas a Claro adquiriu de forma a conseguir licença SMP com esta aquisição, pois ela ainda não possuía SMP nestas áreas. Além disso, ganha um poder de barganha com a VIVO em futuras negociações.

Uma vez adquirida a banda desejada em quase todas as regiões do país, iniciou-se o planejamento de implementação de seu uso. Assim onde houvesse a necessidade de ampliação de capacidade rádios adicionais poderiam ser acrescentados sem problemas, além de permitir uma resintonia na banda 850 MHz otimizando o reuso e canais de hopping.

Neste estudo surgiu um questionamento, pois uma rede WCDMA em 2.1GHz também é almejada e a banda adquirida em 1.9 GHz é adjacente do Uplink do 3G. Assim deve-se ser avaliado:

A– Discutir limitações impostas pela adjacência das Bandas de 1,9 e 2,1GHz, tais como distâncias entre antenas, requisitos mínimos para isolamento dos sistemas, etc.

B– Descrever as configurações de Sistema Irradiante propostas para a implantação dos sistemas GSM (1,9GHz) e WCDMA (2,1GHz) e sua convivência com os sistemas TDMA, CDMA, GSM (850MHz).

C- Descrever aos fornecedores de equipamentos e sistemas irradiantes as especificações técnicas mínimas necessárias para o fornecimento de elementos ativos e passivos para implantação das Redes GSM (1,9GHz) e WCDMA da VIVO, tais como: Antenas, Diplexers, Duplexers, Cabos, TMA`s, MCPA`s, etc...

3.4.6.2. Limitações para o uso das bandas de 1,9 e 2,1GHz

A faixa de frequência que a VIVO utilizará para o GSM banda alta (1,9GHz) corresponde à banda “L”. Entretanto, conforme pode ser verificado na Figura 53, sua faixa de Downlink é adjacente à faixa de Uplink de 2,1GHz (UMTS) da banda “J”, o que impossibilita o uso simultâneo das duas bandas em diversos casos.

Bandas	L		F	G	H	I	J	L		F	G	H	I	J
BW(MHz)	5	20	15	10	10	10	10	5	130	15	10	10	10	10
Faixas	1.895-1.900		1.920-1.935	1.935-1.945	1.945-1.955	1.955-1.965	1.965-1.975	1.975-1.980		2.110-2.125	2.125-2.135	2.135-2.145	2.145-2.155	2.155-2.165
Uplink / Downlink	UL		UL	UL	UL	UL	UL	DL		DL	DL	DL	DL	DL

Figura 53 - Visualização da Adjacência entre bandas J e L

O status atual é o seguinte:

- VIVO já adquiriu a banda L (1,9GHz)
- Bandas F, G, H, I, J (todas 2,1GHz – UMTS) em processo de licitação.

Seguem algumas limitações impostas por esta proximidade:

- 1- Impossibilidade de utilização da portadora WCDMA imediatamente adjacente à banda L, limitando ao máximo de 1 portadora WCDMA para o sistema, apesar dos 10MHz da Banda J.

2- Impossibilidade de combinar os dois sistemas na mesma antena, devido à isolamento insuficiente dos combinadores (típico 25dB).

3- Impossibilidade de utilizar os dois sistemas em uma mesma antena (mesmo que seja Tri-Band ou Quadri-Band) devido à isolamento insuficiente entre as portas destas antenas (típico 30dB).

4- Impossibilidade de uso de sistema irradiante indoor compartilhado para os dois sistemas pelas mesmas razões do item 2. Portanto, para que o WCDMA 2,1GHz possa ser utilizado em sistemas indoor faz-se necessário o desligamento do GSM 1,9GHz (caso este tenha sido ativado).

5- É necessária uma distância mínima entre as antenas dos dois sistemas e a mesma será distinta para espaçamento horizontal (provavelmente maior) e vertical.

6 – Maioria das Torres não suportarão antenas TDMA / CDMA / GSM 850 e agora novas antenas para GSM 1.9 e WCDMA 2.1.

7 – Talvez haja a necessidade de desativação do TDMA em muitos sites para liberação de espaço e carga em torre. Bem como liberação de espaço físico.

8 – Qual solução seria adotada na rede WCDMA, se no método convencional onde o rádio fica na base e sobe-se cabos de RF, ou instala-se rádio próximos as antenas e usa-se fibra óptica para interligá-los ao controle?

* OBS.1: Será necessária a utilização de filtros de Rx (2,1GHz) e Tx (1,9GHz) cujos parâmetros mínimos só poderão ser determinados após testes. Estes testes serão aplicados também para verificar se os filtros seriam suficientes para viabilizar as situações 2, 3 e 4, além de auxiliar na situação 5.

2: Além da interferência já mencionada da Banda “L” na “J”, é importante salientar que este problema pode também acontecer (em grau menos acentuado) em relação às outras bandas de 2,1GHz, principalmente na banda I, cuja distância espectral será da ordem de 10MHz. Apesar de menos acentuado, um fato complicador é que será uma faixa operada por um concorrente e a

possibilidade de correção através de filtros na recepção dos equipamentos WCDMA dos mesmos precisaria ser acordada. Quanto à filtragem da Transmissão dos equipamentos GSM 1,9GHz da VIVO, estes com certeza continuam necessários.

Basicamente, da conjunção da distância entre antenas e da utilização de filtros (Tx e Rx) dependerá o funcionamento ou não do sistema em 2,1GHz devido à interferência do GSM 1,9GHz. Para tanto, as BTSs a serem utilizadas deverão ser apresentadas em conjunto com estas soluções de filtros. Uma possibilidade é o não uso da rede 1.9 GHz onde puder evitá-la.

4. CASE DE INTERFERÊNCIA COM A CLARO – BANDA B – WCDMA

A CLARO encaminhou relatórios de análise de interferência que informa que por método de scanning e triangulação detectou sete pontos geradores de espúrios em sua faixa. O relatório da CLARO aponta problema de ruído mais especificamente na faixa de 880,02 e 885,2 MHz.

Seguem medidas da CLARO realizadas com equipamento de drive TEST, alegando nível de ruído na Banda B, mostrada por canais TDMA correspondentes. Bem como processo de triangulação que a levou aos sites da VIVO.

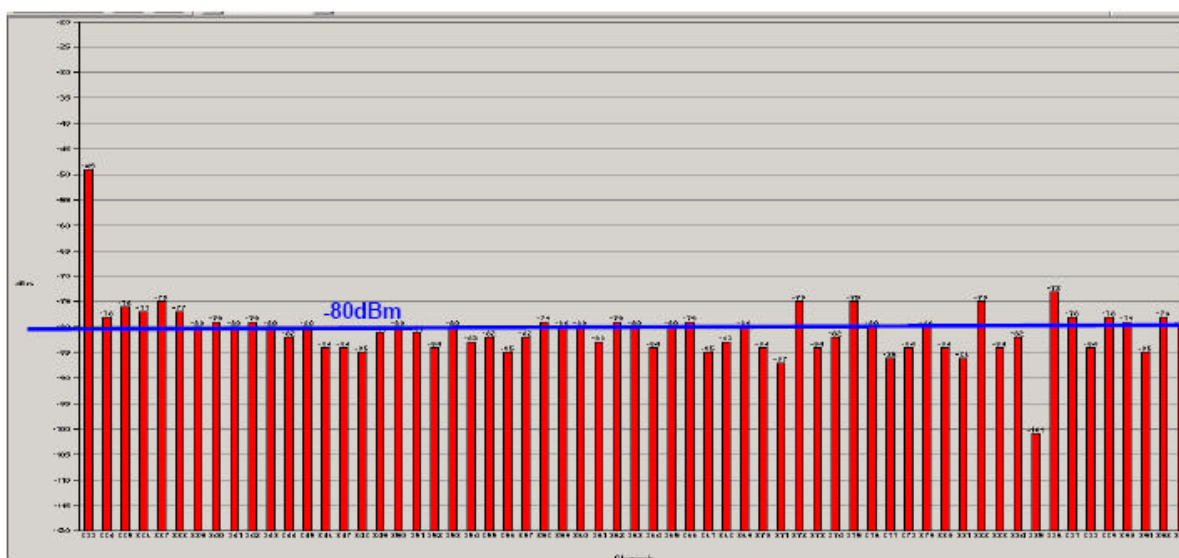


Figura 54 - Apresentação de Interferência na Banda B

Analisando os PLOTS apresentados, um nível de interferência de -80 dBm estaria afetando a banda B, onde se implantou o WCDMA da Claro.

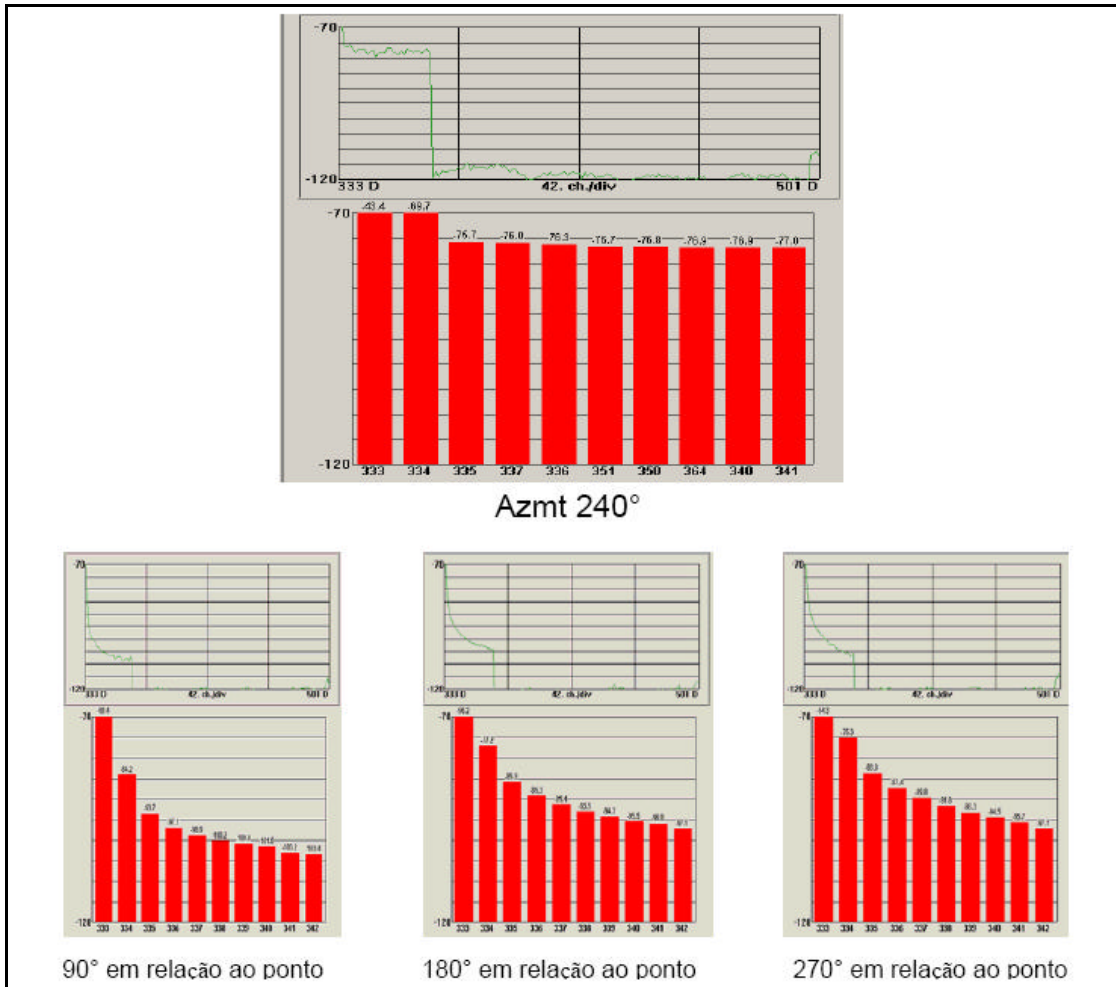


Figura 55 - Resultado da Triangulação na Busca do Interferente

Para identificar e localizar a possível fonte interferidora, método de triangulação com uso de antena Yagi foi utilizado. Segue exemplo da triangulação e identificação de BTS da VIVO.

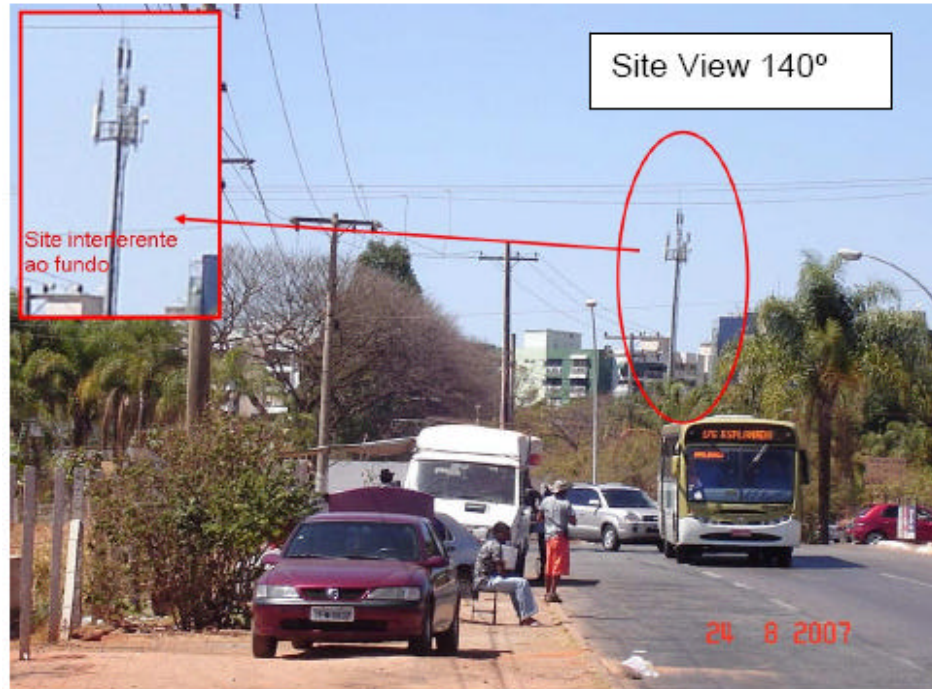
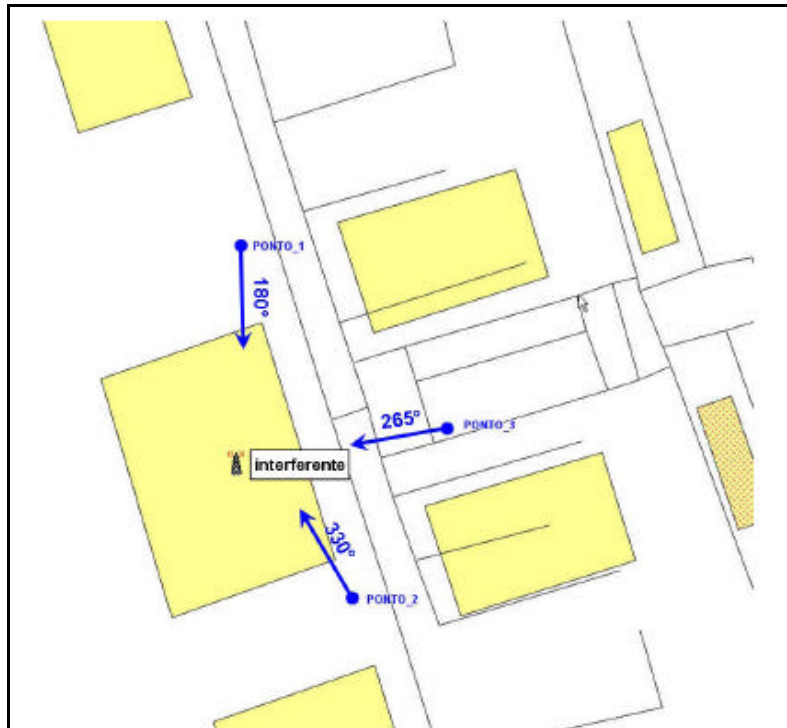


Figura 56 - Triangulação e Identificação da Fonte Interferidora

4.1. ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA

Diante da reclamação, coube uma análise do relatório da Claro e testes para verificar a veracidade dos fatos. Após muita discussão um relatório foi preparado contestando a reclamação.

Os pontos importantes a serem considerados na análise do piso de ruído são:

- a) O equipamento a ser utilizado,
- b) O Res BW que define a resolução da janela de amostragem do eixo de frequência.

Para a análise de sinais e consequentemente interferências, o instrumento tecnicamente mais apropriado é o analisador de espectro, devido seu melhor processamento e filtragem. O analisador de espectro não faz uso de dispositivos e algoritmos de processamento de sinal que podem causar distorção nos resultados. Assim, o equipamento utilizado foi o Agilent E4407B, Spectrum Analyser, o modelo mais recente da Agilent.

Uma antena monopolo omni de 0dB foi conectada a entrada “antena in” do próprio instrumento. O equipamento foi posicionado a 1.5 metros do solo e utilizado em campo aberto. A faixa utilizada foi a de 850 MHz fazendo a varredura e portadoras, num SPAN (30 MHz) que pudesse visualizar toda faixa.

A melhor sensibilidade é obtida com o menor Res BW. Quanto mais se foca o ponto de ruído a ser analisado mais próximo do ruído real está chegando. Ou seja, um Res Bw menor torna a janela de análise menor, tornando as medidas de ruído mais precisa. Adotou-se duas medidas de Res BW de 3 kHz e 10kHz.

4.2. MEDIDAS DE CAMPO

Na data de 04/09/07 a equipe de Otimização da VIVO foi às proximidades do site GCED, Edifício Cedro na 116 Norte em Brasília, numa distância de 200 metros do site .

Na Figura 57 tem-se o “print” da tela do analisador, com piso de ruído de -103 dBm, sendo este valor o mesmo se aberta a porta da antena in. Discriminam-se os sinais ativos na banda A, onde se observam as portadoras das tecnologias GSM, TDMA e CDMA. Nas frequências da Banda B, não se observa ruídos e piso de ruído o mínimo conforme a sensibilidade do equipamento.

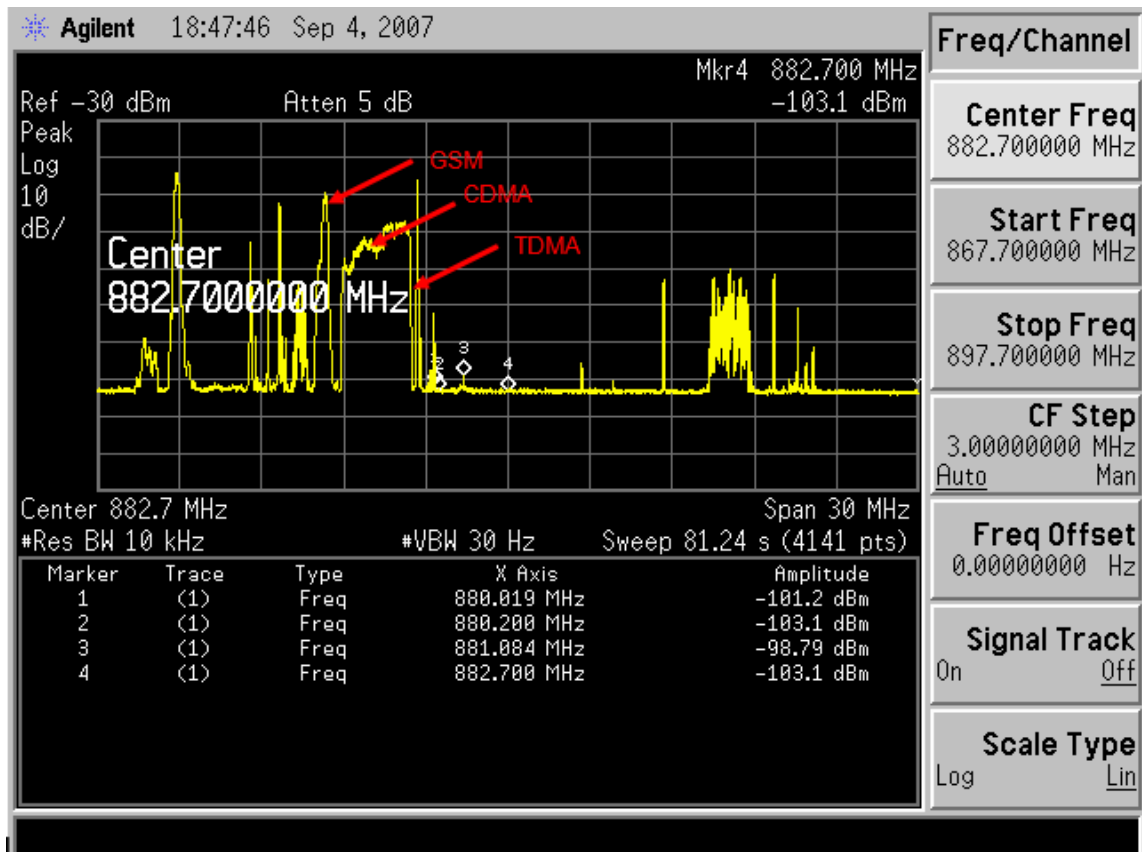


Figura 57 - Piso de Ruído com portadoras da VIVO ON

Para consolidação de não interferência na Banda B, desativou-se as portadoras da Banda A, de todas as tecnologias. Os níveis de leitura de sinais na Banda B permaneceram praticamente os mesmos. Observa-se o comentado na Figura 58:

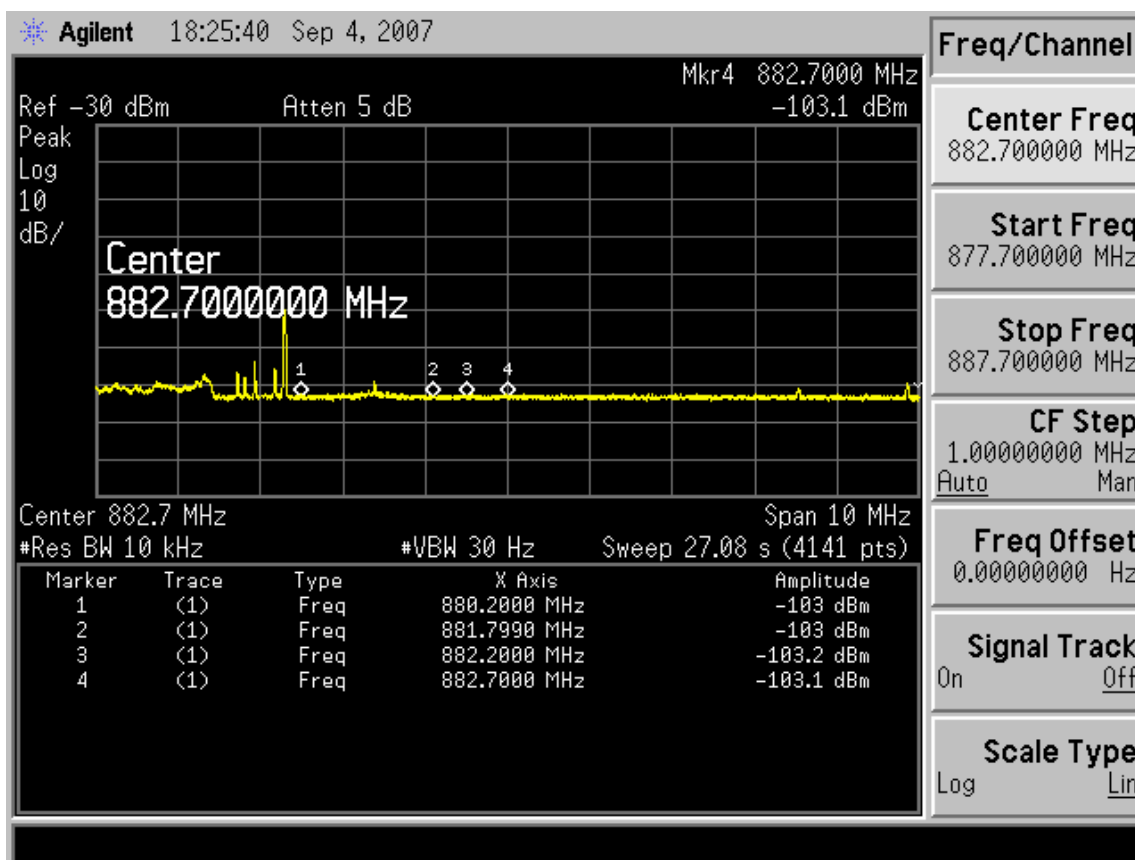


Figura 58 - Piso de Ruído com Portadoras da VIVO OFFLINE

Conclui-se que as portadoras da VIVO não elevam o piso de ruído na Banda B. O uso do analisador de espectro deve ser considerado a forma correta de medição visto que demais equipamentos não possuem a precisão de varredura e demodulação precisas.

A título de interesse, solicitou-se a Claro a Ativação de sua portadora WCDMA na Banda B, conforme pode-se observar no plot do equipamento “ El Gato “ da Agilent.

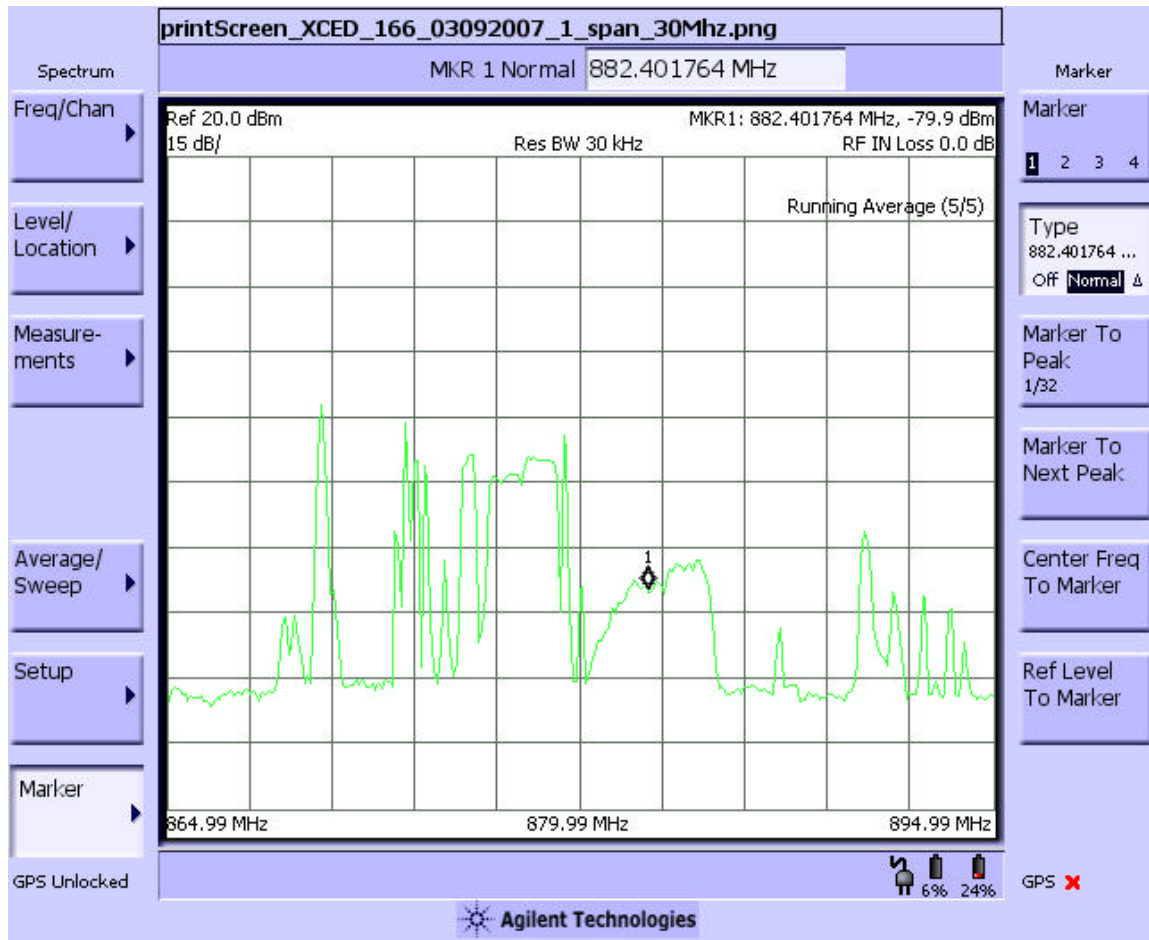


Figura 59 - Presença da Portadora WCDMA da Claro

CONCLUSÃO

O resultado do estudo se torna único no país ao comprovar o funcionamento das tecnologias AMPS/TDMA, CDMA, EVDO e GSM em uma mesma banda. O detalhamento na implementação e desafios de cada uma delas embasará profissionais e estudiosos para conhecimento prático de uma rede móvel completa, sendo abordado tópicos essenciais e particulares, com destaque ao planejamento de rádio frequência. Em pouco mais de dez anos uma revolução no mercado de telecomunicações ocorreu, fazendo os profissionais, fabricantes e consumidores experimentarem as diversas tecnologias. Observa-se que a otimização do espectro é possível e necessária para melhor uso das frequências.

As análises práticas propiciaram um planejamento mais agressivo uma vez que a margem de manobra era pequena. Assim chegou-se a uma banda de guarda de 75 kHz entre TDMA/GSM e banda de guarda de 85 kHz entre CDMA/GSM. Os resultados foram fundamentais e surpreendentes viabilizando flexibilizar e ampliar a canalização das tecnologias em mesma banda, ressaltando que as propostas dos fornecedores, sempre conservadoras para preservarem o máximo seus indicadores, inviabilizaria uma otimização. As bandas recomendadas pelos fornecedores eram de 200 kHz e pela teoria 125 kHz, assim a diferença propiciou a convivência de todas as tecnologias sem perdas maiores para TDMA e CDMA, além de propiciar mais canais GSM. Assim como os testes de isolamento de antenas que comprovaram que distâncias menores não comprometeriam a qualidade das redes. Distâncias horizontal inferior a 2m e vertical inferior a 1m, podem sim ser aplicadas. Em geral os fornecedores desejariam guarda superior a 200 kHz e espaçamentos entre antenas elevados, com vertical mínima de 1m e horizontal de 3m.. Com isso não precisou-se gastos de infra-estrutura e buscas de novos pontos.

Por fim o compartilhamento de antenas para viabilizar a implementação de nova tecnologia em localidades sem possibilidade de novos conjuntos de sistemas irradiantes, foi primordial na agilidade e como solução para muitos casos particulares. Os planos de implantação dos sistemas irradiantes com diversas possibilidades de utilização de novas e antigas antenas permitiram que soluções se adequassem a cada uma das diferentes realidades das estações na rede. Locais com torres próprias com carga disponível ou não, locais com torres compartilhadas, fachadas de

edifícios e outros, todos tiveram uma solução ainda que não fosse a ideal . Uma economia muito significativa foi possível sem a necessidade de gastos de novos contratos de compartilhamento e reforços de torres.

Este aproveitamento vai de frente com os objetivos da Anatel, que com a Consulta Pública N7 de 2008, quer exatamente um controle na eficiência da ocupação do espectro. Sabe-se que existem operadoras com disponibilidade muito maior de espectro, que ocupam mais de uma banda do SMP, ultrapassando 40MHz em alguns estados, restritas a uma ou duas tecnologias e, além disso, com baixo tráfego.

A administração e planejamento do uso do espectro foi um desafio, adequando diversas portadoras, capacidade e serviços em fatias limitadas de frequências. Para tanto, mostrou-se que diversos aspectos devem ser verificados como banda de guarda, isolamento de antenas e compartilhamento de antenas. Estes aspectos são essenciais para evitar perda de qualidade agravada por intermodulações ou ruídos.. A Figura 40 retrata o resultado real da rede após o conhecimento adquirido, todas tecnologias na mesma banda SMP e com qualidade. Uns vislumbram até mesmo a ativação de uma portadora WCDMA, supondo desativação do TDMA e diminuição do CDMA e GSM. Reforça-se que o tráfego entre as tecnologias é dinâmico e estratégico, devendo as empresas fazer um acompanhamento e planejamento contínuo na alocação e capacidade de cada uma delas.

O desenvolvimento das novas tecnologias atende avanços nos serviços e aplicações demandadas pelo mercado. Com o WCDMA taxas de até 7Mbps poderão ser atingidas, lembrando que a 5 anos atrás não se passava de 30kbps. Uma revolução realmente. É um desafio acompanhar cada uma destas novas tecnologias, devendo os profissionais avaliarem:

- modo de operação e manutenção de equipamentos;
- topologias de redes;
- frequências necessárias;
- plano para capacidade e qualidade;

- otimização das redes;
- novos serviços oferecidos;
- entendimento do tráfego de dados ;
- interferências.

O aprendizado dos temas tratados e o acompanhamento direto da evolução da rede celular permitiram o sucesso e desafio de nossa realidade atual. O resultado técnico é uma rede em perfeito funcionamento, ativada com rapidez e eficiência. Operadora, fornecedores e clientes colhem o fruto dos resultados, questionados e duvidados por muitos do mercado de telecomunicações.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações. Disponível em:
<http://www.anatel.com.br>
- [2] T. Halonen, J. Romero, and J. Melero, “GSM, GPRS and EDGE PERFORMANCE Evolution Towards 3G/UMTS”, John Wiley & Sons Ltd, 2002.
- [3] Schilling D. L., Garodnick J., Grieco D., ‘Impact on Capacity to AMPS Jamming CDMA/CDMA Jamming AMPS in Adjacent Cells’, Proceedings of Vehicular Technology Conference, 1993, pp. 547–549.
- [4] Lu Y. Edward L., William C. Y., ‘Ambient Noise in Cellular and PCS Bands and its Impact on the CDMA System Capacity and Coverage’, Communications, 1995, ICC ’95 , Seattle, ‘Gateway to Globalization’, 1995, IEEE International Conference, Volume: 2, 1995, pp. 708–712.
- [5] Dong Seung K., Heon Jin H., Sang Gee K., ‘CDMA Mobile Station Intermodulation Interference Induced by AMPS Competitor Base Station’, Proceedings of IEEE 4th International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Applications, Vol. 1, 1996, pp. 380–384.
- [6] Tendências e Desafios na Migração para 3G - Agilent Technologies
- [7] CDMA Development Group. GSM ou CDMA: Os Desafios Comerciais e Tecnológicos para Operadoras TDMA. 2001.
- [8] Harte, Lawrence J. & Smith, Adrian D. & Jacobs, Charles A. IS-136 TDMA Technology, Economics and Services. Artech House Publishers, 1998.
- [9] ITU - International Telecommunication Union. IMT-2000 Disponível em:
<http://www.imt-2000.org/portal/index.asp>
- [10] "The Road to IMT-2000". Disponível em http://www.itu.int/imt/what_is/roadto/index.html.
- [11] The Shostek Group, Third Generation Wireless (3G): The Continuing Saga, Wheaton, Maryland, 2001, pág. 263-264.
- [12] Universal Wireless Communications Consortium (UWC). Disponível em:
<http://www.uwc.com> .
- [13] O que é 3G ? Disponível em:
http://www.3gamericas.org/Portuguese/Technology_Center/QA/

- [14] Scott Baxter . How CDMA Works ? Disponível em :
<http://www.howcdmaworks.com/>

- [15] Wireless Brasil. Seções 3G/EDGE/GSM/CDMA. Disponível em :
http://sites.uol.com.br/helyr/secoes/sec_3g.html

- [16] Plataforma CDMA 2000 (1xRTT), Lucent Learning Brasil. Lucent Technologies, Junho 2002

- [17] Apresentações e documentos da Nortel Networks, Ericsson e Qualcomm

- [18] Q4 2007 Global GSM Updates. Disponível em:
<http://www.3gamericas.org/English/Statistics/>