

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PLANEJAMENTO DE SISTEMAS CELULARES: ESTUDO DE CASO

Área de Engenharia Elétrica – Modalidade Telecomunicações

por

Leandro Augusto Poli

Manoel Vitório Barbin, Prof.
Orientador

Itatiba (SP), Dezembro de 2004

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PLANEJAMENTO DE SISTEMAS CELULARES: ESTUDO DE CASO

Área de Engenharia Elétrica – Modalidade Telecomunicações

por

Leandro Augusto Poli

Relatório apresentado à Banca Examinadora do
Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia
Elétrica para análise e aprovação.
Orientador: Manoel Vitorio Barbin, Prof.

Itatiba (SP), Dezembro de 2004

Dedico este trabalho aos meus pais
José Clodoaldo e Maria Genoveva Poli e
às minhas irmãs Sibeles Cristina e
Luciana Renina Poli

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e Nossa Senhora da Conceição Aparecida que me guiaram e sustentaram minha Fé para a conclusão deste trabalho.

Agradeço aos amigos de turma Rodrigo Souza, André Souza, Rafael Moreno, Thiago Zanin, Marcus Espindola, Claudio Genesini, Luciano Ishikawa, Rodrigo Martos e aos demais desta turma e de outras o qual não poderia esquecer de Rodrigo Pioto, por todo o convívio e apoio técnico que tiveram por mim no decorrer deste trabalho. Ao meu primo André, aos amigos Valdenir, Alan, Mário, Lívia, Francine e Paula, pela paciência dispensada e pelo apoio moral e psicológico que me sustentaram para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço este trabalho a meu orientador Prof. Manoel Vitório Barbin, ao Prof. Ms. Luiz Carlos de Freitas Júnior e aos colegas do laboratório André e Alex pela convivência diária.

“Disse-lhe Jesus: Eu sou a ressurreição e a vida; quem crê em mim, ainda que esteja morto viverá; e todo aquele que vive, e crê em mim, nunca morrerá”.

João 11:25,26

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE EQUAÇÕES	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	8
1.1.1. Objetivo Geral.....	8
1.1.2. Objetivos Específicos.....	9
1.2. METODOLOGIA.....	9
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1. CARACTERÍSTICAS DO CELPLANNER.....	11
2.2. LEVANTAMENTO DE TRÁFEGO	15
3. PROJETO	19
3.1. DIMENSIONAMENTO DE TRÁFEGO E NÚMERO DE BTS	19
3.2. POSICIONAMENTO E CONFIGURAÇÃO DE BTS	23
3.3. ANÁLISE DE COBERTURA E PESQUISA DE CAMPO	27
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
GLOSSÁRIO	35
APÊNDICE A – ROTINA DO MATLAB.....	36
APÊNDICE B – TIPO DE ANTENA UTILIZADA.....	37
APÊNDICE C – PREDIÇÃO INDIVIDUAL E COMPOSTA.....	40
APÊNDICE D – TABELA DE POSICIONAMENTO DOS SITES.....	41
APÊNDICE E – RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO.....	42
ANEXO I – PESQUISA DE TERMINAIS CELULARES.....	43
ANEXO II – TABELA DE ERLANG B.....	50
ANEXO III – PROCESSO DE ALOCAÇÃO DE FREQUÊNCIA.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

IMTS	Improved Mobile Telephone Service
EM	Estação Móvel
BTS	Base Transceiver Station
NMT	Nordic Mobile Telephone
CCC	Central de Comutação e Controle
CEPT	Conference Européenne des Administration des Postes et des Télécommunications
AMPS	Advanced Mobile Phone System
CDMA	Code Division Multiple Access
TDMA	Time Division Multiple Access
WP	Working Parts
GSM	Global System for Mobile Communications
MoU	Memorandum of Understanding
GoS	Grade of Service
RF	Rádio Frequência
WLL	Wireless Local Loop
HMM	Hora de Maior Movimento
Erl	Unidade de medida de Tráfego denominada Erlang
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ACIC	Associação Comercial e Industrial de Campinas
GPS	Posicionamento Global por Satélite

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema centralizado e sistema móvel celular Fonte: CelTec – Planejamento e Projeto de Sistemas Celulares (2000)	2
Figura 2. Padrões de reuso de frequências(K): (a) K=4; (b) K=7 Fonte: CelTec – Planejamento e Projeto de Sistemas Celulares (2000).....	4
Figura 3. Penetração do GSM na Europa Fonte: CelTec – Planejamento e Projeto de Sistemas Celulares (2000)	7
Figura 4. Base de dados de topografia Fonte: Software CelPlanner	12
Figura 5. Base de dados de morfologia Fonte: Software CelPlanner	12
Figura 6. Base de dados de imagem Fonte: Software CelPlanner	13
Figura 7. Base de dados de imagem aérea Fonte: Software CelPlanner	13
Figura 8. Regiões de abrangência do projeto Fonte: Software CelPlanner	14
Figura 9. Ilustração das faixas do espectro de frequência WLL Fonte: CelTec – Planejamento e Projeto de Sistemas Celulares (2002).....	17
Figura 10. Hexágono, padrão para se montar uma região de cobertura Fonte: Adaptado de Poli (2004)	18
Figura 11. Grids hexagonais criados na região de cobertura Fonte: Software CelPlanner	22
Figura 12. Imagem aérea de uma estação rádio base localizada sobre o edifício Fonte: Software CelPlanner	23
Figura 13. Posicionamento das estações sobre as regiões do projeto Fonte: Software CelPlanner ...	24
Figura 14. Configuração da Estação Rádio Base Fonte: Software CelPlanner	25
Figura 15. Distribuição de canais por setor Fonte: Adaptado de Poli (2004)	26
Figura 16. Relatório de cobertura por região antes da pesquisa de campo Fonte: Software CelPlanner	28
Figura 17. Relatório de cobertura por região Fonte: Software CelPlanner	28
Figura 18. Equipe de campo visitando terrenos: (a) terreno no bairro São Bernardo; (b) terreno no Jardim Nova Europa.	29
Figura 19. Relatório de cobertura por região após pesquisa de campo Fonte: Software CelPlanner	31
Figura 20. Relatório de estação de melhor servidor Fonte: Software CelPlanner	31
Figura 21. Ilustração de simulação de tráfego Fonte: Software CelPlanner	32
Figura 22. Tipo da antena utilizada: (a) seu diagrama de radiação; (b) imagem em 3ª dimensão Fonte: Software CelPlanner	37
Figura 23. Ilustração de uma predição individual Fonte: Software CelPlanner	40
Figura 24. Ilustração de uma predição composta Fonte: Software CelPlanner	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Sistemas celulares em operação na Europa na década de 80	5
Tabela 2. População nas regiões do projeto na HMM	19
Tabela 3. Dimensão das áreas em Km ² das regiões do projeto	19
Tabela 4. Porcentagem calculada do índice de penetração e market share	20
Tabela 5. Definição de tráfego por assinante	20
Tabela 6. Dimensão dos raios das regiões.....	21
Tabela 7. Distribuição do plano de frequência.....	26
Tabela 8. Posicionamento das Estações Rádio Base.....	41
Tabela 9. Relatório de simulação de tráfego	42

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	17
Equação 2	17
Equação 3	18
Equação 4	18
Equação 5	18
Equação 6	18

RESUMO

POLI, Leandro Augusto. **Planejamento de Sistemas Celulares: Estudo de Caso.** Itatiba, 2004. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2004.

Neste documento está incluso todo o processo utilizado para o planejamento de sistemas celulares: estudo de caso. O projeto terá como base o sistema GSM 1.8 GHz, utilizado pelas operadoras de telecomunicações. Os conceitos de propagação, tráfego e interferência serão estudados. Todo o projeto será realizado no software de planejamento CelPlanner.

Palavras-chave: Planejamento de sistemas celulares, sistema GSM 1.8 GHz, CelPlanner.

ABSTRACT

This document shows the whole process for planning mobile telecommunications systems: case study. The GSM 1.8 GHz system will be used as foundation. Propagation, interference and network traffic will also be covered on this article. The CelPlanner, a powerful tool for planning mobile telecommunications networks will be discussed as well.

Keywords: *Planning mobile telecommunications systems, GSM 1.8 GHz system, CelPlanner.*

1. INTRODUÇÃO

Desde o aparecimento da comunicação móvel, via rádio, o homem tem buscado o sistema considerado ideal, ou seja, aquele que lhe permita originar e receber uma chamada telefônica, estando ele em qualquer cidade ou país.

Os primeiros sistemas móveis, denominados centralizados, apresentavam as seguintes características:

- ?? Transmissão do tipo Broadcasting, isto é, cada sistema irradiante transmitia todas as frequências disponíveis no serviço;
- ?? Antena de transmissão localizada a grandes alturas, muitas vezes nos topos dos morros ou montanhas;
- ?? Grande potência de transmissão;
- ?? Possibilidade de reutilização das frequências empregadas somente a grandes distâncias, da ordem de centenas de quilômetros;
- ?? Mobilidade determinada pela cobertura de um único sistema irradiante;
- ?? Surgimento de áreas de sombra, com baixo nível de sinal no interior da área de cobertura, geralmente atrás de montanhas e edifícios;
- ?? Descontinuidade da chamada, quando a EM (Estação Móvel) saía da área atendida pela estação rádio base, ou seja, impossibilidade de existência de handoffs.

Um exemplo de sistema centralizado é o IMTS (Improved Mobile Telephone Service), desenvolvido pela Motorola, utilizado em Nova Iorque no ano de 1976. Este sistema operou em duas faixas de frequências, 150 MHz e 450 MHz, com as seguintes características:

Faixa de 150 MHz:

- ?? 6 canais, 320 assinantes;
- ?? 2400 assinantes na lista de espera;

?? Bloqueio de 50% na HMM.

Faixa de 450 MHz:

?? 6 canais;

?? 225 assinantes;

?? 1300 assinantes na lista de espera;

?? Bloqueio de 30% na HMM.

Na cidade de Brasília esteve em operação um sistema móvel IMTS, até o ano de 1989.

Como pode-se facilmente notar através dos dados acima, algo de novo deveria surgir de modo a desafogar esses valores de tráfego reprimido existente nos sistemas IMTS.

Surgiram os sistemas móveis celulares, onde a área geográfica a ser atendida pelo serviço é dividida em áreas menores, denominada células. Nesses sistemas não se realiza a transmissão do tipo *broadcasting*, mas sim transmissão de apenas alguns canais. Para que isso ocorra é necessária a divisão da faixa total de espectro selecionada para operação do serviço em conjuntos de canais, a serem designados a cada estação rádio base.

Na Figura 1, pode-se notar a diferença entre sistema centralizado e sistema celular.

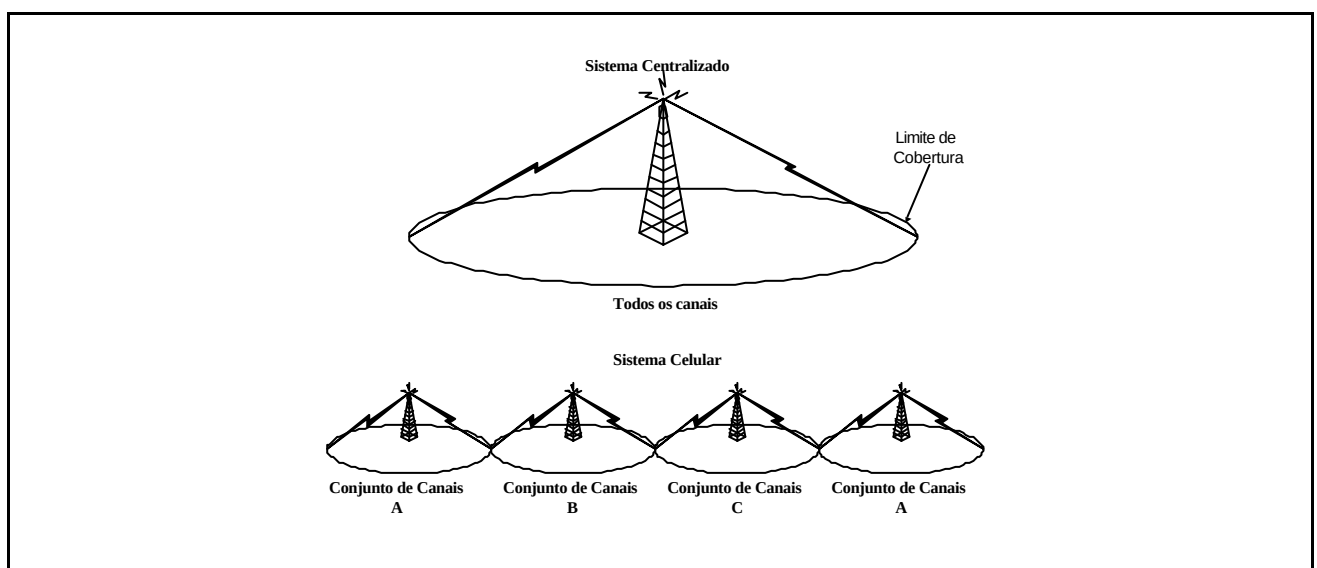


Figura 1. Sistema centralizado e sistema móvel celular
Fonte: CelTec – Planejamento e Projeto de Sistemas Celulares (2000)

As principais características dos sistemas celulares estão relacionadas abaixo:

- ?? Antenas de transmissão localizadas a baixas alturas em relação ao solo e não localizadas sobre topos de morros ou montanhas;
- ?? Baixa potência de transmissão proporcionando a cada estação rádio base pequena área de cobertura, favorecendo o controle sobre a interferência;
- ?? Baixa potência de transmissão dos terminais móveis, proporcionando maior autonomia da bateria e controle sobre a interferência;
- ?? Transmissão de apenas um conjunto de frequências específico por estação rádio base, dentre o total disponível;
- ?? Montagem de um conjunto de diversas pequenas áreas de cobertura (células), formando uma espécie de colméia, atendendo áreas contíguas do terreno;
- ?? Possibilidade de reutilização das frequências empregadas em uma célula, a partir de pequenas distâncias, de cerca de alguns quilômetros;
- ?? Mobilidade determinada pela cobertura do conjunto de células;
- ?? Continuidade da chamada quando a EM sai da área atendida por uma estação rádio base, ou célula, isto é, existência de *handoff*;
- ?? Crescimento do serviço obtido de maneira mais ordenada e com maior qualidade.

Ao conjunto de células, vizinhas entre si, onde não há repetição de grupos de frequências, dá-se o nome de *cluster*. Ao número de células existentes em um *cluster*, onde não há reutilização de frequências, dá-se o nome de fator de reuso (K).

A distribuição de frequências entre as células que compõem um *cluster* deve ser, à medida do possível, reproduzida por todas as demais células da área de serviço, de modo a se tentar manter constante a distância de reuso de frequências.

As células que utilizam o mesmo conjunto de frequências (células co-canais) devem estar geograficamente separadas de maneira a evitar interferência mútua excessiva.

Na Figura 2, pode-se observar o padrão de reuso de frequências num sistema celular.

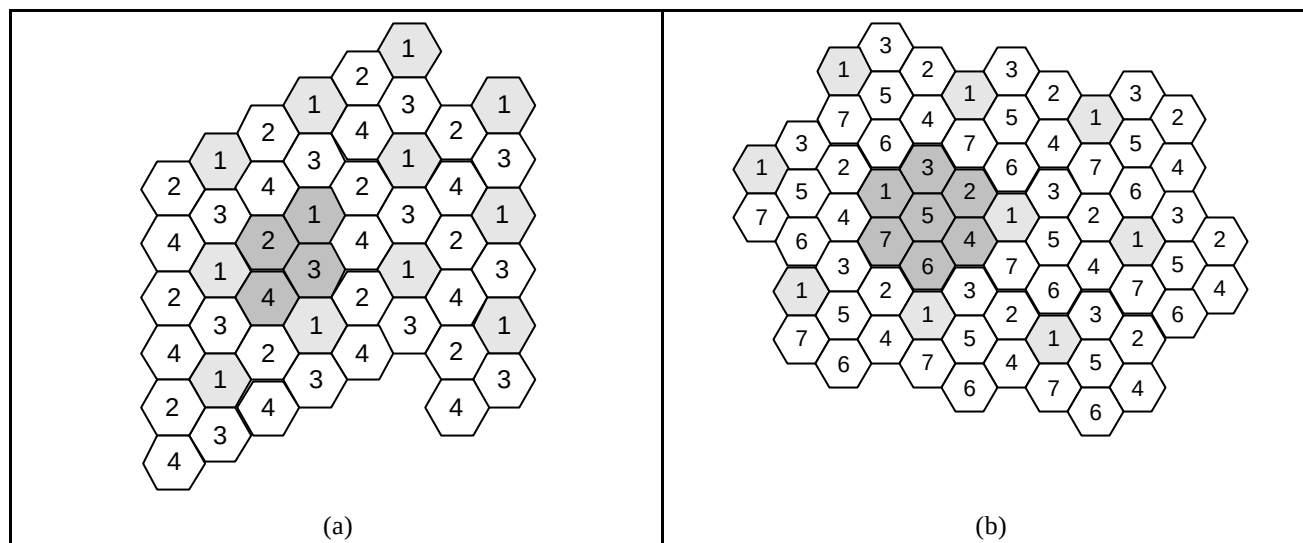


Figura 2. Padrões de reuso de frequências(K): (a) K=4; (b) K=7
Fonte: CelTec – Planejamento e Projeto de Sistemas Celulares (2000)

O primeiro sistema celular a entrar em operação comercial na Europa foi o NMT 450 (*Nordic Mobile Telephone*) que, na época de seu lançamento, tinha como objetivo introduzir o serviço celular para usuários dos países nórdicos. O sistema foi lançado na Suécia em 1981, com posterior expansão para Noruega, Dinamarca e Finlândia.

Da mesma forma que o sistema AMPS, o NMT 450 possuía modulação analógica, células de raio muito grande e baixa capacidade. Na época do lançamento destes sistemas, a telefonia celular ainda era vista como um serviço auxiliar. Nem mesmo as previsões mais otimistas previam um crescimento tão grande quanto o que ocorreu no decorrer da década de 80.

Logo após o lançamento do NMT 450, diversos outros sistemas foram lançados nos demais países do continente europeu. Devido à ausência de padronização entre os órgãos regulamentadores dos diferentes países, não foi elaborada uma norma que permitisse a compatibilidade entre os diferentes sistemas. Desta forma, cada país europeu praticamente adotou sua própria norma, na qual a banda de operação, a largura dos canais, as potências de transmissão, os protocolos de comunicação, enfim, todas as características técnicas apresentavam diferenças com a de outros países vizinhos.

Para os usuários esta grande diversidade de sistemas tornava-se um problema complexo à medida que não era permitido que seus telefones celulares fossem utilizados em países com sistemas

diferentes. Tratando-se de um continente tão subdividido como a Europa, este problema tornou-se crítico com o crescimento do número de usuários nos sistemas.

Na Tabela 1, são listados alguns padrões celulares europeus. Pode-se perceber a grande quantidade de países com mais de um sistema.

Tabela 1. Sistemas celulares em operação na Europa na década de 80

Sistema	Nordic Mobile Telephone (NMT-450)	Total Access Communication System (TACS)	Nordic Mobile Telephone (NMT-900)	Radicom 2000
Início de operação	1981	1985	1986	1985
Frequência de transmissão do terminal móvel (MHz)	450	890	890	VHF, UHF e 900
Frequência de transmissão da estação rádio base (MHz)	460	935	935	VHF, UHF e 900
Largura de banda (MHz)	4,5	2 x 7,5	25	3,2
Largura dos canais (KHz)	25	25	25	12,5
Número de canais	180	2 x 300	1000	256
Países que utilizam	Suécia, Noruega, Dinamarca, Finlândia, Islândia, Áustria, Bélgica, Espanha, Luxemburgo, Holanda	Reino Unido, Áustria, Espanha, Irlanda, Itália	Suécia, Noruega, Dinamarca, Finlândia, Holanda, Suíça	França

Fonte: CelTec – Planejamento e Projeto de Sistemas Celulares (2000)

Para possibilitar a unificação dos diferentes sistemas celulares até então existentes na Europa seriam necessárias mudanças muito grandes nas normas vigentes, uma vez que os sistemas operavam segundo padrões muitas vezes bem diferentes. Esta grande variação de normas motivou a criação de um novo padrão, desenvolvido gradualmente com a participação dos órgãos regulamentadores de diversos países com futuras operadoras do novo sistema.

Seguindo a diretriz de criar um sistema celular Pan-Europeu, em 1982 foi criado dentro do CEPT (*Conference Européenne des Administration des Postes et des Télécommunications*) um grupo responsável pela padronização deste novo sistema, denominado *Group Special Mobile* (GSM), onde sua primeira reunião ocorreu em 1982, em Estocolmo, com a presença de representantes de 11 países.

Os primeiros dois anos do GSM foram dedicados à discussão dos princípios fundamentais do novo sistema. A partir daí foram criados três grupos de trabalho (*Working Parts*) para discussão mais detalhada dos aspectos técnicos do sistema:

?? WPl - Definição dos serviços;

?? WP2 - Especificação da transmissão por rádio;

?? WP3 - Arquitetura da rede, protocolos de sinalização e interfaces entre as diversas partes do sistema.

Cada grupo de trabalho possuía autonomia para se reunir e estabelecer soluções para os problemas encontrados dentro das respectivas áreas.

Em 1985 uma detalhada lista de recomendações, elaborada durante o processo de normatização, foi emitida pelo grupo de estudo, GSM, contendo cerca de 100 tópicos, divididos em 12 áreas.

O trabalho do grupo entre 1986 e 1991 concentrou-se na elaboração destas recomendações, que em sua versão final abrangeu 130 tópicos, discutidos em mais de 5000 paginas.

Paralelamente a especificação das normas GSM, as futuras operadoras do sistema assinaram em 1987 um *Memorandum of Understanding* (conhecido como GSM MoU), visando estabelecer regras para facilitar a cooperação comercial e operacional da futura rede celular. Este documento discutia entre outros tópicos:

?? Cronograma para lançamento do novo sistema em operação comercial;

?? Compatibilidade da numeração e do roteamento das chamadas;

?? Compatibilidade de tarifação.

O nome do grupo foi posteriormente mudado para *Global System for Mobile Communications*, mantendo a mesma sigla GSM. Em 1989 ocorreu a validação do sistema GSM, já a comercialização foi iniciada no ano de 1991.

Na Figura 3, pode-se observar a quantidade de países que assinaram o *Memorandum of Understanding* (conhecido como GSM MoU), em 1992.

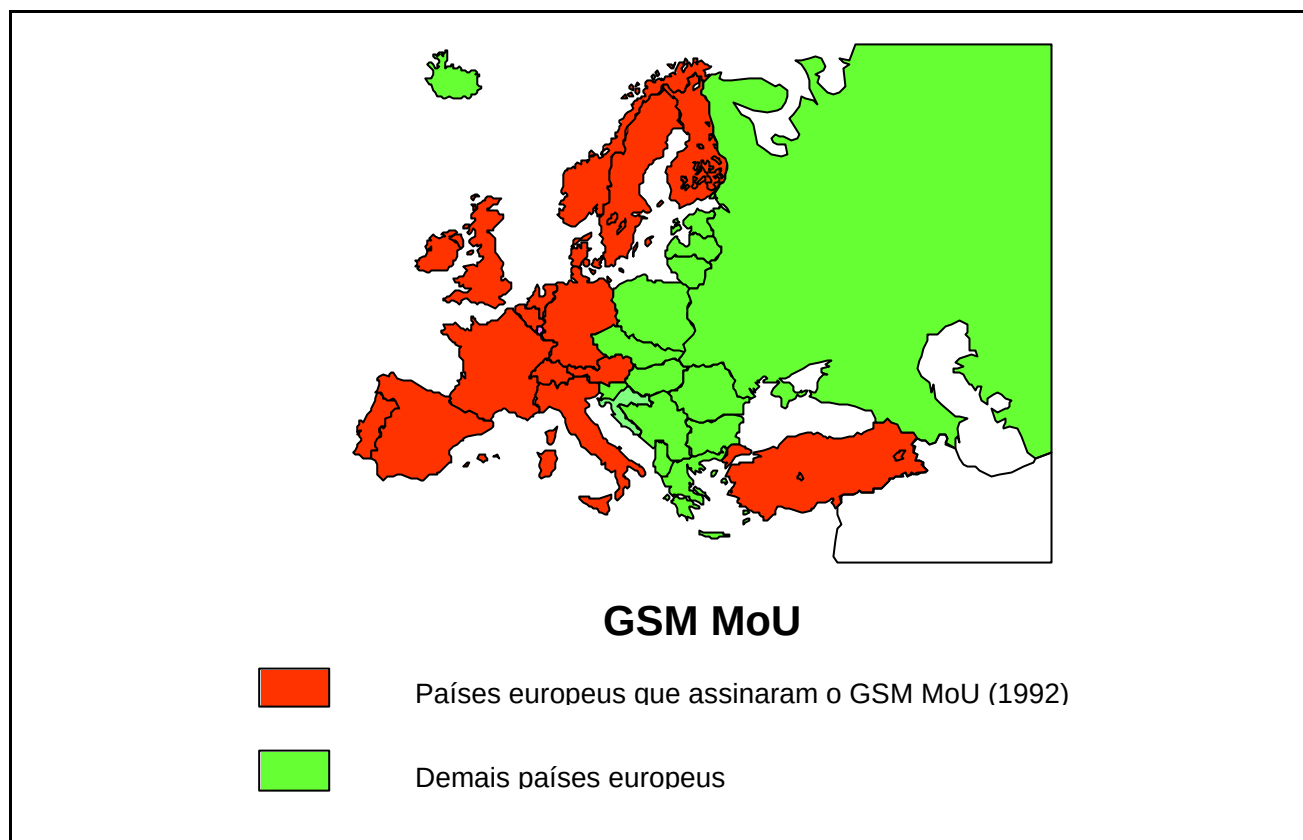


Figura 3. Penetração do GSM na Europa
Fonte: CelTec – Planejamento e Projeto de Sistemas Celulares (2000)

Este documento visa descrever o processo utilizado para o planejamento de sistemas celulares: estudo de caso de um sistema GSM 1.8 GHz . Será necessário estudar o sistema GSM utilizado pelas operadoras de telecomunicações, basicamente um sistema celular é estruturado sobre três parâmetros:

Propagação – Visa oferecer o máximo de cobertura de sinal na região de concessão de uma operadora de telefonia celular. Esta cobertura deve ser maior que 90%.

Tráfego – O dimensionamento correto de tráfego garante o GoS – Grade of Service. Um sistema mal dimensionado em tráfego gera insatisfação nos clientes, pois um determinado número de assinantes não consegue utilizar seus terminais. Essas chamadas não completadas são chamadas de bloqueio, e não devem ultrapassar 2% dos assinantes totais.

Interferência – Em todo sistema wireless é inevitável a presença da interferência. A interferência co-canal permite verificar se as células que utilizam o mesmo grupo de canais estão com interferência dentro do nível aceitável. No entanto o nível interferência deve estar abaixo do estabelecido pelas normas do sistema.

Outro estudo a ser realizado é o software de planejamento, o CelPlanner. Através do uso de bases dados contendo informações sobre topografia, morfologia, e pontos notáveis, o CelPlanner é capaz de realizar a predição de propagação de sinais gerados por dispositivos de um sistema.

Para realizar essa predição, o CelPlanner possui um conjunto de modelos de propagação que são empregados na simulação.

Além do recurso de predição, o software engloba a parte de planejamento de tráfego, fator de extrema importância para a operação do sistema dentro dos índices de qualidade especificados por órgãos regulamentadores. O software tem capacidade de trabalhar sobre uma série de bases de dados e simular a operação do sistema antes de qualquer implantação. A simulação permite ao planejador identificar os pontos críticos do projeto e corrigi-los de forma obter a maior eficiência da rede.

A necessidade encontrada refere-se ao posicionamento das Estações Rádio Base na base de dados do software CelPlanner, este posicionamento constitui um posicionamento virtual, pois foi realizado apenas pelo software. Para se obter resultados reais, vai ser necessário realizar uma tarefa denominada pesquisa de campo. Essa pesquisa visa identificar o posicionamento real dos sites, identificando o local correto, seja ele um terreno desocupado ou um prédio disponível para alocação de uma estação. Serão adotados alguns critérios para a escolha desses terrenos:

- ?? Disponibilidade de energia elétrica;
- ?? Localização em região alta;
- ?? Distante de linhas de transmissão de alta tensão;
- ?? Área útil acima de 150 m².

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo deste projeto é desenvolver uma metodologia de planejamento de sistemas celulares: estudo de caso de um sistema GSM 1.8 GHz que atenda uma demanda de tráfego com bloqueio menor que 2%, oferecer cobertura maior que 90% de uma região pré-estabelecida com

uma taxa de interferência menor que os parâmetros aceitos pelo sistema, utilizando o menor número de Estações Rádio Base possível.

1.1.2. Objetivos Específicos

Será necessário realizar estudos dos conceitos básicos de planejamento de redes wireless e modelos de predição e propagação de RF. Criar regiões de cobertura para se ter uma atuação específica do projeto. No projeto será necessário realizar pesquisas sobre a população da cidade de Campinas realizar a estimativa do número de habitantes nas regiões criadas no projeto. Fazer a projeção de penetração do sistema e estimativa do número de assinantes baseados em dados atuais. Através dos dados adquiridos determinar a demanda de tráfego por região e determinar o número de estações radio base em cada região, fazer a configuração da classe de potência em cada site analisando a necessidade de propagação da célula. Definir os modelos de antenas e seus parâmetros de posicionamento na torre. Determinar os canais por setores baseado no dimensionamento de tráfego. Com os sites configurados, realizar predições individuais e compostas. Analisar porcentagem de cobertura nas regiões e interferência entre os sites.

Realizar pesquisa de campo com uso de GPS a fim de otimizar o posicionamento dos sites, realizar novas atividades de planejamento de frequência para cada site utilizando a técnica de reuso de frequência, efetuar nova simulação e análise de cobertura de sinal com os sites reconfigurados de acordo com as novas coordenadas dos sites que foram alterados, realizar estudo do bloqueio oferecido pelo sistema e análise de interferência co-canal.

1.2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste projeto será necessário aperfeiçoar os conhecimentos no que está relacionado abaixo:

- Estudo das características de um sistema GSM;
- Simulação utilizando o software CelPlanner disponível no laboratório do Campus da Universidade São Francisco;
- Análise de campo para a instalação de possíveis sites;
- Análise de propagação, cobertura, interferência e demanda de tráfego.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho está fundamentada em desenvolver através dos conceitos de propagação, tráfego e interferência, a aplicação do software CelPlanner, uma metodologia de planejamento de sistemas celulares que atenda uma demanda de tráfego com bloqueio menor que 2%, oferecer cobertura maior que 90% de uma região pré-estabelecida com uma taxa de interferência menor que os parâmetros aceitos pelo sistema, utilizando o menor número de Estações Rádio Base possível.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A elaboração da estrutura teórica deste documento está direcionada nas frentes de estudos do sistema GSM, parâmetros de propagação, tráfego, interferência e funcionamento do software de planejamento CelPlanner.

2.1. CARACTERÍSTICAS DO CELPLANNER

A etapa inicial de aplicação no software é carregar as bases de dados da região da cidade de Campinas estabelecida no projeto.

As bases de dados disponíveis para o projeto são:

Topografia – Base de dados que contém a altitude do terreno em relação ao nível do mar.

Morfologia detalhada – Essa base de dados é considerada uma das mais importantes para a predição de propagação, pois contém dados detalhados sobre a região. Dentre esses dados pode-se citar altura de prédios, localização de ruas, avenidas, casas, áreas de vegetação, rios, lagos, etc.

Morfologia satélite – Possui informações também sobre morfologia, porém de uma forma mais agrupada, ou seja, é possível visualizar regiões urbanas, suburbanas, vegetação densa e vegetação rasteira. Devido a não disponibilidade da base de dados detalhada para toda região da cidade de Campinas, essa base de dados completa o mapa.

Imagens – São três mapas de imagens com resolução de 25K, 50K e 250K. Esses mapas fornecem dados sobre rodovias, bairros e distritos da cidade de Campinas.

Imagem aérea – Constituem a base para a geração da base de dados de Morfologia detalhada. Através dessas imagens é possível visualizar claramente as regiões e o que as constituem.

A seguir estão alguns exemplos das bases de dados da cidade de Campinas carregadas no CelPlanner.

Na Figura 4, está uma ilustração da base de dados de imagem de topografia disponível no software CelPlanner.

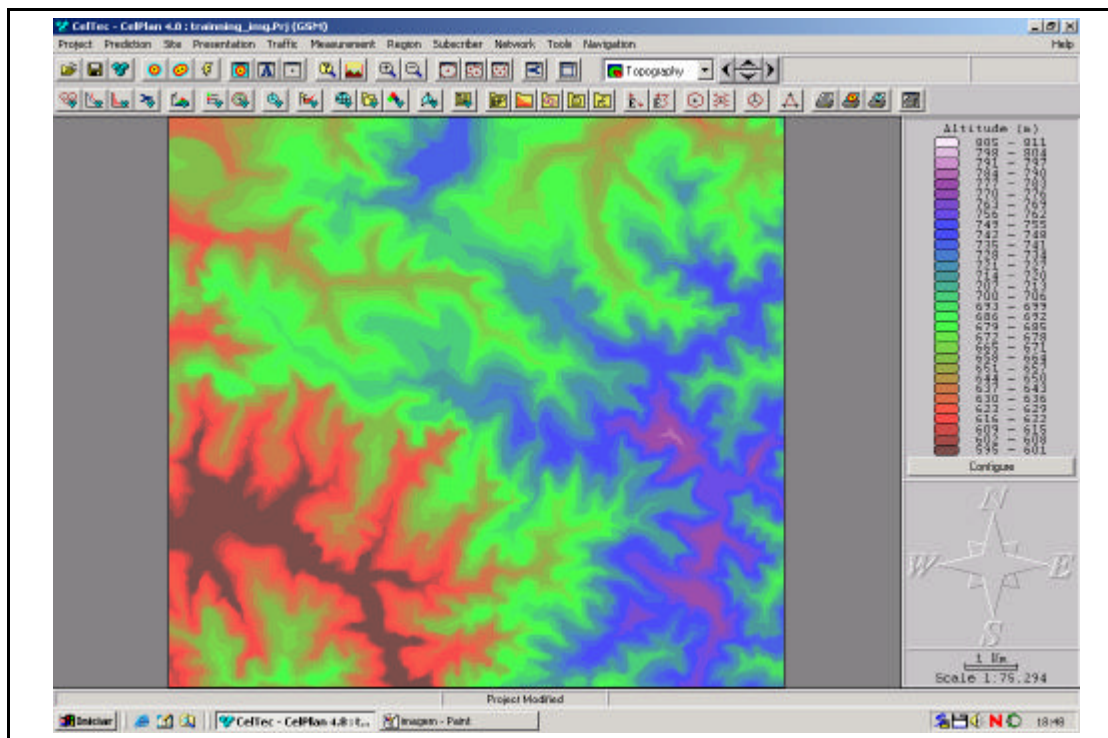


Figura 4. Base de dados de topografia
Fonte: Software CelPlanner

Na Figura 5, está uma ilustração da base de dados de imagem de morfologia detalhada disponível no software CelPlanner.

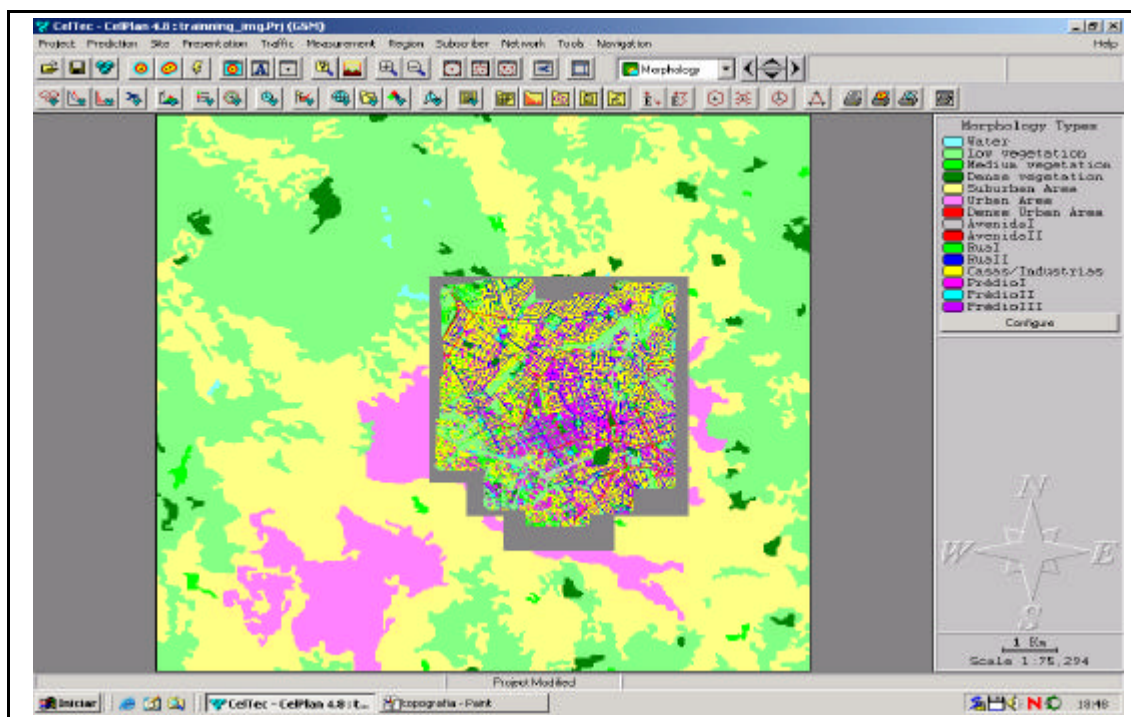


Figura 5. Base de dados de morfologia
Fonte: Software CelPlanner

Na Figura 6, está uma ilustração da base de dados de imagem disponível no software CelPlanner.

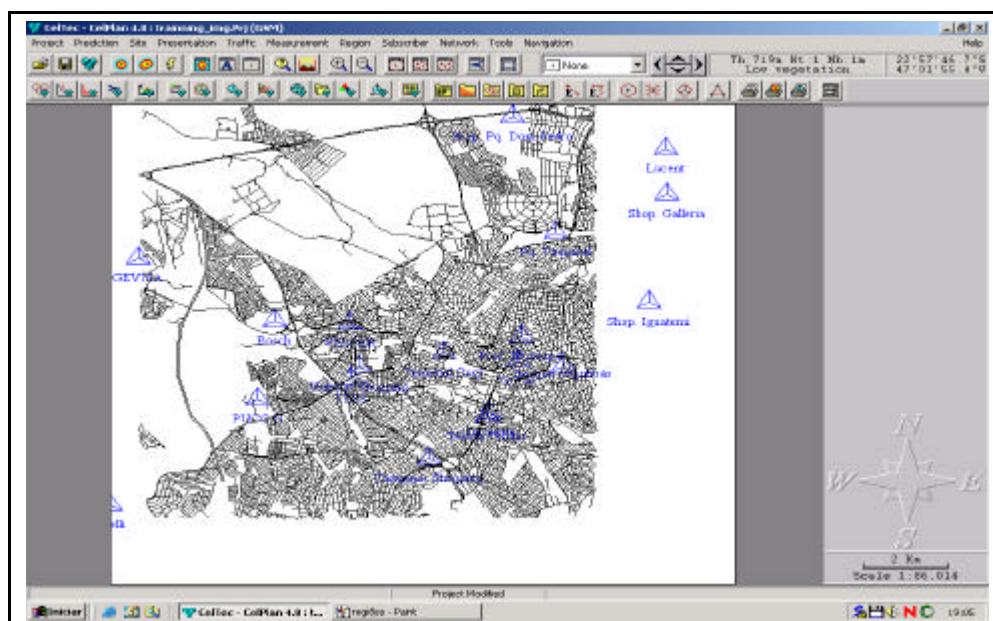


Figura 6. Base de dados de imagem
Fonte: Software CelPlanner

Na Figura 7, está uma ilustração da base de dados de imagem aérea disponível no software CelPlanner.

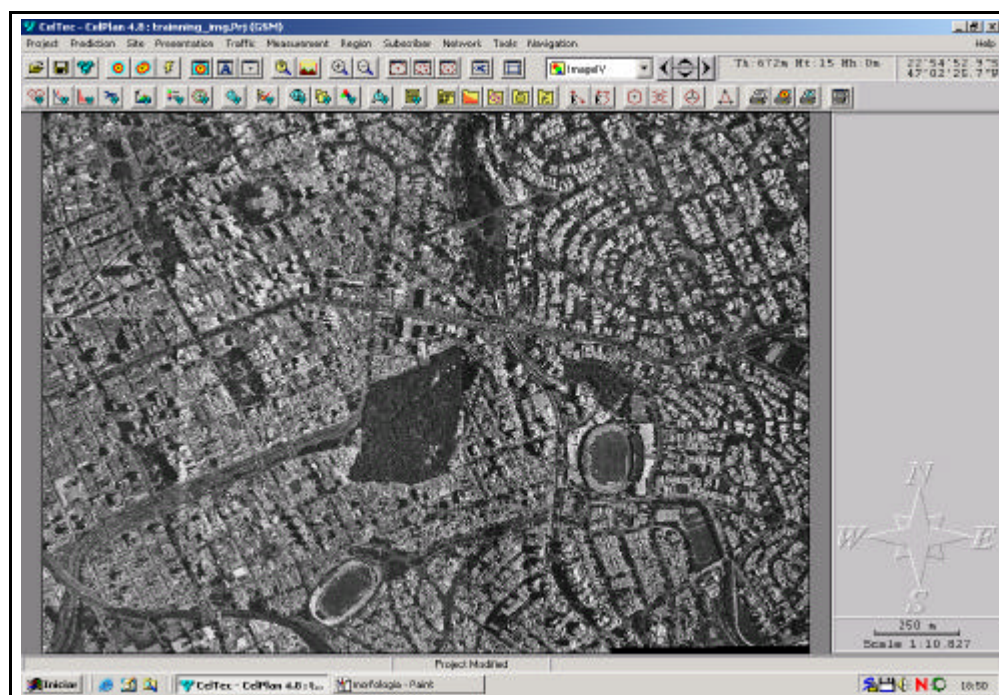


Figura 7. Base de dados de imagem aérea
Fonte: Software CelPlanner

A segunda etapa do projeto é a definição da área de cobertura. Foram criadas seis regiões, sendo três na área central da cidade de Campinas e as outras três na periferia. Essas regiões que compõem a área do projeto foram classificadas como a primeira fase. Por possuir uma área relativamente grande, o projeto ficará restrito inicialmente nessas regiões. Segue abaixo as regiões pré-definidas com suas respectivas nomenclaturas.

Na Figura 8, está uma ilustração das seis regiões de cobertura criadas no software CelPlanner que servirão de referência para a realização do projeto.

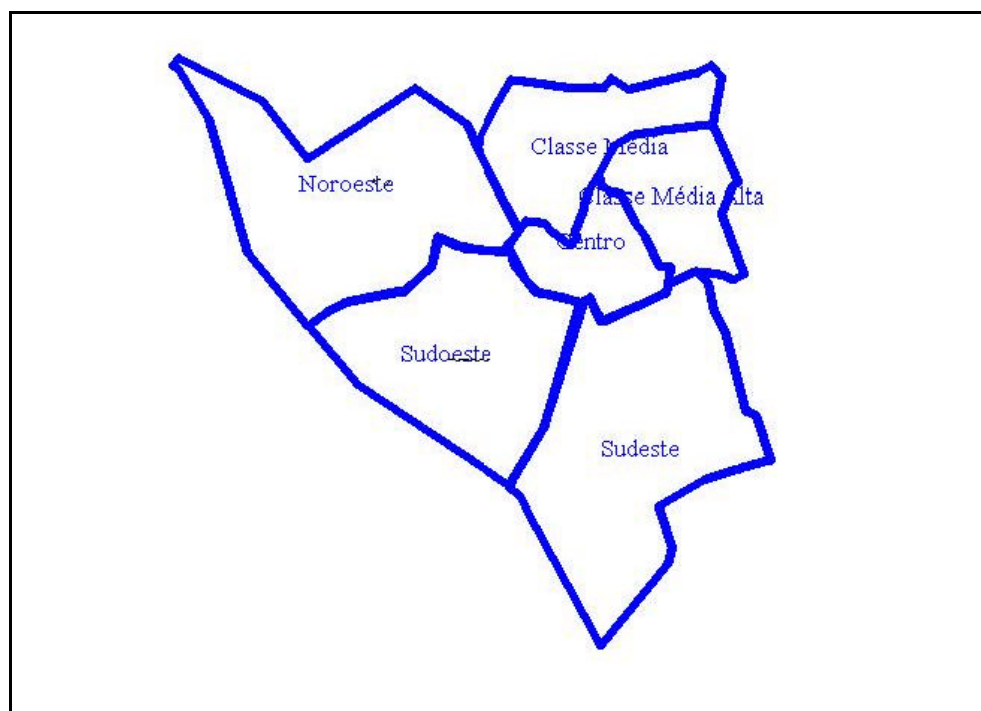


Figura 8. Regiões de abrangência do projeto
Fonte: Software CelPlanner

Dentro do conceito de planejamento, foram estudados os Modelos de Predição disponíveis no software. O CelPlanner dispõe de quatro modelos de predição que o constitui, sendo eles, o modelo do espaço livre, Lee, Okumura e Korowajczuk. Para a realização do projeto foi aplicado o conceito de dois modelos relacionados abaixo:

Modelo I - Lee-Picquenard Model

Consiste num modelo de Lee otimizado. Segundo [1] nesse modelo o sinal é atenuado pelo Modelo Espaço Livre até a distância de uma milha da antena. A partir de uma milha, o modelo considera a atenuação do meio de propagação em função da morfologia.

Modelo II - Korowajczuk Propagation Model

Este segundo modelo assemelha-se muito ao Modelo I, no entanto a atenuação total oferecida pelo meio é definida por três parâmetros. O primeiro parâmetro é quando o sinal se propaga sobre a morfologia, ou seja, quando a zona de Fresnel não toca o meio. Nesse caso a atenuação considerada é apenas a atenuação do espaço livre. A Segunda situação é quando a zona de Fresnel toca o meio. A atenuação passa então a ser definida através de uma tabela configurada no próprio software. O terceiro caso é quando o sinal atravessa a morfologia.

Segundo [2] o conceito de zona de Fresnel é basicamente uma ligação via rádio entre dois pontos A e B, sendo que o espaço entre essas duas localidades pode ser subdividido em uma família de elipsóides, conhecidos como elipsóides de Fresnel, todos eles com pontos focais em A e B.

2.2. LEVANTAMENTO DE TRÁFEGO

O próximo passo é efetuar o levantamento de tráfego. O parâmetro de tráfego de uma rede celular é de extrema importância para a eficiência do sistema depois de sua implantação, pois um sistema mal dimensionado gera insatisfação nos seus clientes que podem não conseguir realizar chamadas devido ao congestionamento dos canais. Para isto aplica-se um modelo básico composto por uma série de cálculos baseado na tabela de tráfego de Erlang B [3] disponível no Anexo II, posteriormente com esta mesma tabela e os dados que serão encontrados serão úteis para determinar o raio de uma célula ou o raio do grupo de células da região determinada no projeto.

No entanto, para aplicar esse modelo é necessário uma série de informações conforme descrito a seguir:

População: Refere-se ao número de pessoas que estão numa determinada região na HMM – Hora de Maior Movimento. Esse número é diferente do número de moradores de uma região, por exemplo. Esse valor é estipulado associando-se diversos fatores como o deslocamento das pessoas para a região central da cidade durante o horário comercial, e deve ser analisado no período mais crítico do dia.

Área: Corresponde a área da região a ser analisada.

Penetração: Este índice é um dos mais importantes do dimensionamento. O índice de penetração é a porcentagem da população que efetivamente possuem terminais celulares. Esse valor

é encontrado em dados fornecido pela ANATEL [4] e por outros órgãos, e atualmente está distribuído em regiões. Para esse índice é necessário também se fazer a projeção de crescimento anual do número de terminais. Esta projeção garante que o sistema estará em condições de suportar demandas futuras.

Market Share: Esse índice está associado ao tipo de tecnologia usada no projeto. Para o projeto em questão, esses dados foram espelhados a companhia operadora de telefonia celular TIM, que opera atualmente em todo Brasil.

Tráfego por assinante: O tráfego por assinante corresponde o quanto um assinante utilizaria seu celular em média na HMM (hora de maior movimento). Esse valor é fornecido na unidade Erlang. Para o projeto o tráfego por assinante foi analisado em duas classes, os assinantes do plano de serviços pré-pagos e pós-pagos. Isso se deve ao fato que essas duas classes utilizam terminais com critérios específicos, e possuem uma participação desproporcional na rede. Hoje o número de assinantes pré-pagos corresponde a 80% em média do total do número de assinantes de uma operadora.

Fator de reuso K: Esse fator corresponde ao número de células que compõe um cluster. O cluster corresponde ao grupo de células dentre quais o número de canais disponível serão distribuídos. O fator de reuso adotado para o GSM 1.8 GHz também obedece alguns padrões. Seguindo os padrões das redes em operação será usado fator $K=4$. Sendo assim, o cluster do sistema terá quatro células.

Setores: O número de setores está associado ao número de subdivisões dentro de uma única célula. Essas divisões são geradas através do uso de antenas diretivas para melhorar parâmetros de propagação e interferência. O número de setores de uma célula pode ser diferente entre as células do sistema. Por exemplo, uma torre com seis setores deve ter seis antenas de 60 graus.

Canais: O número de canais disponíveis para o sistema está relacionado à tecnologia escolhida e também à banda de operação desse sistema. É importante também ter sempre a idéia de qual será a faixa do espectro de frequências que deverá ser utilizado pelo sistema. Antes de iniciar propriamente um projeto de sistema de comunicação “wireless”, é necessário verificar em que faixa do espectro pode-se operar. Esse trabalho geralmente culmina na requisição de uso da faixa do espectro a um órgão governamental específico que, por sua vez, fornece ou não licença de uso da tal faixa por determinado período de tempo.

Na Figura 9, está uma ilustração da distribuição das faixas de frequências WLL (Wireless Local Loop).

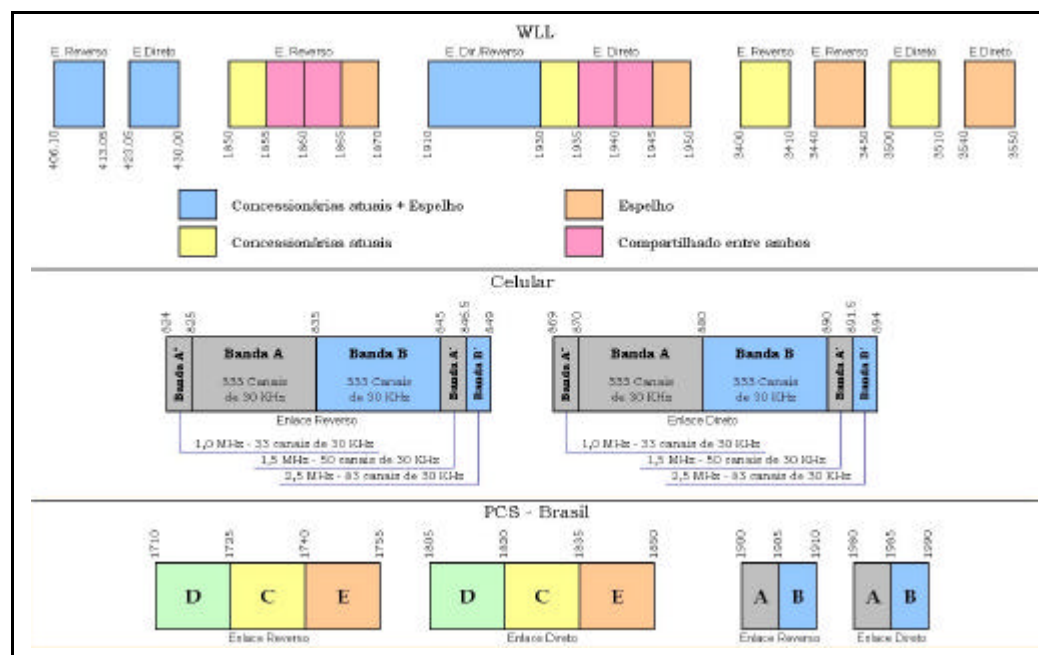


Figura 9. Ilustração das faixas do espectro de frequência WLL
Fonte: CelTec – Planejamento e Projeto de Sistemas Celulares (2002)

Cluster: São grupos de células onde os canais disponíveis são distribuídos.

Bloqueio: O fator de bloqueio corresponde a um índice estatístico que determina quantas chamadas serão bloqueadas no sistema. Por exemplo, um fator de bloqueio de 5% indica que dentre cem chamadas, cinco serão bloqueadas.

A seqüência de cálculo pode ser descrita de acordo com as equações relacionadas abaixo.

Na Equação 1, inicialmente encontra-se o número de assinantes do sistema.

$$\text{Assinantes} = \text{Penetração (\%)} \times \text{Market Share (\%)} \quad \text{Equação 1}$$

Na Equação 2, determina-se o número de assinantes por Km².

$$\text{Assinantes/Km}^2 = \text{Assinantes/Área} \quad \text{Equação 2}$$

Na Equação 3, sabendo-se o tráfego por assinante, é possível determinar o tráfego por Km².

$$\text{Tráfego/Km}^2 = \text{Assinantes/Km}^2 \times \text{Tráfego/Assinante} \quad \text{Equação 3}$$

Na Equação 4, é possível determinar o número de canais por setor.

$$\text{Canais/setor} = (\text{canais/K})/\text{setor} \quad \text{Equação 4}$$

Sabendo-se o número de canais por setor e o fator de bloqueio, é possível encontrar a demanda de tráfego fornecido por este setor através da tabela de Erlang B disponível no Anexo II.

Para encontrar a área de cobertura de um setor baseado no tráfego, basta fazer a razão:

$$\text{Área setor} = (\text{Tráfego/Setor}) / (\text{Tráfego/Km}^2) \quad \text{Equação 5}$$

Para uma célula com três setores a área correspondente dessa célula é determinada por:

$$\text{Área célula} = \text{Área setor} \times \text{setor/célula} \quad \text{Equação 6}$$

Após determinar o valor da área de uma célula, é possível determinar o número de células necessárias para cobrir uma área e também o valor do raio de cada célula. Para dimensionamento de tráfego, é utilizada a figura geométrica Hexagonal ao invés do círculo. O hexágono é utilizado porque é a figura que mais se aproxima do círculo e pode-se montar uma região de cobertura sem sobreposição ou com espaços vazios.

Na Figura 10, segue uma ilustração de uma região de cobertura feita por hexágonos.

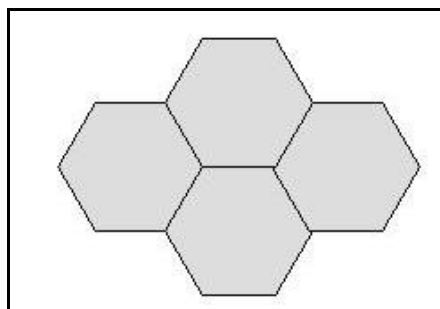


Figura 10. Hexágono, padrão para se montar uma região de cobertura
Fonte: Adaptado de Poli (2004)

3. PROJETO

Um ponto importante para a realização deste projeto é a pesquisa com dados reais sobre a situação atual da população nas regiões de cobertura do projeto, demanda de tráfego por assinante e classes de serviços, estimativa do índice de penetração baseada em fontes atuais. Após esses estudos é possível determinar a correta quantidade de BTS que serão responsáveis pela cobertura das regiões do projeto e, que estas atendam a demanda de tráfego do sistema. A determinação da quantidade de BTS de um sistema requer muita responsabilidade e exatidão, pois são investimentos a serem feitos, e que, se por algum motivo houver falha na quantidade disso, por exemplo, poderia ocasionar consideráveis prejuízos a uma operadora.

3.1. DIMENSIONAMENTO DE TRÁFEGO E NÚMERO DE BTS

Nessa etapa do projeto, o fator a ser determinado é o número de Estações Radio Base do sistema e o raio de cada célula estimado a partir da demanda de tráfego. O parâmetro de tráfego de uma rede celular é de extrema importância para a eficiência do sistema depois de sua implantação, pois um sistema mal dimensionado gera insatisfação nos seus clientes que podem não conseguir realizar chamadas devido ao congestionamento dos canais. Para o projeto foram adotados os seguintes critérios:

Na Tabela 2, segundo as pesquisas realizadas no IBGE [5] e outras fontes locais como a ACIC [6] – Associação Comercial e Industrial de Campinas, a população nas regiões do projeto na HMM foi a seguinte.

Tabela 2. População nas regiões do projeto na HMM

Regiões	Classe Média Alta	Classe Média	Centro	Sudoeste	Noroeste	Sudeste
População	118800	106250	162000	124000	152500	168330

Fonte: IBGE e ACIC (2004)

Na Tabela 3, pode-se observar as áreas em Km² são fornecidas automaticamente pelo software CelPlanner.

Tabela 3. Dimensão das áreas em Km² das regiões do projeto

Regiões	Classe Média Alta	Classe Média	Centro	Sudoeste	Noroeste	Sudeste
Área	2.97	4.25	2.43	7.44	9.15	10.1

Fonte: Software CelPlanner

Penetração e Market Share: Para estimar o índice penetração e Market Share da tecnologia GSM, pode-se contar com o auxílio de um profissional e analista de mercado na área de telecomunicações. O economista Carlos Manuel Mussato formado no curso de economia da Unicamp em 2002, atualmente funcionário da empresa CPqD em Campinas, realizou as projeções necessárias através dos dados previamente fornecidos pelo autor. Os dados detalhados da pesquisa de terminais celulares e os resultados completos estão no Anexo I e são estimados até Dez/2004. O índice de penetração também foi previsto até Dez/2004.

Na Tabela 4, estão os valores do índice de Penetração e Market Share.

Tabela 4. Porcentagem calculada do índice de penetração e market share

Penetração	Market Share GSM
38.08%	18%

Fonte: Adaptado de Mussato (2004)

Tráfego por assinante: Foi dividido em duas classes, sendo a de terminais pré-pagos com uma participação de 80% e pós-pagos com 20%. Esse número foi estimado com base nos dados das Operadoras GSM Claro e Oi, pois os valores da operadora TIM não foram divulgados.

O tráfego em Erlang foi estipulado em 10mErl para pré-pagos e 15mErl para pós-pagos. Esses valores não são disponibilizados por nenhuma operadora ou órgão regulamentador, pois são considerados dados-chaves para a concorrência. Os valores usados no projeto foram determinados baseados em dados fornecidos por pesquisadores das áreas de Engenharia de Tráfego Móvel e profissionais que trabalham com dimensionamento de redes.

Na Tabela 5, foram estipulados tráfegos para assinantes pré-pago e pós-pago.

Tabela 5. Definição de tráfego por assinante

Assinantes	Pré-pago	Pós-pago
Participação	80%	20%
Trafego (mErl)	10	15

Fonte: Adaptado de Mussato (2004)

Fator de reuso K: O fator de reuso adotado para o sistema GSM 1,8GHz também obedece alguns padrões. Seguindo os padrões das redes em operação será usado fator $K=4$. Sendo assim, o cluster do sistema terá quatro células.

Setores: O número de setores de uma célula pode ser diferente entre as células do sistema. Porém, para nível de cálculo foi considerado um número médio de três setores por célula, ou seja, três antenas diretivas com 120° cada.

Canais: O sistema GSM do projeto está alocado na frequência de 1800MHz na Banda C. Sendo essa banda alocada no espectro entre 1725MHz a 1740MHz para o enlace reverso e 1820MHz a 1835MHz no enlace direto, há disponível 15MHz por enlace. O GSM possui canais com largura de banda de 200KHz, desta forma são 75 portadoras de frequência no total. Levando-se em conta que na multiplexação do tempo consegue-se 8 time-slots por portadora, há disponível 600 canais físicos. Como o sistema irá operar com um cluster de quatro células, sendo três setores por célula, há um total de 12 setores por cluster.

O sistema GSM, assim como todo sistema de telefonia celular, necessita de canais de controle para operação. Dessa forma, obedecendo-se aos padrões é necessário no mínimo um canal de controle por setor. Portanto, o total de canais de voz disponíveis pode ser determinado por $600 - 12 = 588$.

Bloqueio: Para obedecer aos padrões de qualidade estipulados pela ANATEL [4] o fator de bloqueio usado será de 2%.

A sequência das equações 1 a 6 para se obter o raio das regiões, descritas anteriormente nas páginas 17 e 18 serão fundamentais neste passo. Para facilitar e agilizar os cálculos foi necessário executar a rotina criada no software MatLab que está descrita no Apêndice A .

Na tabela 6, estão representados os respectivos raios hexagonais das regiões do projeto.

Tabela 6. Dimensão dos raios das regiões

Regiões	População	Área Km2	Raio Hexagonal Km
Classe Média Alta	118800	2.97	1.0631
Classe Média	106250	4.25	1.3448
Centro	162000	2.43	0.8235
Sudoeste	124000	7.44	1.647
Noroeste	152500	9.15	1.647
Sudeste	168330	10.1	1.647

Fonte: Adaptado de Poli (2004)

Os dados compilados e os raios hexagonais definidos foram transferidos para o software CelPlanner.

No software CelPlanner há uma ferramenta de geração de grids. Essa função gera grids hexagonais automaticamente sobre as regiões definidas, além de determinar o número necessário de células para cobrir uma determinada região.

Na Figura 11, está demonstrada a geração dos grids hexagonais criados pelo software CelPlanner.

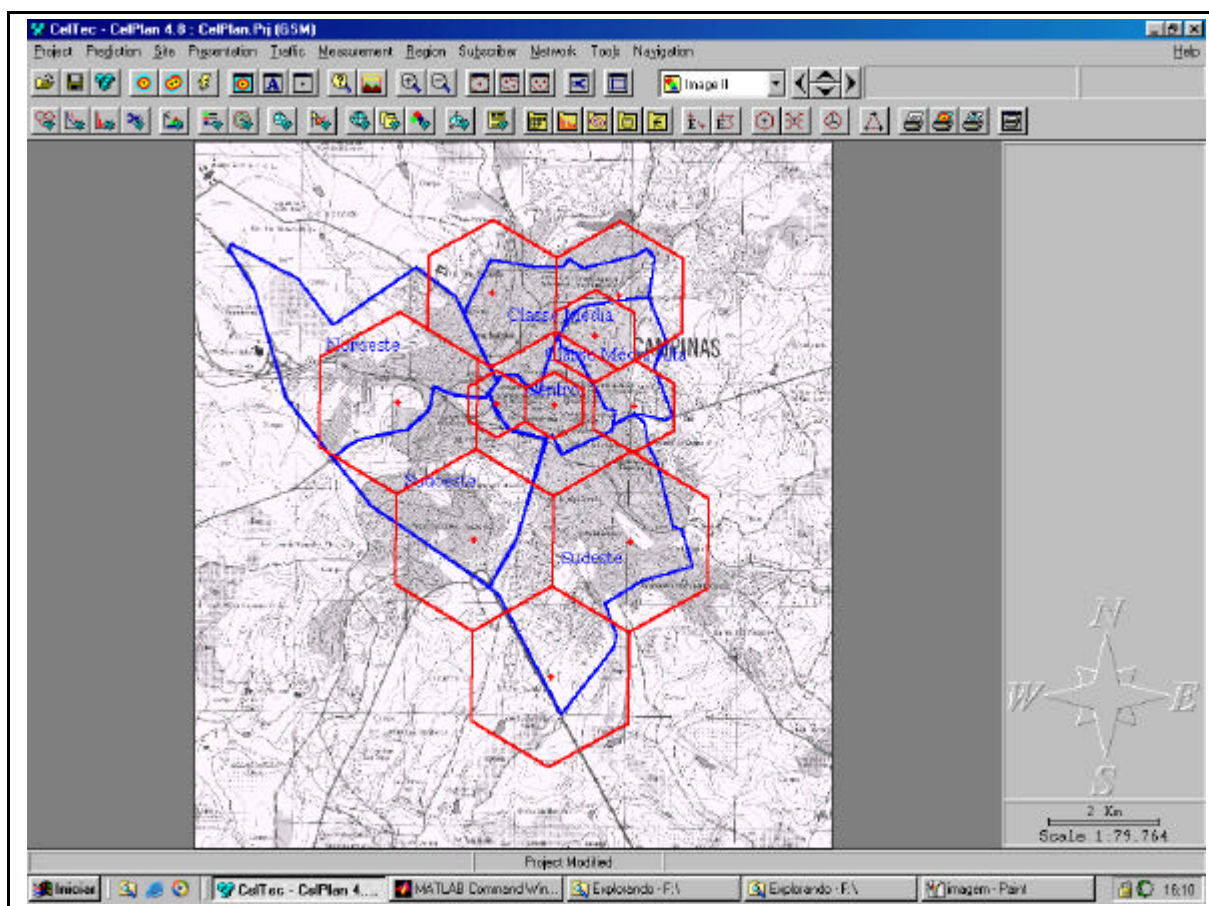


Figura 11. Grids hexagonais criados na região de cobertura

Fonte: Software CelPlanner

Após inserir os dados para cada região, foi possível determinar o número de células necessárias para a demanda de tráfego. Na figura 11, acima as regiões estão em azul, os grids estão em vermelho.

No total serão necessárias dez células para as seis regiões. Obedecendo aos padrões de reuso serão dois clusters de quatro células cada, mais duas células.

3.2. POSICIONAMENTO E CONFIGURAÇÃO DE BTS

Após a criação dos grids no software CelPlanner dos quais os raios foram determinados através do dimensionamento de tráfego, o próximo passo consiste no posicionamento das estações rádio bases na área do projeto.

Esse passo é fundamental para o sucesso e obtenção de bons resultados no planejamento, pois a localização de uma torre deve ser analisada não individualmente, mas sim como um grupo de torres que fornecerão a área de cobertura.

As torres foram posicionadas inicialmente sobre as regiões em locais determinados virtualmente, ou seja, nas posições arbitradas com o uso das imagens aéreas e de mapas da região. No entanto, apesar das bases de dados aéreas fornecerem uma ótima precisão de posicionamento de longitude e latitude, elas não fornecem uma precisão de altitude. Um exemplo prático é o posicionamento de uma estação sobre um prédio. A base de dados fornece uma altitude padrão de 30m, porém esse prédio provavelmente deve ter uma altura diferente.

Na Figura 12, é possível visualizar uma estação radio base posicionada sobre o edifício.

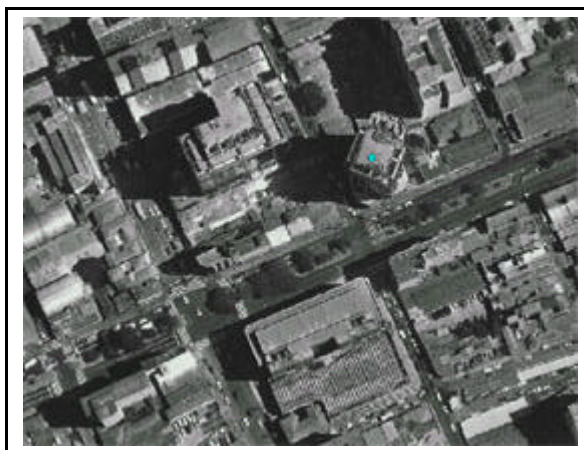


Figura 12. Imagem aérea de uma estação rádio base localizada sobre o edifício
Fonte: Software CelPlanner

De acordo com o dimensionamento de tráfego, o sistema necessita de dez torres, porém a imagem aérea cobre apenas a região central de Campinas. Isso implica no posicionamento de outras torres com um recurso mais limitado ainda, apenas mapas de ruas.

Na Figura 13, está o posicionamento das estações sobre as regiões do projeto. Pode-se observar na figura que existem referências na região, como por exemplo, a Bosch, estes são os pontos notáveis que é possível configurar na barra de comandos do software CelPlanner.

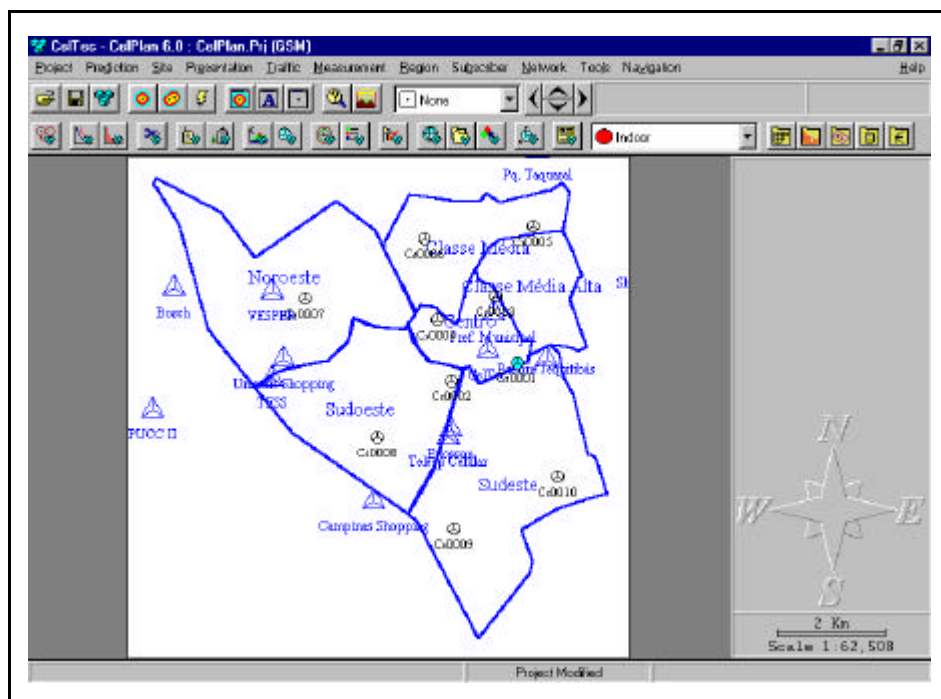


Figura 13. Posicionamento das estações sobre as regiões do projeto
Fonte: Software CelPlanner

Essa deficiência de posicionamento torna necessário mais uma atividade, o trabalho de pesquisa de campo, para a verificação e posicionamento correto das torres. Essa tarefa permite identificar a altitude nas torres posicionada com imagem aérea, e também uma definição concreta das outras torres. Isso evita o erro de se posicionar virtualmente uma estação que possa estar em local proibido, ou seja, sobre uma casa, uma indústria, etc.

Essa atividade de pesquisa de campo será realizada posteriormente, utilizando um GPS para realizar essas verificações.

Após o posicionamento virtual das torres, é necessário configurar cada site. Essa configuração determina altura da estrutura da torre, tamanho e perda de cabo, potência de cada estação, tipos e posicionamento de antenas na torre.

De acordo com a faixa de frequência utilizada no projeto, é possível escolher o tipo de antena e visualizar seu respectivo diagrama de radiação. Esta ilustração está disponível na Figura 22 do Apêndice B. Existem diversos tipos de antenas de diferentes fabricantes disponíveis no software CelPlanner. O software também tem um recurso de importação de dados técnicos de antenas de vários fabricantes que pode ser incorporado no seu interior.

Na Figura 14, está demonstrada a configuração da estação rádio base, ou seja, tipo da antena, altura da torre, modelo de predição, frequência de operação e posicionamento geográfico e azimute das antenas.

CelPlan - Radio Base Station

Site: Cs0004
Latitude: 22° 54' 04.89" S
Longitude: 047° 04' 01.54" W
Name:

Type: Standard
Donor: Cs0001
Active: ☒
Phase: Phase 1
Area: Area 1

Sectors: 3
Resolution: 1"
Radius: 5.0 Km

Model: Model II
Parameters: Prd 1
Adjustments: Ait 1

☐ Preferred Site
☒ Power From Link Budget
☐ Switched Beam Antenna
☐ Neighbor System Site
☐ Override Terrain Altitude
Terrain Altitude: 0 m

Str	Cod	Typ	Azm	Tilt	Aht	Antenna	Pwr	Frq	nTc	Trf	Htp	Hhp	Hth	Hhs	Hdt	Hql	Mrg
1	D1	TR	0	3	30.0	AP181213	46.14	1780.0	56	1.000	-85	3	-90	5	35	4	0
2	D2	TR	120	3	30.0	AP181213	46.14	1780.0	56	1.000	-85	3	-90	5	35	4	0
3	D3	TR	240	3	30.0	AP181213	46.14	1780.0	56	1.000	-85	3	-90	5	35	4	0

Color Antenna Link Budget
Frequency Neighbors List User Data

Selected Site 4 / 10

Figura 14. Configuração da Estação Rádio Base
Fonte: Software CelPlanner

Foram utilizadas para os sites, três antenas Celwave, 120° de azimute e 2° de elevação. As antenas foram posicionadas a 120° cada para cobrir 360° na torre. A torre possui 30m de altura.

O próximo passo é definir os canais por setor. A definição adequada dos canais utilizados pelas estações rádio base leva a uma diminuição da interferência gerada no sistema. É importante definir os canais para cada um dos setores de maneira a tentar manter uma distância mínima de reuso entre as portadoras. Além disso, para que a simulação de tráfego mostre resultados precisos, com o cálculo correto das taxas de bloqueio, é imprescindível que os setores já possuam seus canais configurados.

Na Figura 15, segue uma ilustração de como será aplicada a distribuição de canais por setor.

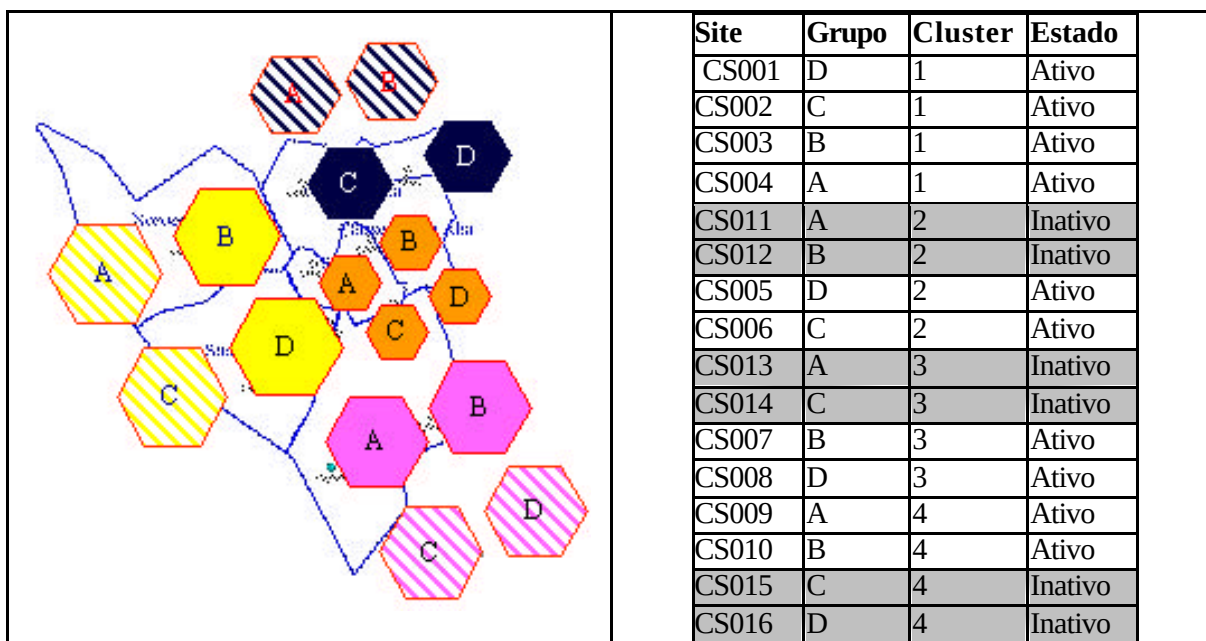


Figura 15. Distribuição de canais por setor
Fonte: Adaptado de Poli (2004)

O planejamento deve ser sempre iniciado pela região mais crítica do projeto. Como há uma demanda de tráfego maior na região central, o primeiro cluster formado é composto pelos sites Cs001, Cs002, Cs003 e Cs004 e os demais seguiram a seguinte configuração conforme a ilustração da Figura 15. Nota-se na Figura 15 que as células com ranhuras não constam no plano de frequências, porém são alternativas de expansão do sistema.

Na Tabela 7, segue o plano de frequência elaborado de acordo com a faixa de frequência para ser utilizado no projeto. São 75 portadoras distribuídas no grupo dos canais.

Tabela 7. Distribuição do plano de frequência

[CelPlan DT GFQ]

Dsc GSM1800

nGr 12

nFg 7

Grp	1A	2A	3A	1B	2B	3B	1C	2C	3C	1D	2D	3D	Frq
C01	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
C02	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	2
C03	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	3
C04	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	4
C05	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	5
C06	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	6
C07	73	74	75										7

Fonte: Adaptado de Poli (2004)

A Tabela 7 é de sua importância para a ilustração da alocação de frequência desses canais. O grupo 1A, 2A e 3A representam os 3 setores da célula A que possui 7 frequências disponíveis. Os demais grupos possuem apenas 6 frequências.

O plano de frequência ficou configurado com dois clusters de quatro células mais duas células para atingir o número de dez torres; três setores por célula; uma célula do cluster com sete frequências e três células com seis frequências disponíveis.

O processo de alocação das frequências está ilustrado no Anexo III. O software CelPlanner também conta com um recurso de importação de outros planos de frequência realizados em softwares de planilha para dentro dele.

Para os sistemas digitais que utilizam técnicas de múltiplo acesso, como por exemplo, a tecnologia GSM que utiliza TDMA, é muito importante que se saiba a diferença entre canais lógicos e canais físicos.

Para o software CelPlanner, cada canal selecionado na janela *Frequency Channel* representa um canal físico, ou seja, uma portadora. O software CelPlanner calcula automaticamente o número de canais de voz/ dados a partir do número de frequências selecionadas previamente.

Como exemplo, o número de canais de voz/ dados do sistema GSM, ou seja, o número de canais lógicos, corresponde ao número de time-slot de uma mesma portadora, sendo que o primeiro time-slot de apenas uma das portadoras selecionadas, por setor, será considerado como canal de controle.

3.3. ANÁLISE DE COBERTURA E PESQUISA DE CAMPO

Com os sites devidamente configurados e a distribuição de canais por setor realizado, a predição individual passou a ser o próximo passo. A predição individual é a cobertura de sinal oferecida por cada site individualmente.

Após a predição individual realizada para cada site, o software CelPlanner tem condições de realizar a predição composta. Essa predição compõe a região de cobertura de sinal efetiva que será aplicada ao sistema. Essas ilustrações estão disponíveis nas Figuras 23 e 24 do Apêndice C.

A partir dessa predição foram gerados relatórios que mostram os resultados de cobertura por região e por interferência co-canal. Os resultados foram bem sucedidos. No relatório por região, o nível mínimo de sinal considerado para se manter uma chama ativa é de -110dBm .

Na Figura 16, pode-se observar o resultado do relatório de cobertura por região. Sendo meta do projeto uma cobertura mínima de 90% por região, pode-se notar que em algumas regiões o resultado foi acima do esperado.

CelPlan - Region Prediction

Área de Interesse

Forward Signal (dBm)	Served Area (%)							
Region	-80	-85	-90	-95	-100	-105	-110	-115
Classe Média Alta	8.1	14.2	22.9	36.0	51.7	74.5	91.7	98.7
Classe Média	28.9	40.0	51.5	64.4	77.6	89.8	97.2	99.4
Centro	15.4	19.9	27.0	40.2	56.0	77.8	94.7	99.1
Sudoeste	13.2	19.9	31.2	52.2	73.8	89.7	96.2	98.6
Noroeste	14.1	24.9	40.3	54.6	67.2	81.6	92.6	98.3
Sudeste	23.0	36.7	54.0	69.5	78.6	88.4	95.1	98.8
Total	17.7	27.7	41.3	56.9	70.9	85.3	94.6	98.7

OK Help Disk Export

Figura 16. Relatório de cobertura por região antes da pesquisa de campo
Fonte: Software CelPlanner

Na Figura 17, observa-se a interferência co-canal por cada estação rádio base, ou seja, é a interferência resultante do nível de sinal de um certo grupo de canais que é reutilizado em outro setor. Na simulação realizada, verifica-se que a interferência entre as células está inferior a 1%.

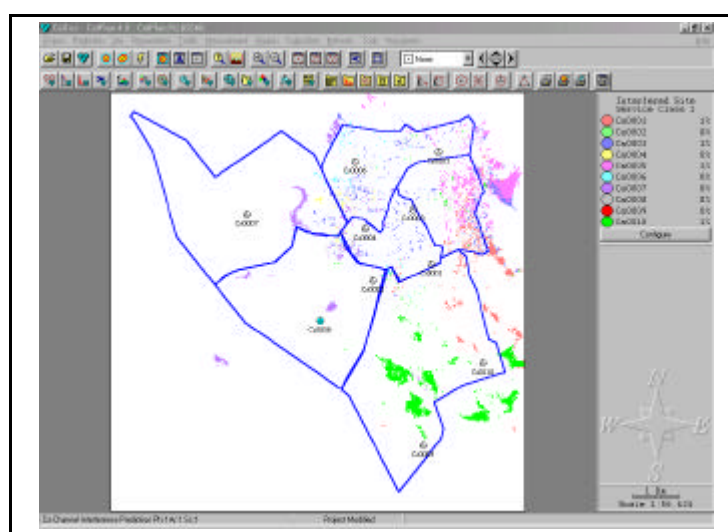


Figura 17. Relatório de cobertura por região
Fonte: Software CelPlanner

O ponto importante de observação é que esses resultados são preliminares. O resultado final de cobertura deve ser obtido após a conclusão do trabalho de pesquisa de campo, no posicionamento real dos sites, e após a reconfiguração de frequência dos setores de cada site e um novo processamento e simulação de predição com os dados reais.

Na etapa anterior a atividade de posicionamento dos sites foi realizada e a primeira predição executada. No entanto, conforme havia sido comentado, esse é um posicionamento virtual, pois foi realizado apenas pelo software. Para se obter resultados reais, uma tarefa necessária é a pesquisa de campo. Essa pesquisa visa identificar o posicionamento real dos sites, identificando o local correto, seja ele um terreno desocupado ou um prédio disponível para alocação de uma estação.

Uma equipe de campo montada juntamente com os alunos da Universidade UNISAL em Campinas, munida de um GPS e um mapa contendo o pré-posicionamento das estações, visitou os dez sites que estão no projeto.

Na Figura 18, pode-se notar a equipe visitando um terreno no bairro São Bernardo e num terreno no Jardim Nova Europa.



Figura 18. Equipe de campo visitando terrenos: (a) terreno no bairro São Bernardo; (b) terreno no Jardim Nova Europa.

Foram dois dias para a realização desta pesquisa. Nesse período foram visitados vários terrenos que possuíam alto potencial para a instalação desses sites levando em consideração os critérios adotados no início, ou seja, disponibilidade de energia elétrica, localização em região alta, distante de linhas de transmissão de alta tensão, área útil acima de 150m².

Os sites que foram posicionados sobre os prédios inicialmente foram mantidos, porém foi necessária a visita do local para verificar a altura correta do prédio. Dentre os dez sites visitados, apenas cinco tiveram suas posições alteradas.

A Tabela 8, que se encontra no Apêndice D possui as coordenadas dos novos sites, o endereço, altura relativa do terreno e a altura necessária da antena.

A pesquisa de campo também foi muito útil na verificação dos sistemas já em operação. Alguns sites já instalados por companhias operadoras de telefonia móvel como a Vivo, Claro e Tim foram analisados.

Com o decorrer da pesquisa de campo foi possível visitar um dos sites da operadora Claro, antiga Tess localizado na rua Jambreiro próximo ao hipermercado Extra da Av. Abolição com as respectivas coordenadas geográficas Lat 22° 55' 39.0" e Lon 47° 02' 33.9". Dentre os sites visitados, esse nos chamou a atenção pela operação em conjunto de dois sistemas no mesmo local. Na torre o conjunto de antenas mais antigo, o superior, opera no sistema TDMA. Já o conjunto inferior opera na tecnologia GSM.

Essa alocação é possível, pois a operadora possui as duas tecnologias. Não há interferências entre os sistemas porque eles operam em frequências diferentes, TDMA 850MHz e o GSM 1800MHz. Um fato observado é que o endereço que consta na placa do site 9123 é o endereço da central da Claro situado na Av. John Boyd Dunlop, 501 no Jd. São Bento.

Após a pesquisa de campo, as coordenadas dos locais escolhidos foram transferidas para o Software CelPlanner, juntamente com as alterações da altura das torres. Essa nova configuração permite uma nova simulação de propagação e análise da cobertura que o sistema terá se as torres forem posicionadas nas localidades indicadas.

Com os sites posicionados nas novas coordenadas, foram realizadas novas previsões individuais para todos os sites e em seguida gerou-se a previsão composta final. Uma análise fundamental e muito interessante é a comparação dos indicadores de cobertura do sistema. Um novo relatório foi gerado e comparado com o anterior ilustrado na Figura 16.

Na Figura 19, pode-se notar no relatório de cobertura por região após pesquisa de campo que houve uma melhoria significativa do sinal.

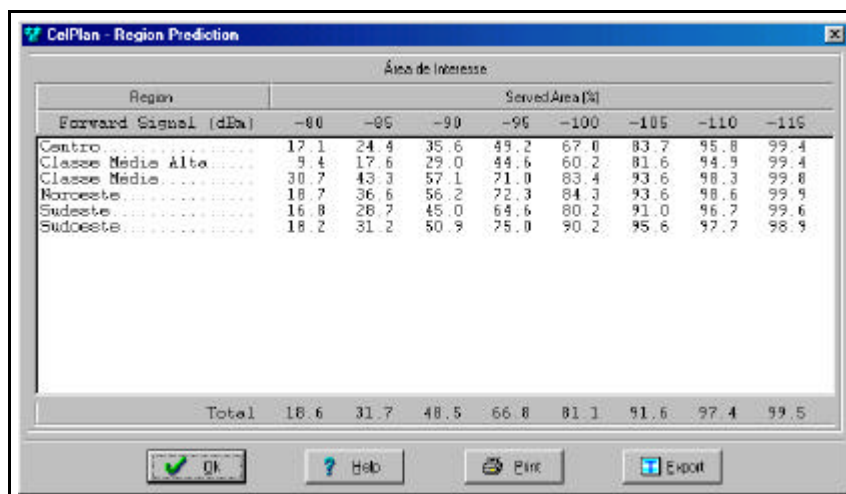


Figura 19. Relatório de cobertura por região após pesquisa de campo
Fonte: Software CelPlanner

Quando se compara o relatório da Figura 16 com o relatório da Figura 19, pode-se notar a melhora no resultado, isso comprova a eficiência da pesquisa de campo realizada e do posicionamento estratégico adequado.

O nível de sinal -110dBm representa o limite para se realizar uma chamada em um terminal, e nessa potência o sistema oferece uma cobertura de 97,4%, muito além do requisito estipulado no início do projeto que é de 90%.

Na Figura 20, pode-se observar uma outra simulação, a de melhor servidora, ou Best Server. Nessa simulação é possível analisar para toda região qual antena oferece o melhor sinal para um determinado ponto.

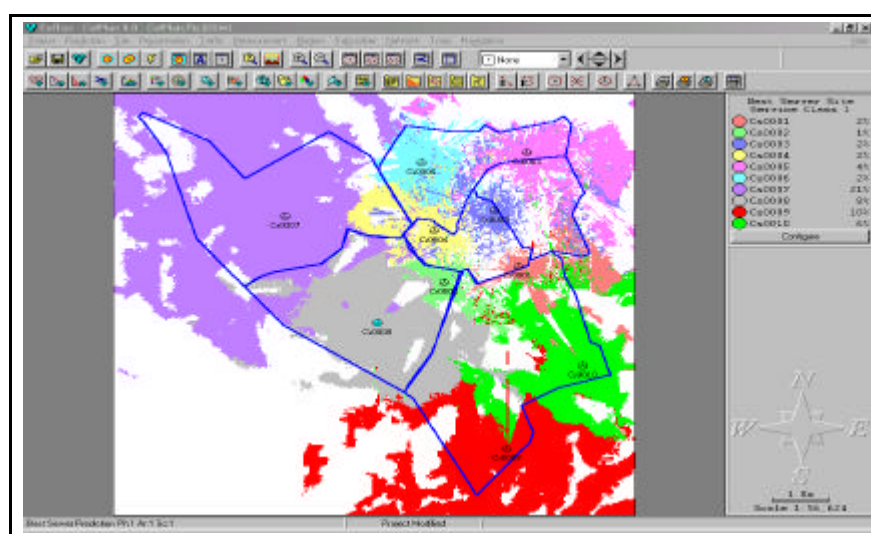


Figura 20. Relatório de estação de melhor servidor
Fonte: Software CelPlanner

Através dessa análise pode-se verificar que nem sempre o site mais próximo da localização é necessariamente o mais adequado para se realizar uma chamada. Uma torre que está a 1Km de uma localização, pode em determinados casos oferecer níveis de sinais piores que outra localizada a 2Km dessa mesma localização.

A simulação de tráfego é uma das principais análises do sistema, pois através dela consegue-se verificar o quanto o sistema suporta de tráfego, e se a distribuição de canais realizada foi adequada. Segundo o planejamento realizado, o sistema está preparado para operar até Dez/2004. O tráfego escoado na região segundo os dados fornecidos pelo sistema é de 682.980 Erl.

Na Figura 21, nota-se que nessa simulação o sistema está com índice de bloqueio muito abaixo do estimado de 2%. Isso indica que o planejamento de frequência está correto.

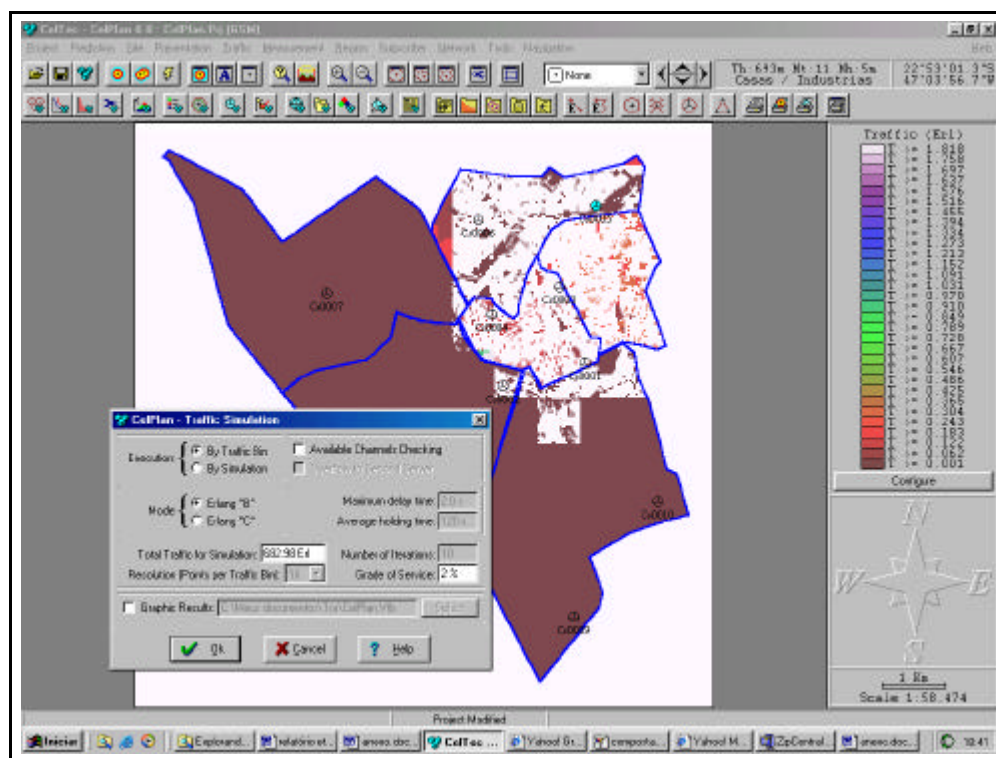


Figura 21. Ilustração de simulação de tráfego
Fonte: Software CelPlanner

O relatório completo contendo as análises realizadas no projeto está disponível na Tabela 9 do Apêndice E.

Esses relatórios e todas as informações que estão contidas neste projeto são os dados que uma operadora de telefonia móvel celular necessita para implantar uma infraestrutura de sistemas celulares, segundo as especificações iniciais do projeto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No projeto acima descrito, algumas habilidades foram destacadas. A pesquisa realizada sobre dados geográficos da população de Campinas, análise do mercado de Telecomunicações Móveis, Market Share das operadoras, e projeções de crescimento, foram conduzida com responsabilidade para se obter o máximo de precisão nas estimativas realizadas. O contato com profissionais de outras áreas e outras empresas, como, por exemplo, o economista Carlos Manuel Mussato, acrescentou muito valor no projeto e nos estudos. Além disto a aplicação do software Matlab no projeto facilitou e agilizou os cálculos dos raios das células em cada região do projeto, necessário para estabelecer a quantidade correta do número de estações rádio base para atender o sistema.

O posicionamento das dez estações rádio base nas regiões do projeto, teve bastante importância para o sucesso e obtenção de bons resultados no planejamento, pois a localização de uma torre teve de ser analisada não individualmente, mas sim como um grupo de torres que forneceram a área de cobertura. A realização da configuração de potência de uma torre, a configuração estrutura, ou seja, antena, altura da torre, a definição adequada dos canais utilizados pelas estações rádio base também foram itens fundamentais para a obtenção dos relatórios de predição. Para a pesquisa de campo foi necessário um planejamento das atividades a serem realizadas, levantamento da rota a ser seguida, estudo técnico dos sites já instalados e viabilidade dos equipamentos a serem empregados. Todo trabalho foi realizado com sucesso perante a nova pesquisa de campo, que tinha como finalidade verificar as coordenadas definitivas de cada torre. O planejamento de frequência de cada site foi novamente reconfigurado, e uma nova simulação e análise de cobertura de sinal com os sites já reconfigurados foi comparada com o relatório gerado anteriormente, este passo foi fundamental, no entanto, os resultados obtidos foram melhores que os anteriores.

Esse projeto apesar de ser didático, possui toda estrutura de um projeto profissional. Uma empresa de telefonia móvel celular poderia com toda certeza utilizar os dados levantados para a implantação de uma rede celular para a cidade de Campinas, pois todos os dados que alimentaram o projeto são reais. Posso dizer que tive a oportunidade de lidar com várias situações, desde as mais simples até as mais complexas, que me fez empenhar ainda mais para a conclusão deste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LEE, WILLIAM C.Y. **Mobile Communications Design Fundamentals**. 2th ed. [New York]: John Wiley & Sons, Inc, 1993. 372p.
- [2] MIYOSHI, EDSON M.; SANCHES, CARLOS A. **Projeto de Sistemas Rádio**. Érica, 2002. 536p.
- [3] ERLANG. Disponível em: <<http://www.erlang.com.br/download/ErlangB.PDF>> Acesso em: 28 de outubro 2004.
- [4] ANATEL Agência Nacional de Telecomunicações. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br>> Acesso em: 13 de setembro 2004.
- [5] IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 15 setembro 2004.
- [6] ACIC Associação Comercial e Industrial de Campinas. Disponível em: <<http://www.acicnet.org.br>> Acesso em: 15 de setembro 2004.
- [7] HAYKIN, SIMON **Communication and Systems**. 3th ed. [New York]: John Wiley & Sons, Inc, 1994. 872p.
- [8] LATHI, B. P. **Digital and Analog Communication Systems**. 3th ed. [Oxford]: University Press, 1998. 781p.
- [9] BATEMAN, ANDY **Digital Communications**. [England]: Addison Wesley Longman Limited, 1998. 221p.
- [10] FARUQUE, SALEH. **Cellular Mobile Systems Engineering**. Artech House, 1996. 292p.
- [11] YACOUB, MICAEL DAOUD **Foundations of Mobile Radio Engineering**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 481p.
- [12] LEE, WILLIAM C.Y. **Mobile Celular Telecommunications**. 2th ed. [New York]: MC Graw Hill, 1995. 664p.
- [13] RAPPAPORT, THEODORE S. **Wireless Communications**. Prentice Hall, 1996. 641p.

GLOSSÁRIO

Broadcasting	Transmissão do sinal radiada para todo o sistema com alta potência.
Handoff	Local onde ocorre a transição do móvel de uma célula para a outra.
Cluster	Grupo de células.
Market-Share	Pesquisa de crescimento anual do número de terminais móveis no mercado.
Time-Slot	Slot de Tempo.

APÊNDICE A – ROTINA DO MATLAB

Rotina Matlab

```
%      Dimensionamento de Tráfego Sistema GSM

população=input('Entre com o número de habitantes >');
area=input('Entre com o a área em Km2 >');
penetracao=0.3802      % Índice de penetracao
market_share=0.18 % Market share GSM
assinantes=população*(penetracao*market_share)
assinantes_Km2=assinantes/area;
trafego_assinante=0.0110      %  $0.8*0.010+0.2*0.015$ 
trafego_km2=assinantes_Km2*trafego_assinante;
canais=588      % 600 - 12 canais de controle
k=4      % Padrao GSM 1800MHz
setor=3      % Setores por Celula
canais_celula=canais/k;
canais_setor=canais_celula/setor
c=canais_setor;
[trafego_setor]=erlang(c);
area_setor=trafego_setor/trafego_km2;
area_celula=area_setor*setor;
raio_hexagono=sqrt((area_celula/3)*0.866)
```

```
function [trafego_setor]=erlang(c);
c=fix(c);
canais=[12...60];
n=find(canais==c);
trafego=[0.02
0.22
0.60
...
46.80
47.80
48.70
49.60];
trafego_setor=trafego(n);
```


APÊNDICE B – TIPO DE ANTENA UTILIZADA

Na Figura 22, está uma ilustração do modelo da antena escolhida para o projeto

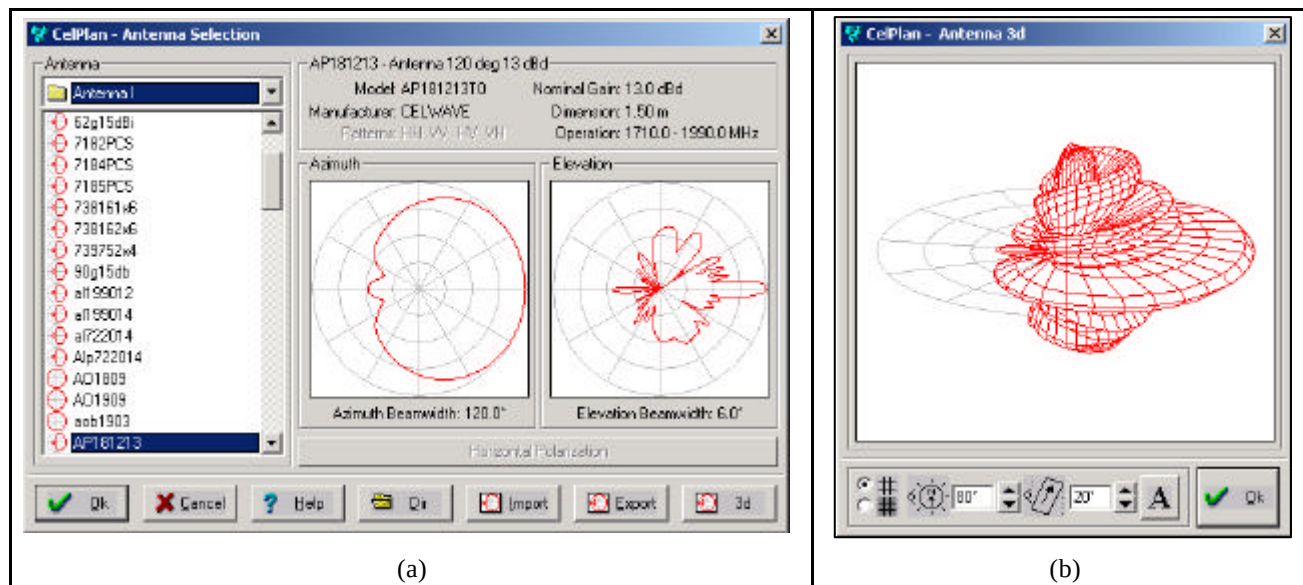


Figura 22. Tipo da antena utilizada: (a) seu diagrama de radiação; (b) imagem em 3ª dimensão

Fonte: Software CelPlanner

Antena utilizada

Horizon II *macro* indoor Feature Specifications

Frequency GSM 900 and 1800 MHz frequencies

Configurations Up to 24 carriers per site

Up to 12 carriers per sector

Up to 12 carriers per cabinet

Up to 3 sector per cabinet

Up to 6 sectors per site

RF Power Output 63W at antenna connector (single carrier)

900MHz 20W at antenna connector (single carrier)

1800MHz 16W at antenna connector (2 carriers combined)

Height Less than 1 metre

Stackable, overall total height less than 2 metres

(24 carriers)

Footprint (WxD) Approx. 700mm x 400mm

Weight Less than 120 Kg for fully populated cabinet

Less than 255 Kg for two cabinets stacked

Environmental -5C to +45C

Power AC 88-264V, 45 to 66Hz, DC +27V or -48/60

Receive Sensitivity -112 dBm Static

1800 MHz -110dBm Faded

Receive Sensitivity -110 dBm Static

900 MHz -108.5 dBm Faded

Environmental ETS 300 019-1-3 Class 3.2 Operator Indoor

ETS 300 019-1-2 Class 2.3 Transport

ETS 300 019-1-1 Class 1.3E Storage

Type Approval I-ETS 300 609-1

EMC Exceeds the requirements of EU Directive

89/336/EEC relating to Electromagnetic

Compatibility Amending Directives 91/263/EEC,

92/31/EEC, 93/97/EEC. Exceeds the requirements

of ETS 300 342-2

Safety Exceeds the requirements of EU Directive

73/23/EEC, the Low Voltage Directive. Exceeds the

requirements of EN 41003, EN 60215 and EN 60950

APÊNDICE C – PREDIÇÃO INDIVIDUAL E COMPOSTA

Na Figura 23, pode-se observar a predição individual realizada para o site Cs004, faz-se necessário realizar a predição para todos os demais sites do projeto.

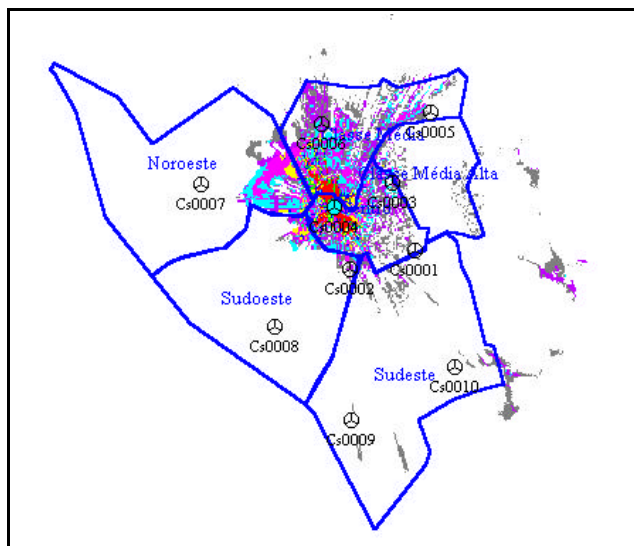


Figura 23. Ilustração de uma predição individual
Fonte: Software CelPlanner

Na Figura 24, está ilustrado o resultado da predição composta do projeto.

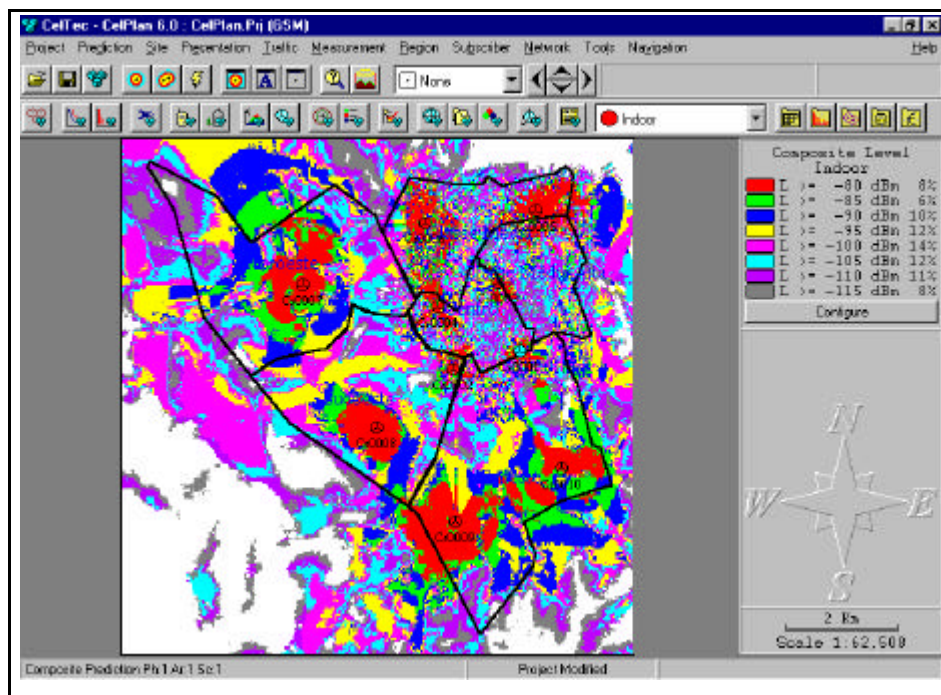


Figura 24. Ilustração de uma predição composta
Fonte: Software CelPlanner

APÊNDICE D – TABELA DE POSICIONAMENTO DOS SITES

Tabela 8. Posicionamento das Estações Rádio Base

Site	Coordenada inicial	Nova Coordenada	Altitude	Antena
CS001	Lat 22° 54' 12.27''	Lat 22° 54' 15.30''	702m	35m
	lon 47° 03' 54.88''	lon 47° 04' 00.70''	681m	30m
Rua Barreto Leme x Saldanha Marinho				
CS002	Lat 22° 54' 41.40''	Lat 22° 54' 43.00''	714m	35m
	lon 47° 03' 51.40''	lon 47° 03' 43.20''	717m	35m
Rua Francisco Teodoro x Dona Maria Soares				
CS003	Lat 22° 54' 14.24''	Lat 22° 54' 21.14''	682m	40m
	lon 47° 03' 19.29''	lon 47° 03' 11.00''	684m	30m
Rua Conego Ciprião				
CS004	Lat 22° 53' 49.32''	Lat 22° 54' 07.10''	678m	40m
	lon 47° 02' 46.55''	lon 47° 02' 40.30''	679m	30m
Rua Engenheiro Carlos Steverson, n° 483				
CS005	Lat 22° 53' 07.37''	Lat 22° 53' 12.90''	676m	30m
	lon 47° 03' 22.14''	lon 47° 03' 21.80''	661m	30m
Rua João Stanis x Castro Mendes				
CS006	Lat 22° 53' 19.17''	Lat 22° 53' 18.40''	713m	35m
	lon 47° 04' 16.94''	lon 47° 04' 19.40''	697m	30m
Rua João Jose x Miguel ressurreição				
CS007	Lat 22° 53' 51.52''	Lat 22° 53' 57.51''	700m	45m
	lon 47° 05' 27.41''	lon 47° 05' 29.3''		35m
Av Governador Pedro de Toledo 2300				
CS008	Lat 22° 55' 14.78''	Lat 22° 55' 11.2''	690m	30m
	lon 47° 04' 40.02''	lon 47° 04' 36.61''		30m
Rua Minas Gerais esquina com Rua Rio de Janeiro				
CS009	Lat 22° 56' 09.75''	Lat 22° 56' 41.4''	746m	30m
	lon 47° 03' 49.9''	lon 47° 03' 15.5''		30m
Av Baden Powell esquina com Rua São José do Rio Pardo				
CS010	Lat 22° 55' 09.75''	Lat 22° 55' 41.7''	748	30m
	lon 47° 03' 49.99''	lon 47° 02' 28.4''		30m
Av Mirassol esquina com Av Abolição				

Fonte: Software CelPlanner

APÊNDICE E – RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

Tabela 9. Relatório de simulação de tráfego

[CelPlan DT TRS]			Without available channels checking			
Traffic Simulation			Simulated Traffic		682.980 Erl	
Mode Erlang "B"			Grade of Service		2%	
Execution by Traffic Bin			Resolution		16	
Rbs	Sct	nTc	Ctr	Nct	Blq	Stc
Cs0001	1	47	10.787	0.000	0.0	18
Cs0001	2	47	8.772	0.000	0.0	15
Cs0001	3	47	2.243	0.000	0.0	6
Cs0002	1	47	32.673	0.000	0.4	42
Cs0002	2	47	6.010	0.000	0.0	12
Cs0002	3	47	3.674	0.000	0.0	9
Cs0003	1	47	7.535	0.000	0.0	14
Cs0003	2	47	16.747	0.000	0.0	25
Cs0003	3	47	13.335	0.000	0.0	21
Cs0004	1	55	21.514	0.000	0.0	30
Cs0004	2	55	24.127	0.000	0.0	33
Cs0004	3	55	32.361	0.000	0.0	42
Cs0005	1	39	5.265	0.000	0.0	11
Cs0005	2	71	61.533	0.000	2.6	73
Cs0005	3	31	6.361	0.000	0.0	12
Cs0006	1	47	3.588	0.000	0.0	8
Cs0006	2	47	7.475	0.000	0.0	14
Cs0006	3	47	23.006	0.000	0.0	32
Cs0007	1	47	27.634	0.000	0.0	37
Cs0007	2	55	44.944	0.000	2.0	56
Cs0007	3	39	27.080	0.000	0.6	36
Cs0008	1	47	26.307	0.000	0.0	35
Cs0008	2	63	40.155	0.000	0.0	50
Cs0008	3	31	17.775	0.000	0.1	26
Cs0009	1	55	13.889	0.000	0.0	21
Cs0009	2	55	0.569	0.000	0.0	3
Cs0009	3	55	9.939	0.000	0.0	17
Cs0010	1	47	21.330	0.000	0.0	30
Cs0010	2	47	3.686	0.000	0.0	9
Cs0010	3	47	21.260	0.000	0.0	30

10	30	1458	541.570	0.000	767
----	----	------	---------	-------	-----

Carried Traffic	541.572 Erl	79.3 %
Not carried traffic - Lack of channels	0.000 Erl	0.0 %
Not carried traffic - Lack of coverage	141.408 Erl	20.7 %
System blocking probability	2.860 Erl	0.5 %

Fonte: Software CelPlanner

ANEXO I – PESQUISA DE TERMINAIS CELULARES

Pesquisa Terminais Celulares

27/03/2004

	Telefones (Milhões)	Total	Fixo	Celular	Densidade Total Telefones por 100 hab.
1	Brasil	73,7	38,8	34,8	42,38
2	México	40,9	14,9	25,9	40,12
3	Argentina	14,5	8,0	6,5	39,64
4	Colômbia	12,4	7,8	4,6	28,56
5	Chile	9,9	3,5	6,4	65,87

Fonte: UIT 2002

Terminais Celulares por Tecnologia (Fev 04)

Tecnologia	Dezembro 2003	Fevereiro 2004			
		Nº Terminais		Cresc. mês	Cresc. no ano
AMPS	618.073	602.927	1,3%	-225	-2,45%
TDMA	24.897.184	24.801.458	51,8%	101.529	-0,38%
CDMA	14.003.545	14.243.477	29,8%	276.803	1,71%
GSM	6.854.464	8.217.731	17,2%	532.242	19,89%
Total	46.373.266	47.865.593	100%	910.349	3,22%

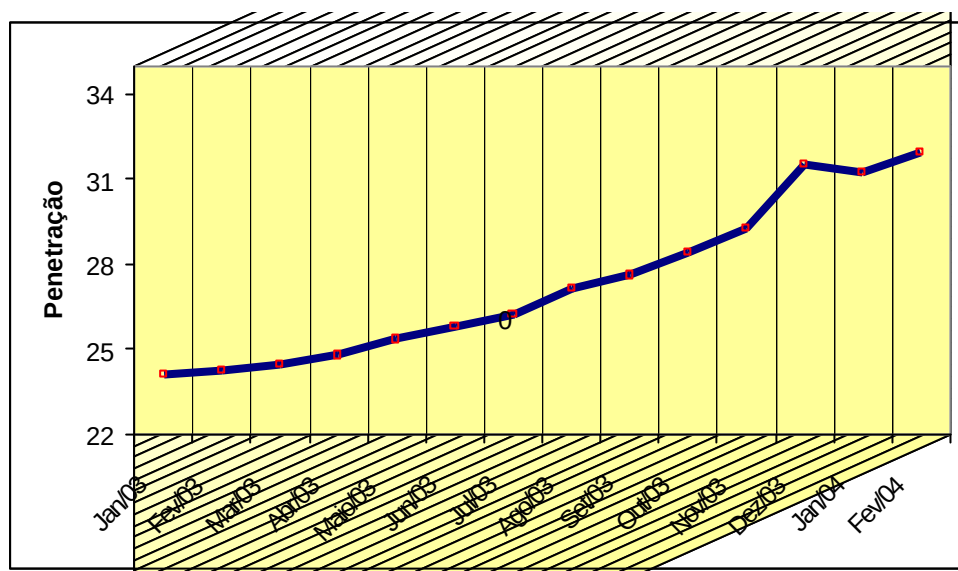
Fonte: ANATEL, atualizado em 18/03/04

Região SMP/SMC/Estado (milhares)

Região		Estado	Dez 2003	Fev 2004		
SMP	SMC			Nº Celulares	Cresc. no ano (%)	Densidade (cel/100 hab)
I	3	Rio de Janeiro	6.755,33	6.781,16	0,4	45,11
		Espírito Santo	762,1	788,71	3,5	23,91
	4	Minas Gerais	4.532,97	4.613,65	2,9	24,86
		Amazonas	696,76	709,95	3,8	23,33
	8	Roraima	79,19	80	2,0	21,98
		Pará	1028,73	1.051,64	4,6	16,07
		Amapá	131,3	139,09	5,9	25,15
		Maranhão	535,48	556,37	3,9	9,36
	9	Bahia	1.723,05	1.822,79	5,8	13,44
		Sergipe	324	338,09	4,3	17,77
	10	Piauí	266,87	280,6	5,1	9,51
		Ceará	1.172,59	1.218,34	3,9	15,50
		Rio G. do Norte	539,95	561,58	4,0	19,21
		Paraíba	513,16	536,65	4,6	15,15
		Pernambuco	1.625,2	1.681,19	3,4	20,41
		Alagoas	471,12	491,27	4,3	16,67
II	5	Paraná	2.355,91	2.488,65	5,6	24,85
		Santa Catarina	1.490,93	1573	5,5	27,66
	6	Rio G. do Sul	4.207,78	4.332,45	3,0	40,82
		Mato Grosso do Sul	713,42	752,72	5,5	34,24
	7	Mato Grosso	724,63	761,99	5,2	28,24
		Goiás	1.397,57	1.456,32	4,2	26,96
		Distrito Federal	1.577,07	1.649,52	4,6	73,85
		Tocantins	148,16	155,32	4,8	12,39
		Rondônia	281,57	299,78	6,5	20,26
		Acre	106,78	112,52	5,4	18,32
III	1/2	São Paulo	12.211,66	12.543,3	2,7	31,97
Brasil			46.373,3	47.865,6	3,2	26,72
Região I			21.157,8	21.740,0	2,8	22,26
Região II			13.003,8	13.582,3	4,4	32,19
Região III			12.211,7	12.543,3	2,7	31,97

Índice de Penetração do Estado de São Paulo

Jan/03	Fev/03	Mar/03	Abr/03	Mai/03	Jun/03	Jul/03	Ago/03	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Fev/04
24.12	24.27	24.44	24.77	25.34	25.77	26.21	27.14	27.6	28.4	29.25	31.55	31.24	31.97



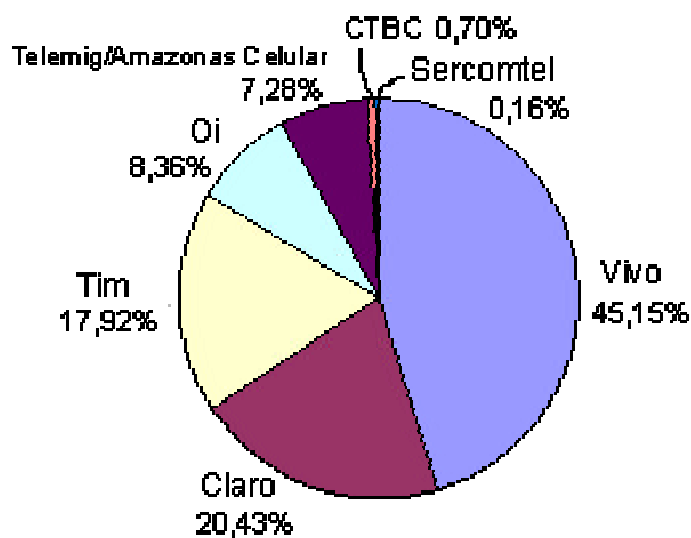
Fonte: ANATEL

Terminais Celulares por Operadora (Dezembro 03)

Fonte: Relatórios das Operadoras

Nota: Existe uma pequena diferença entre o Market Share divulgado pela Anatel e o Market Share consolidado a partir dos números divulgados pelas operadoras.

Market Share das Operadoras (Fonte: Anatel)



Market Share segundo dados das operadoras

Celulares (Milhares)	Tecnologia	2003	
Vivo	CDMA/TDMA	20.656	44,8%
Claro	TDMA/GSM	9.521	20,6%
TIM	TDMA/GSM	8.304	18,0%
Oi	GSM	3.893	8,4%
Telmig/Amaz Cel	TDMA	3.350	7,3%
CTBC	TDMA	325*	0,7%
Sercomtel	TDMA	74*	0,2%

* Estimado a partir de dados da ANATEL, para demais a fonte são as operadoras.

Vivo (milhares de Terminais)

Operadora	Tecnologia	Dez/02	Dez/03	Pré-Pago Dez/03	ARPU (R\$) 4T03
Telesp Cel (Metro)	CDMA	3.849	7.495	80,3%	44,0
Telesp Cel (Interior)	CDMA	2.211			
Global Telecom	CDMA	1.177	1.691	83,4%	31,1
Tele Sudeste Cel (Telefonica Cel RJ/ES)	CDMA	3.455	3.709	68,8%	38,7
Tele Leste Celular (Telefonica Cel BA/SE)	CDMA	973	1.126	74,2%	30,8
CRT	TDMA	2.078	2.523	72,8%	31,5
TCO	TDMA	2.468,9	3.311	75,8%	39,2
NBT	TDMA	597,7	801	81,4%	35,0
Total		16.810	20.656	76,6%	39,0

Claro(milhares de Terminais)

	2002	2003
Terminais Celulares (milhares)	5.192	9.521
% Pré-pago	84,6%	81,3%
Minutos de uso (MOU) *	96	91
ARPU (R\$)*	32	28
Churn*	1,9%	2,9%

* 4T03

Operadoras da Claro	Dez/02 (Milhares)	Set/03 (Milhares)	Dez/03 (milhões)
Americel	868	1.112	1,3
ATL	2.106	2.238	2,2
BSE	1.009	1.100	1,3
Claro Digital (Telet)	1.043	1.293	1,4
Tess	1.175	1.313	1,4
BCP (mil Terminais)	1.680	1.701	1,8
BA/SE e PR/SC	-	-	0,023
Total	7.881	8.757	9,5

TIM (milhares de Terminais)

Operadora	Dez/02	Dez/03	Pré- Pago*	ARPU(R\$)*
TIM (Banda D/E)	293	2.469		
Maxitel (MG, BA/SE)	1.392	1.608**		
TIM Nordeste	1.926	2.172	67,5%	38,8
TIM Sul	1.724	2.055	74,0%	41
Total	5.335	8.304		

* 4T03, **Estimado a partir dos dados da TIM

As operadoras de Banda A e B tinham no final de 2003 um total de 5.835 mil celulares sendo 229 mil GSM.

Outros (milhares de Terminais)

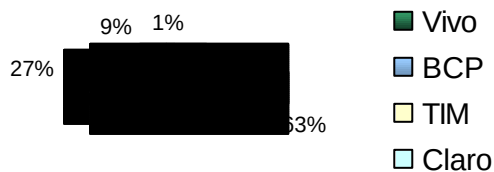
Operadora	Tecn.	Dez/02	Dez/03	Pré- Pago**	ARPU (R\$)**
Oi	GSM	1.401	3.893	83%	30
Telemig Celular	TDMA	1.923	2.322	69,5%	39,5
Amazônia Celular	TDMA	941	1.028	71,3%	39,5
CTBC	TDMA	300	324*		
Sercomtel	TDMA	ND	75*		

* Estimado a partir de dados da ANATEL, ** 4T03

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Região I	6,557	7,321	7,929	8,433	8,945	9,365
Vivo	4,163	4,463	4,674	4,819	4,953	5,028
BCP	1,745	1,808	1,866	1,916	1,970	2,017
TIM	571	853	1,051	1,222	1,374	1,510
Claro	77	197	338	476	647	810
Região II	4,084	4,693	5,316	5,987	6,671	7,302
Vivo	2,454	2,672	2,906	3,133	3,351	3,532
CTBC Celular	80	91	101	111	120	127
Claro	1,402	1,689	1,935	2,200	2,451	2,665
TIM	148	241	373	542	749	978
Região III	7,200	7,870	8,320	8,747	9,151	9,429
Vivo	3,575	3,685	3,786	3,885	3,978	4,030
Claro	2,246	2,355	2,456	2,552	2,646	2,719
Oi	874	1,083	1,203	1,311	1,421	1,499
TIM	506	747	875	999	1,106	1,182
Região IV	4,122	4,767	5,335	5,825	6,324	6,741
Telemig Celular	2,265	2,520	2,743	2,843	2,956	3,029
CTBC Celular	247	281	312	343	368	391
TIM	1,038	1,208	1,347	1,516	1,689	1,842
Oi	571	757	933	1,123	1,311	1,480
Região V	3,758	4,299	4,853	5,318	5,688	5,988
TIM Sul	1,989	2,152	2,333	2,475	2,566	2,622
Sercomtel	92	103	116	127	138	148
Vivo	1,527	1,745	1,936	2,058	2,139	2,195
BrT Celular	67	136	217	311	406	495
Claro	83	163	251	346	440	528

2003	2008
63%	54%
27%	22%
9%	16%
1%	9%
60%	48%
2%	2%
34%	36%
4%	13%
50%	43%
31%	29%
12%	16%
7%	13%
55%	45%
6%	6%
25%	27%
14%	22%
53%	44%
2%	2%
41%	37%
2%	8%
2%	9%

Market-share 2003 - região I



Market-share 2008 - região I



Resultados das projeções realizadas pelo Economista e Analista de Mercado Carlos Manuel Mussato

Jan-03	1	24.12	Dados Consolidados
Feb-03	2	24.27	
Mar-03	3	24.44	
Apr-03	4	24.77	
May-03	5	25.34	
Jun-03	6	25.77	
Jul-03	7	26.21	
Aug-03	8	27.14	
Sep-03	9	27.60	
Oct-03	10	28.40	
Nov-03	11	29.25	
Dec-03	12	31.55	
Jan-04	13	31.24	
Feb-04	14	31.97	
Mar-04	15	32.17	Previsão Linear
Apr-04	16	32.82	
May-04	17	33.47	
Jun-04	18	34.12	
Jul-04	19	34.77	
Aug-04	20	35.42	
Sep-04	21	36.07	
Oct-04	22	36.72	
Nov-04	23	37.37	
Dec-04	24	38.02	

Condições de Contorno para a Projeção Estatística

1 - O comportamento linear dos índices de penetração no intervalo Janeiro/03 a fevereiro/04 permitiu que fosse empregada a metodologia de previsão linear ao processo.

2 - As condições de recuperação e crescimento do mercado de telecomunicações nacional seguem o comportamento do mercado mundial. Desta monta, não existiu condições de contorno para ajustes da previsão de crescimento do índice de penetração.

3 - A melhoria na competição inter-setorial vem ocorrendo a níveis de preço, possibilitando um aquecimento da demanda por *handsets* e gastos com infraestrutura por parte das operadoras. A partir da estabilização da competição por preços, a "guerra" será em termos tecnológicos (comportamento tímido, porém já vigente), com o aumento do conhecimento por parte dos consumidores sobre as vantagens e desvantagens de cada tecnologia, ponto onde a tecnologia GSM e GPRS terão ganhos competitivos.

ANEXO II – TABELA DE ERLANG B

Tabela ERLANG B																																	
Índice		PERAS																												Índice			
		0.01%	0.02%	0.03%	0.05%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1%	1.2%	1.5%	2%	3%	4%	5%	7%	10%	15%	20%	30%	40%	50%	60%				
1	0.001	0.002	0.003	0.005	0.010	0.020	0.030	0.040	0.050	0.060	0.070	0.080	0.090	0.100	0.120	0.150	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000	1.200	1.500	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	
2	0.012	0.020	0.028	0.033	0.048	0.063	0.080	0.097	0.105	0.116	0.126	0.135	0.144	0.153	0.168	0.190	0.223	0.282	0.381	0.470	0.595	0.796	1.000	1.450	2.000	2.730	3.700	5.000	6.500	8.500	10.500	12.500	
3	0.068	0.110	0.127	0.152	0.194	0.249	0.289	0.321	0.349	0.374	0.397	0.418	0.437	0.458	0.489	0.535	0.602	0.715	0.899	1.067	1.27	1.60	1.93	2.63	3.48	4.59	6.23	8.48	11.40	15.00	19.00	23.00	27.00
4	0.235	0.282	0.315	0.362	0.439	0.535	0.602	0.656	0.701	0.741	0.777	0.810	0.841	0.869	0.922	0.992	1.09	1.26	1.52	1.75	2.05	2.50	2.95	3.89	5.02	6.50	8.40	10.80	13.80	17.50	21.50	26.00	
5	0.452	0.527	0.577	0.649	0.762	0.900	0.994	1.077	1.143	1.19	1.24	1.28	1.32	1.36	1.43	1.52	1.66	1.88	2.22	2.50	2.85	3.45	4.01	5.19	6.60	8.40	10.80	13.80	17.50	21.50	26.00	31.00	37.00
6	0.728	0.832	0.900	0.996	1.155	1.333	1.445	1.54	1.62	1.69	1.75	1.81	1.86	1.91	2.00	2.11	2.28	2.54	2.96	3.30	3.76	4.44	5.11	6.51	8.19	10.4	13.0	16.0	19.5	23.5	28.0	33.0	39.0
7	1.05	1.158	1.227	1.399	1.58	1.80	1.95	2.06	2.16	2.24	2.31	2.38	2.44	2.50	2.60	2.74	2.94	3.25	3.74	4.14	4.67	5.46	6.23	7.86	9.80	12.4	15.7	19.5	23.5	28.0	33.0	39.0	46.0
8	1.43	1.58	1.69	1.93	2.18	2.48	2.62	2.73	2.83	2.91	2.98	3.06	3.13	3.25	3.40	3.63	3.98	4.47	5.37	5.80	6.50	7.35	8.50	10.4	13.0	16.0	19.5	23.5	28.0	33.0	39.0	46.0	54.0
9	1.83	2.01	2.13	2.30	2.56	2.90	3.05	3.16	3.25	3.34	3.42	3.50	3.57	3.70	3.87	4.18	4.58	5.35	6.35	6.90	7.80	8.80	10.0	11.6	13.8	16.5	19.5	23.5	28.0	33.0	39.0	46.0	54.0
10	2.26	2.47	2.61	2.80	3.09	3.43	3.65	3.82	3.96	4.08	4.19	4.29	4.38	4.46	4.61	4.81	5.08	5.53	6.62	7.28	8.10	9.10	10.3	11.8	13.8	16.5	19.5	23.5	28.0	33.0	39.0	46.0	54.0
11	2.72	2.96	3.12	3.33	3.65	4.02	4.27	4.46	4.61	4.74	4.86	4.97	5.07	5.16	5.32	5.54	5.84	6.30	7.40	7.80	8.80	9.80	10.9	12.3	14.3	16.5	19.5	23.5	28.0	33.0	39.0	46.0	54.0
12	3.21	3.47	3.65	3.88	4.23	4.64	4.90	5.11	5.28	5.43	5.55	5.67	5.78	5.88	6.05	6.29	6.61	7.14	7.95	8.61	9.47	10.8	12.0	14.7	16.5	19.5	23.5	28.0	33.0	39.0	46.0	54.0	62.0
13	3.71	4.01	4.19	4.45	4.83	5.27	5.56	5.78	5.96	6.12	6.26	6.39	6.50	6.60	6.80	7.05	7.40	7.97	8.83	9.54	10.5	11.9	13.2	16.1	19.6	24.2	30.0	36.0	42.0	48.0	54.0	62.0	
14	4.24	4.56	4.76	5.03	5.45	5.92	6.23	6.47	6.66	6.83	6.98	7.12	7.24	7.35	7.56	7.82	8.20	8.80	9.73	10.5	11.5	13.0	14.4	17.5	21.2	26.2	32.0	38.0	44.0	50.0	56.0	62.0	
15	4.78	5.12	5.34	5.63	6.08	6.58	6.91	7.17	7.38	7.56	7.71	7.86	7.99	8.11	8.33	8.61	9.01	9.65	10.6	11.4	12.5	14.1	15.6	18.9	22.9	28.9	35.0	41.0	47.0	53.0	59.0	65.0	
16	5.34	5.70	5.94	6.25	6.72	7.26	7.61	7.88	8.10	8.29	8.44	8.61	8.75	8.88	9.11	9.41	9.83	10.5	11.5	12.4	13.5	15.2	16.8	20.3	24.5	30.2	36.0	42.0	48.0	54.0	60.0	66.0	
17	5.91	6.30	6.55	6.89	7.39	7.90	8.20	8.43	8.60	8.75	8.90	9.05	9.21	9.37	9.53	9.80	10.2	10.9	12.0	13.0	14.2	16.0	17.6	21.2	25.7	31.5	37.5	43.5	49.5	55.5	61.5	67.5	
18	6.50	6.91	7.17	7.52	8.05	8.64	9.03	9.33	9.58	9.79	9.98	10.16	10.33	10.51	10.7	11.0	11.5	12.2	13.4	14.3	15.5	17.4	19.2	23.1	27.8	33.6	39.4	45.2	51.0	56.8	62.6	68.4	
19	7.09	7.53	7.80	8.17	8.72	9.35	9.76	10.1	10.3	10.6	10.7	10.9	11.1	11.2	11.6	12.3	13.1	14.3	15.3	16.6	18.5	20.4	24.5	29.5	35.2	41.0	46.8	52.6	58.4	64.2	70.0	75.8	
20	7.70	8.16	8.44	8.83	9.41	10.1	10.5	10.8	11.1	11.3	11.5	11.7	11.9	12.0	12.3	12.7	13.2	14.0	15.2	16.3	17.6	19.6	21.6	25.9	31.2	37.2	43.2	49.2	55.2	61.2	67.2	73.2	
21	8.32	8.79	9.08	9.50	10.1	10.8	11.2	11.6	11.9	12.1	12.3	12.5	12.7	12.8	13.1	13.5	14.0	14.9	16.2	17.3	18.7	20.8	22.8	27.3	32.8	38.4	44.0	49.6	55.2	60.8	66.4	72.0	
22	8.95	9.44	9.76	10.2	10.8	11.5	12.0	12.3	12.6	12.9	13.1	13.3	13.5	13.7	14.0	14.3	14.9	15.8	17.1	18.2	19.7	21.9	24.1	28.7	34.5	40.1	45.7	51.3	56.9	62.5	68.1	73.7	
23	9.58	10.1	10.4	10.9	11.5	12.3	12.7	13.1	13.4	13.7	13.9	14.1	14.3	14.5	14.8	15.2	15.8	16.7	18.1	19.2	20.7	23.0	25.3	30.1	36.1	41.7	47.3	52.9	58.5	64.1	69.7	75.3	
24	10.2	10.8	11.1	11.6	12.2	13.0	13.5	13.9	14.2	14.5	14.7	14.9	15.1	15.3	15.6	16.0	16.6	17.6	19.0	20.2	21.8	24.2	26.5	31.6	37.8	43.4	49.0	54.6	60.2	65.8	71.4	77.0	
25	10.9	11.4	11.8	12.3	13.0	13.8	14.3	14.7	15.0	15.3	15.5	15.7	15.9	16.1	16.5	16.9	17.5	18.5	20.0	21.2	22.8	25.3	27.7	33.0	39.4	45.1	50.7	56.3	61.9	67.5	73.1	78.7	
26	11.6	12.1	12.5	13.0	13.8	14.5	15.0	15.3	15.6	15.9	16.1	16.3	16.5	16.7	17.1	17.5	18.1	19.1	20.6	21.8	23.4	25.9	28.4	33.9	40.3	46.0	51.7	57.4	63.1	68.8	74.5	80.2	
27	12.2	12.8	13.2	13.7	14.4	15.3	15.8	16.3	16.6	16.9	17.2	17.4	17.6	17.8	18.4	19.3	20.3	21.9	23.2	24.9	27.6	30.2	35.8	42.3	48.0	53.7	59.4	65.1	70.8	76.5	82.2	87.9	
28	12.9	13.5	13.9	14.4	15.2	16.1	16.5	17.1	17.4	17.7	18.0	18.2	18.4	18.6	19.0	19.5	20.2	21.2	22.9	24.2	26.0	28.7	31.4	37.2	42.9	48.6	54.3	60.0	65.7	71.4	77.1	82.8	
29	13.6	14.2	14.6	15.1	15.9	16.8	17.4	17.9	18.2	18.5	18.8	19.1	19.3	19.5	19.9	20.4	21.1	22.3	25.2	27.1	29.9	32.6	38.6	44.3	50.0	55.7	61.4	67.1	72.8	78.5	84.2	90.0	
30	14.2	14.9	15.3	15.9	16.7	17.6	18.2	18.7	19.0	19.4	19.6	19.9	20.1	20.3	20.7	21.2	21.9	23.1	26.2	28.1	31.0	33.8	40.0	45.7	51.4	57.1	62.8	68.5	74.2	79.9	85.6	91.3	
31	14.9	15.6	16.0	16.6	17.4	18.4	19.0	19.5	19.9	20.2	20.5	20.7	21.0	21.2	21.6	22.1	22.8	24.0	28.0	27.2	29.2	32.1	35.1	41.5	48.0	54.5	61.0	67.5	74.0	80.5	87.0	93.5	
32	15.6	16.3	16.8	17.3	18.2	19.2	19.8	20.3	20.7	21.0	21.3	21.6	21.8	22.0	22.5	23.1	23.7	24.9	28.9	28.2	30.2	33.3	36.3	42.9	51.4	60.1	62.1	70.6	79.1	87.6	96.1	104.6	
33	16.3	17.0	17.5	18.1	19.0	20.0	20.6	21.1	21.5	21.9	22.2	22.4	22.7	23.0	23.5	24.3	24.9	25.8	27.7	29.3	31.3	34.4	37.5	44.3	52.7	64.1	73.1	82.1	91.1	100.1	109.1	118.1	
34	17.0	17.8	18.2	18.8	19.7	20.8	21.4	21.9	22.3	22.7	23.0	23.3	23.6	23.8	24.2	24.8	25.5	26.8	28.7	30.3	32.4	35.6	38.8	45.7	54.4	66.1	75.1	84.1	93.1	102.1	111.1	120.1	
35	17.8	18.5	19.0	19.6	20.5	21.6	22.2	22.7	23.2	23.6	23.9	24.1	24.4	24.6	25.1	25.8	26.4	27.7	29.7	31.3	33.4	36.7	40.0	47.1	56.0	68.1	77.1	86.1	95.1	104.1	113.1	122.1	
36	18.5	19.2	19.7	20.3	21.2	22.3	22.9	23.4	23.8	24.2	24.5	24.8	25.1	25.4	25.9	26.6	27.2	28.5	30.5	32.1	34.2	37.5	40.8	48.1	57.0	69.1	78.1	87.1	96.1	105.1	114.1	123.1	
37	19.2	19.9	20.4	21.0	21.9	22.9	23.5	24.0	24.4	24.8	25.1	25.4	25.7	26.0	26.5	27.2	27.8	29.1	31.1	32.7	34.8	38.1	41.4	48.7	57.6	69.7	78.7	87.7	96.7	105.7	114.7	123.7	
38	19.9	20.6	21.1	21.7	22.6	23.6	24.2	24.6	25.0	25.3	25.6	25.9	26.2	26.5	27.0	27.6	28.2	29.5	31.5	33.1	35.2	38.5	41.8	49.1	58.0	70.1	79.1	88.1	97.1	106.1	115.1	124.1	
39	20.6	21.3	21.8	22.4	23.3	24.3	24.9	25.3	25.7	26.0	26.3	26.6	26.9	27.2	27.7	28.3	28.9	30.2	32.2	33.8	35.9	39.2	42.5	49.7	58.6	70.7	79.7	88.7	97.7	106.7	115.7	124.7	
40	21.3	22.0	22.5	23.1	24.0	25.0	25.6	26.0	26.4	26.7	27.0	27.3	27.6	27.9	28.4	29.0	29.6	30.9	32.9	34.5	36.6	40.0	43.3										

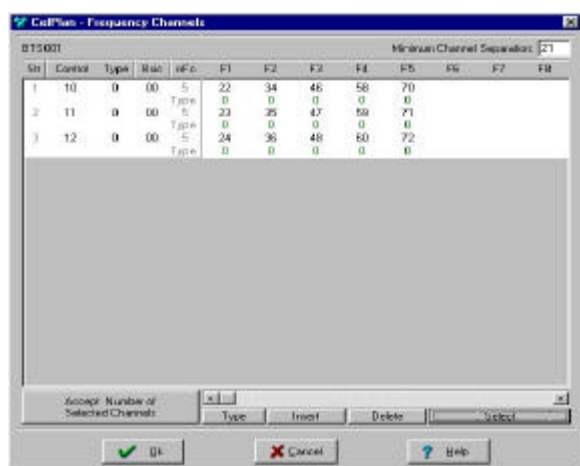
TORQUE		PERFORMANCES																												TORQUE	
		N	10%	10.5%	0.13%	0.09%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.4%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%	1.2%	1.5%	2%	3%	5%	7%	10%	15%	20%	30%	40%	50%	N		
36	11.5	19.2	20.7	20.3	21.3	22.3	23.3	23.9	23.6	24.3	25.2	24.7	25.0	25.3	25.5	26.0	26.5	27.3	28.5	31.6	32.3	34.5	37.9	41.2	43.8	57.7	70.1	81	36		
37	19	20	20.5	21.1	21.1	22	23.2	23.9	24.2	24.5	25.2	25.1	25.4	25.7	26.0	26.5	27.3	28.5	31.6	33.3	35.4	38.6	42.4	50.0	60	72	81	37			
38	19	20	20.5	21.2	21.9	22.9	24.0	24.7	25.2	25.7	26.1	26.4	26.7	27.0	27.3	27.7	28.3	29.2	30.5	32.6	34.4	36.5	40.2	43.7	51.4	61	74	81	38		
39	26.6	21.5	22.0	22.6	23.7	24.8	25.5	26.1	26.5	26.9	27.3	27.6	27.9	28.1	28.6	29.2	30.1	31.5	33.6	35.4	37.7	41.3	44.9	52.8	62.7	76.1	93	40			
40	21.4	22.2	22.7	23.4	24.4	25.5	26.3	26.9	27.4	27.8	28.1	28.5	28.7	29.0	29.5	30.1	31.0	32.4	34.6	36.4	38.8	42.5	46.1	54.2	64.4	78.1	40	40			
41	22.1	23.0	23.5	24.2	25.2	26.4	27.2	27.8	28.2	28.6	29.0	29.3	29.5	29.9	30.4	31.0	31.9	33.4	35.6	37.4	39.9	43.6	47.4	55.7	66.0	80.1	41	41			
42	22.8	23.7	24.2	25.0	26.0	27.2	28.0	28.6	29.1	29.5	29.9	30.2	30.5	30.8	31.3	31.9	32.8	34.3	36.6	38.4	40.9	44.8	48.6	57.1	67.7	82.1	42	42			
43	23.6	24.5	25.0	25.7	26.8	28.1	28.8	29.4	29.9	30.4	30.7	31.1	31.4	31.7	32.2	32.8	33.8	35.3	37.6	39.5	42.0	45.9	49.9	58.5	69.3	84.1	43	43			
44	24.3	25.2	25.8	26.5	27.6	28.9	29.7	30.3	30.8	31.2	31.6	31.9	32.3	32.5	33.1	33.7	34.7	36.2	38.6	40.5	43.1	47.1	51.1	59.9	71.0	86.1	44	44			
45	25.0	26.0	26.5	27.3	28.4	29.7	30.5	31.1	31.6	32.0	32.4	32.8	33.2	33.6	34.1	34.6	35.3	36.3	37.8	39.4	41.6	44.8	49.1	53.7	62.7	72.7	84	45			
46	25.8	26.8	27.3	28.1	29.3	30.5	31.4	32.0	32.5	33.0	33.4	33.7	34.0	34.3	34.9	35.6	36.5	38.1	40.5	42.6	45.2	49.4	53.6	62.8	74.3	90.1	46	46			
47	26.6	27.5	28.1	28.9	30.1	31.4	32.2	32.9	33.4	33.8	34.2	34.6	34.9	35.2	35.8	36.5	37.5	39.1	41.5	43.6	46.3	50.6	54.8	64.2	76.0	92.1	47	47			
48	27.3	28.3	28.9	29.7	30.9	32.2	33.1	33.7	34.2	34.7	35.1	35.5	35.8	36.1	36.7	37.4	38.4	40.0	42.5	44.6	47.4	51.7	56.0	65.5	77.7	94.1	48	48			
49	28.1	29.1	29.7	30.5	31.7	33.0	33.9	34.6	35.1	35.6	36.0	36.4	36.7	37.0	37.6	38.3	39.3	41.0	43.5	45.7	48.5	52.9	57.3	67.0	79.3	96.1	49	49			
50	28.9	29.9	30.5	31.3	32.5	33.9	34.8	35.4	36.0	36.5	36.9	37.2	37.6	37.9	38.5	39.2	40.3	41.9	44.	46.7	49.6	54.0	58.5	68.5	81	98.1	50	50			
51	29.6	30.6	31.3	32.1	33.3	34.7	35.6	36.3	36.9	37.3	37.8	38.1	38.5	38.8	39.4	40.1	41.2	42.9	45.5	47.7	50.6	55.2	59.7	69.9	82.7	100.1	51	51			
52	30.4	31.4	32.0	32.9	34.2	35.6	36.5	37.2	37.7	38.2	38.6	39.0	39.4	39.7	40.3	41.0	42.1	43.9	46.5	48.8	51.7	56.3	61.0	71.3	84.3	102.1	52	52			
53	31.2	32.2	32.8	33.7	35.0	36.4	37.3	38.0	38.6	39.1	39.5	39.9	40.3	40.6	41.2	42.0	43.1	44.8	47.5	49.8	52.8	57.5	62.7	72.7	86.0	104.5	53	53			
54	31.9	33.0	33.6	34.5	35.8	37.2	38.2	38.9	39.5	40.0	40.4	40.8	41.2	41.6	42.3	42.9	44.0	45.8	48.5	50.8	53.9	58.7	63.5	74.2	87.4	106.1	54	54			
55	32.7	33.8	34.4	35.3	36.6	38.1	39.0	39.7	40.4	40.9	41.3	41.7	42.1	42.4	43.0	43.9	44.9	46.7	49.5	51.9	55.0	59.8	64.7	75.6	89.3	108.1	55	55			
56	33.5	34.6	35.2	36.1	37.5	38.9	39.9	40.6	41.2	41.7	42.2	42.6	43.0	43.3	43.9	44.7	45.9	47.7	50.5	52.9	56.1	61.0	65.9	77.0	91	110.1	56	56			
57	34.3	35.4	36.0	36.9	38.5	39.8	40.8	41.5	42.1	42.6	43.1	43.5	43.9	44.2	44.8	45.7	46.8	48.7	51.5	53.9	57.1	62.1	67.2	78.4	92.6	112.1	57	57			
58	35.1	36.2	36.8	37.8	39.1	40.6	41.6	42.4	43.0	43.5	44.0	44.4	44.8	45.1	45.8	46.6	47.8	49.6	52.6	55.0	58.2	63.3	68.4	79.8	94.3	114.1	58	58			
59	35.8	37.0	37.6	38.6	40.0	41.5	42.5	43.3	43.9	44.4	44.9	45.3	45.7	46.0	46.7	47.5	48.7	50.6	53.6	56.0	59.3	64.5	69.7	81.3	96.0	116.1	59	59			
60	36.6	37.8	38.5	39.4	40.8	42.4	43.4	44.1	44.8	45.3	45.8	46.2	46.6	46.9	47.6	48.4	49.6	51.6	54.6	57.1	60.4	65.6	70.9	82.7	97.6	118.1	60	60			
61	37.4	38.6	39.3	40.1	41.6	43.2	44.2	45.0	45.5	46.2	46.7	47.1	47.5	47.9	48.5	49.4	50.6	52.5	55.6	58.1	61.5	66.8	72.1	84.1	99.3	120.1	61	61			
62	38.2	39.4	40.1	41.0	42.5	44.1	45.1	45.9	46.5	47.1	47.6	48.0	48.4	48.8	49.4	50.3	51.5	53.5	56.6	59.1	62.6	68.0	73.4	85.5	101.0	122.1	62	62			
63	39.0	40.2	40.9	41.8	43.3	44.9	45.9	46.7	47.3	47.9	48.4	48.8	49.2	49.6	50.2	51.0	51.9	53.9	57.0	59.5	63.0	68.4	73.8	85.9	101.5	123.1	63	63			
64	39.8	41.0	41.7	42.7	44.2	45.8	46.8	47.5	48.3	48.9	49.4	49.8	50.2	50.6	51.3	52.2	53.4	55.4	58.6	61.2	64.8	70.3	75.9	88.4	104.3	125.1	64	64			
65	40.6	41.8	42.5	43.5	45.0	46.6	47.7	48.5	49.2	49.8	50.3	50.7	51.1	51.5	52.2	53.1	54.4	56.4	59.6	62.3	65.8	71.4	77.1	89.8	106.0	126.1	65	65			
66	41.4	42.6	43.3	44.4	45.8	47.5	48.6	49.4	50.1	50.7	51.2	51.6	52.0	52.4	53.1	54.0	55.3	57.4	60.6	63.3	66.9	72.6	78.3	91.2	107.8	130.1	66	66			
67	42.2	43.4	44.2	45.2	46.7	48.4	49.5	50.3	51.0	51.6	52.1	52.5	53.0	53.4	54.1	55.0	56.3	58.4	61.6	64.4	68.0	73.8	79.6	92.7	109.3	132.1	67	67			
68	43.0	44.2	45.0	46.0	47.5	49.2	50.3	51.2	51.9	52.5	53.0	53.4	53.9	54.3	55.0	55.9	57.2	59.3	62.6	65.4	69.1	74.9	80.8	94.1	111.0	134.1	68	68			
69	43.8	45.0	45.8	46.8	48.4	50.1	51.2	52.1	52.8	53.4	53.9	54.4	54.8	55.2	55.9	56.9	58.2	60.3	63.7	66.4	70.2	76.1	82.1	95.5	112.6	136.1	69	69			
70	44.6	45.8	46.6	47.7	49.2	51.0	52.1	53.0	53.7	54.3	54.8	55.3	55.7	56.1	56.8	57.8	59.1	61.3	64.7	67.5	71.3	77.3	83.3	96.9	114.3	138.1	70	70			
N	0.01%	0.02%	0.03%	0.09%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.5%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%	1.2%	1.5%	2%	3%	5%	7%	10%	15%	20%	30%	40%	50%	50%	50%			

TRONCO		PERÍODOS																																TRONCO	
		Tabela ERLANG B																																	
Tronco	N	0.01%	0.02%	0.03%	0.05%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%	1.2%	1.5%	2%	3%	5%	7%	10%	15%	20%	30%	40%	50%	N							
71	45.4	46.7	47.5	48.5	50.1	51.8	53.0	53.8	54.6	55.2	56.7	56.7	56.2	56.5	57.0	57.8	58.7	60.1	62.3	65.7	68.5	72.4	78.4	84.5	98.4	115.9	140.1	71							
72	46.2	47.5	48.3	49.4	50.9	52.7	53.9	54.7	55.5	56.1	56.6	57.1	57.5	58.0	58.7	59.7	61.0	63.2	66.7	69.6	73.5	79.6	85.8	99.8	117.6	142.1	72								
73	47.0	48.3	49.1	50.2	51.8	53.6	54.7	55.6	56.4	57.0	57.5	58.0	58.5	58.9	59.6	60.6	62.0	64.2	67.7	70.6	74.6	80.8	87.0	101.2	119.4	144.1	73								
74	47.6	49.1	49.9	51.0	52.7	54.5	55.6	56.5	57.3	57.9	58.4	58.9	59.4	59.8	60.6	61.6	62.9	65.2	68.7	71.7	75.6	81.9	88.3	102.7	120.9	146.1	74								
75	48.3	49.8	50.6	51.8	53.5	55.3	56.5	57.4	58.2	58.8	59.3	59.8	60.3	60.7	61.2	62.1	63.4	65.7	69.2	72.2	76.1	82.4	88.9	103.4	121.6	146.9	75								
76	49.4	50.9	51.6	52.7	54.4	56.2	57.4	58.3	59.1	59.7	60.3	60.8	61.2	61.7	62.4	63.4	64.9	67.2	70.8	73.8	77.8	84.2	90.8	105.5	124.3	150.0	76								
77	50.2	51.6	52.4	53.6	55.2	57.1	58.3	59.2	60.0	60.6	61.2	61.7	62.1	62.6	63.4	64.4	65.8	68.1	71.8	74.8	78.9	85.4	92.0	106.9	125.9	152.7	77								
78	51.1	52.4	53.3	54.4	56.1	58.0	59.2	60.1	60.9	61.5	62.1	62.6	63.1	63.5	64.3	65.3	66.8	69.1	72.8	75.9	80.0	86.6	93.3	108.4	127.6	154.0	78								
79	51.9	53.2	54.1	55.3	56.9	58.8	60.1	61.0	61.8	62.4	63.0	63.5	64.0	64.4	65.2	66.3	67.7	70.1	73.8	76.9	81.1	87.7	94.5	109.8	129.3	156.0	79								
80	52.7	54.1	54.9	56.1	57.8	59.7	61.0	61.9	62.7	63.3	63.9	64.4	64.9	65.4	66.2	67.2	68.7	71.1	74.8	78.0	82.2	88.9	95.7	111.2	130.9	158.0	80								
81	53.5	54.9	55.8	56.9	58.7	60.6	61.8	62.8	63.6	64.2	64.8	65.4	65.8	66.3	67.1	68.2	69.6	72.1	75.8	79.0	83.3	90.1	96.9	112.6	132.6	160.0	81								
82	54.3	55.7	56.6	57.8	59.5	61.5	62.7	63.7	64.5	65.2	65.8	66.5	66.9	67.4	68.2	69.3	70.6	73.0	76.7	80.1	84.4	91.2	98.0	114.0	134.0	162.0	82								
83	55.1	56.5	57.5	58.8	60.6	62.6	63.8	64.8	65.6	66.3	67.0	67.6	68.1	68.6	69.4	70.5	71.8	74.0	77.7	81.1	85.5	92.3	99.1	115.5	135.5	164.0	83								
84	56.0	57.4	58.3	59.5	61.3	63.2	64.5	65.5	66.3	67.0	67.7	68.3	68.8	69.3	69.9	71.0	72.5	75.0	78.9	82.2	86.6	93.6	100.7	116.9	137.6	166.0	84								
85	56.8	58.2	59.1	60.4	62.1	64.1	65.4	66.4	67.2	67.9	68.5	69.1	69.6	70.0	70.9	71.9	73.5	76.0	79.9	83.2	87.7	94.7	102.0	118.2	139.3	168.0	85								
86	57.6	59.1	60.0	61.2	63.0	65.0	66.3	67.3	68.1	68.8	69.4	70.0	70.5	70.9	71.8	72.9	74.5	77.0	80.9	84.3	88.8	95.9	103.2	119.4	140.9	170.0	86								
87	58.4	59.9	60.8	62.1	63.9	65.9	67.2	68.2	69.0	69.7	70.3	70.9	71.4	71.9	72.7	73.8	75.4	78.0	82.0	85.3	89.9	97.1	104.5	121.2	142.6	172.0	87								
88	59.3	60.8	61.7	62.9	64.7	66.8	68.1	69.1	69.9	70.6	71.3	71.8	72.3	72.8	73.7	74.8	76.4	79.0	83.0	86.4	91.0	98.2	105.7	122.6	144.3	174.0	88								
89	60.1	61.6	62.5	63.8	65.6	67.7	69.0	70.0	70.8	71.6	72.2	72.8	73.3	73.7	74.6	75.7	77.3	79.9	84.0	87.4	92.0	99.4	106.9	124.0	145.9	176.0	89								
90	60.9	62.4	63.4	64.6	66.5	68.6	69.9	70.9	71.7	72.5	73.1	73.7	74.2	74.6	75.3	76.3	77.8	80.5	84.6	88.0	92.5	100.1	107.6	125.5	147.6	178.0	90								
91	61.8	63.3	64.2	65.5	67.4	69.4	70.8	71.8	72.7	73.4	74.0	74.6	75.1	75.6	76.5	77.9	79.3	81.9	86.0	89.5	94.1	101.7	109.4	126.9	149.3	180.0	91								
92	62.6	64.1	65.1	66.3	68.2	70.3	71.7	72.7	73.6	74.3	75.0	75.5	76.1	76.6	77.4	78.6	80.2	82.9	87.1	90.6	95.3	102.9	110.7	128.3	150.9	182.0	92								
93	63.4	65.0	65.9	67.2	69.1	71.2	72.6	73.6	74.5	75.2	75.9	76.5	77.0	77.5	78.4	79.6	81.2	83.9	88.1	91.6	96.4	104.1	111.9	129.7	152.6	184.0	93								
94	64.2	65.8	66.8	68.1	70.0	72.1	73.5	74.5	75.4	76.2	76.8	77.4	77.9	78.4	79.3	80.5	82.2	84.9	89.1	92.7	97.5	105.3	113.2	131.2	154.1	186.0	94								
95	65.1	66.6	67.6	68.9	70.9	73.0	74.4	75.5	76.3	77.1	77.7	78.3	78.9	79.4	80.3	81.5	83.1	85.8	90.1	93.7	98.6	106.4	114.4	132.6	155.9	188.0	95								
96	65.9	67.5	68.5	69.8	71.7	73.9	75.3	76.4	77.2	78.0	78.7	79.3	79.8	80.3	81.2	82.4	84.1	86.8	91.1	94.8	99.7	107.6	115.7	134.0	157.9	190.0	96								
97	66.8	68.3	69.3	70.7	72.6	74.8	76.2	77.3	78.2	78.9	79.5	80.2	80.7	81.2	82.2	83.5	85.3	88.0	92.3	96.0	100.8	108.8	116.9	135.9	159.9	192.0	97								
98	67.7	69.2	70.2	71.5	73.5	75.7	77.0	78.0	78.9	79.5	80.1	80.8	81.3	81.8	82.8	84.1	85.9	88.6	93.0	96.7	101.5	109.6	117.7	136.9	161.9	194.0	98								
99	68.4	70.0	71.0	72.4	74.4	76.6	78.0	80.0	80.8	81.4	82.0	82.6	83.1	84.1	85.3	87.0	89.8	94.2	97.9	103.0	111.1	119.4	138.3	162.6	196.0	99									
100	69.3	70.9	71.9	73.2	75.2	77.5	78.9	80.1	80.9	81.7	82.4	83.0	83.5	84.1	85.0	86.2	88.0	90.8	95.2	99.0	104.1	112.3	120.6	139.7	164.3	198.0	100								
102	70.9	72.6	73.6	75.0	77.0	79.3	80.7	81.8	82.7	83.5	84.2	84.8	85.4	85.9	86.9	88.1	89.9	92.8	97.3	101.1	106.3	114.6	123.1	142.6	167.6	202.0	102								
104	72.6	74.3	75.3	76.7	78.8	81.1	82.5	83.7	84.2	85.4	86.1	86.7	87.3	87.8	88.8	90.1	91.9	94.8	99.3	103.2	108.5	116.9	125.6	145.4	170.9	206.0	104								
106	74.3	76.0	77.1	78.5	80.5	82.8	84.3	85.5	86.4	87.2	87.9	88.6	89.2	89.7	90.7	92.0	93.8	96.7	101.4	105.3	110.7	119.3	128.1	148.5	174.2	210.0	106								
108	76.0	77.7	78.8	80.2	82.3	84.5	86.2	87.3	88.3	89.0	89.8	90.5	91.1	91.6	92.6	93.9	95.7	98.6	103.4	107.3	112.9	121.6	130.3	151.1	177.6	214.0	108								
110	77.7	79.4	80.5	81.9	84.1	86.4	88.2	89.3	90.1	90.9	91.7	92.3	92.9	93.4	94.5	95.9	97.7	100.7	105.5	109.5	115.1	124.6	133.3	154.0	180.9	218.0	110								
Tronco	N	0.01%	0.02%	0.03%	0.05%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%	1.2%	1.5%	2%	3%	5%	7%	10%	15%	20%	30%	40%	50%	N							
		PERÍODOS																																	

Tabela ERLANG B																																		
TORÇÃO		PERDAS																												TORÇÃO				
		0.01%	0.02%	0.03%	0.05%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%	1.2%	1.5%	2%	3%	5%	7%	10%	15%	20%	30%	40%	50%	60%	70%			80%	90%	100%
112	79.4	81.1	82.2	83.7	85.8	88.3	91.0	92.0	92.8	93.5	94.2	94.8	95.4	96.4	97.7	99.8	102.7	105.5	107.5	111.7	117.3	123.3	129.3	135.8	142.4	148.2	153.0	157.6	161.8	165.4	168.2	170.0	170.0	
114	81.1	82.9	84.0	85.4	87.6	90.1	91.6	92.8	93.8	94.7	95.4	96.1	96.7	97.3	98.3	99.7	101.6	104.7	109.6	113.8	119.5	126.6	133.1	140.6	148.2	155.9	163.6	171.3	179.0	186.7	194.4	202.0	209.6	210.0
116	82.8	84.6	85.7	87.1	89.4	91.9	93.5	94.7	95.7	96.5	97.2	98.0	98.6	99.2	100.2	101.6	103.5	106.7	111.7	117.3	123.3	129.3	135.8	142.4	148.2	155.9	163.6	171.3	179.0	186.7	194.4	202.0	209.6	210.0
118	84.5	86.3	87.4	88.9	91.2	93.7	95.3	96.5	97.5	98.4	99.1	99.9	100.5	101.1	102.1	103.5	106.5	109.7	113.7	118.0	123.9	130.3	137.1	144.1	151.1	158.1	165.1	172.1	179.0	186.7	194.4	202.0	209.6	210.0
120	86.2	88.0	89.2	90.7	93.0	95.5	97.1	98.4	99.4	100.3	101.0	101.7	102.4	103.0	104.0	105.4	107.4	110.7	115.8	120.1	126.1	132.7	139.7	146.8	153.9	161.0	168.1	175.2	182.3	189.4	196.5	203.6	210.0	210.0
122	87.9	89.8	90.9	92.5	94.7	97.3	98.9	100.2	101.2	102.1	102.9	103.6	104.3	104.9	105.9	107.4	109.4	112.6	117.8	122.2	128.3	135.0	142.1	149.1	156.2	163.3	170.4	177.5	184.6	191.7	198.8	205.9	213.0	210.0
124	89.6	91.5	92.7	94.2	96.5	99.1	100.8	102.1	103.1	104.0	104.8	105.5	106.2	106.8	107.9	109.3	111.3	114.6	119.9	124.4	130.5	137.6	144.7	151.8	158.9	166.0	173.1	180.2	187.3	194.4	201.5	208.6	215.7	210.0
126	91.3	93.2	94.4	96.0	98.3	100.9	102.6	103.9	105.0	105.9	106.7	107.4	108.1	108.7	109.8	111.2	113.3	116.6	121.9	126.5	132.7	140.7	148.7	156.7	164.7	172.7	180.7	188.7	196.7	204.7	212.7	220.7	210.0	210.0
128	93.1	95.0	96.2	97.8	100.1	102.7	104.5	105.8	106.8	107.7	108.5	109.3	109.9	110.6	111.7	113.2	115.2	118.6	124.0	128.6	134.9	143.0	151.1	159.2	167.3	175.4	183.5	191.6	199.7	207.8	215.9	224.0	210.0	210.0
130	94.8	96.7	97.9	99.5	101.9	104.6	106.3	107.6	108.7	109.6	110.4	111.2	111.9	112.5	113.5	115.4	118.3	123.8	128.4	134.9	143.0	151.1	159.2	167.3	175.4	183.5	191.6	199.7	207.8	215.9	224.0	210.0	210.0	210.0
132	96.5	98.5	99.7	101.3	103.7	106.4	108.1	109.5	110.5	111.5	112.3	113.1	113.7	114.4	115.5	117.0	119.1	122.6	128.1	132.8	139.3	147.4	155.5	163.6	171.7	179.8	187.9	196.0	204.1	212.2	220.3	210.0	210.0	210.0
134	98.2	100.2	101.4	103.1	105.5	108.2	110.0	111.3	112.4	113.4	114.3	115.0	115.6	116.3	117.4	119.0	121.1	124.6	130.2	134.9	141.5	149.6	157.7	165.8	173.9	182.0	190.1	198.2	206.3	214.4	222.5	210.0	210.0	210.0
136	100.0	101.9	103.2	104.9	107.3	110.0	111.8	113.2	114.3	115.2	116.1	116.8	117.5	118.2	119.4	120.9	123.1	126.6	132.3	137.1	143.7	151.4	159.5	167.6	175.7	183.8	191.9	200.0	208.1	216.2	224.3	210.0	210.0	210.0
138	101.7	103.7	105.0	106.6	109.1	111.9	113.7	115.0	116.2	117.1	118.0	118.7	119.4	120.1	121.3	122.8	125.0	128.6	134.3	139.2	146.9	155.0	163.1	171.2	179.3	187.4	195.5	203.6	211.7	219.8	227.9	210.0	210.0	210.0
140	103.4	105.4	106.7	108.3	110.9	113.7	115.5	116.9	117.0	118.0	118.9	119.6	120.3	121.1	122.0	123.2	125.4	129.0	134.7	140.6	148.3	156.4	164.5	172.6	180.7	188.8	196.9	205.0	213.1	221.2	229.3	210.0	210.0	210.0
142	105.1	107.2	108.5	110.2	112.7	115.5	117.4	118.7	119.9	120.9	121.8	122.5	123.3	124.1	125.0	126.0	127.0	128.6	132.2	138.1	146.2	154.3	162.4	170.5	178.6	186.7	194.8	202.9	211.0	219.1	227.2	210.0	210.0	210.0
144	106.9	109.0	110.2	112.0	114.5	117.4	119.2	120.9	122.3	123.6	124.4	125.2	126.0	126.8	127.0	128.6	132.2	138.1	146.2	154.3	162.4	170.5	178.6	186.7	194.8	202.9	211.0	219.1	227.2	210.0	210.0	210.0	210.0	210.0
146	108.6	110.7	112.0	113.8	116.3	119.2	121.1	122.5	123.6	124.6	125.3	126.1	126.8	127.1	127.7	129.0	130.6	132.9	136.6	140.6	144.7	148.7	152.8	156.9	161.0	165.1	169.2	173.3	177.4	181.5	185.6	189.7	193.8	197.9
148	110.4	112.5	113.8	115.5	118.1	121.0	122.9	124.3	125.5	126.5	127.4	128.2	129.0	129.7	130.9	132.5	134.8	138.6	144.6	149.8	155.9	162.0	168.1	174.2	180.3	186.4	192.5	198.6	204.7	210.8	216.9	223.0	210.0	210.0
150	112.1	114.2	115.6	117.3	119.9	122.9	124.8	126.2	127.4	128.4	129.3	130.1	130.9	131.6	132.8	134.5	136.8	140.6	146.7	151.9	157.1	163.2	169.3	175.4	181.5	187.6	193.7	199.8	205.9	212.0	218.1	224.2	210.0	210.0
152	113.8	116.0	117.3	119.1	121.8	124.7	126.4	128.1	129.3	130.3	131.2	132.0	132.8	133.5	134.8	136.4	138.8	142.6	148.8	154.0	160.1	166.2	172.3	178.4	184.5	190.6	196.7	202.8	208.9	215.0	221.1	227.2	210.0	210.0
154	115.6	117.8	119.1	120.9	123.6	126.5	128.9	129.9	130.7	131.5	132.2	133.1	133.9	134.7	135.4	136.7	138.4	140.7	144.6	150.8	156.9	163.0	169.1	175.2	181.3	187.4	193.5	199.6	205.7	211.8	217.9	224.0	210.0	210.0
156	117.3	119.5	120.9	122.7	125.4	128.4	130.3	131.8	133.0	134.1	135.0	135.9	136.6	137.3	138.0	139.1	140.2	141.6	145.5	151.7	157.8	163.9	169.9	176.0	182.1	188.2	194.3	200.4	206.5	212.6	218.7	224.8	210.0	210.0
158	119.1	121.3	122.7	124.5	127.2	130.2	132.2	133.7	134.9	136.0	136.9	137.8	138.5	139.2	140.5	142.3	144.7	148.6	155.0	161.1	167.2	173.3	179.4	185.5	191.6	197.7	203.8	209.9	216.0	222.1	228.2	210.0	210.0	210.0
160	120.8	123.1	124.4	126.3	129.0	132.1	134.0	135.6	136.8	137.9	138.9	139.7	140.4	141.2	142.5	144.2	146.6	150.5	157.0	163.1	169.2	175.3	181.4	187.5	193.6	199.7	205.8	211.9	218.0	224.1	230.2	210.0	210.0	210.0
162	122.3	124.8	126.2	128.1	130.8	133.9	135.9	137.4	138.7	139.8	140.7	141.6	142.4	143.1	144.4	146.1	148.6	152.7	159.1	165.2	171.3	177.4	183.5	189.6	195.7	201.8	207.9	214.0	220.1	226.2	232.3	210.0	210.0	210.0
164	124.3	126.6	128.0	129.9	132.7	135.8	137.8	139.3	140.6	141.7	142.6	143.5	144.3	145.1	146.3	148.1	150.6	154.7	161.1	167.2	173.3	179.4	185.5	191.6	197.7	203.8	209.9	216.0	222.1	228.2	234.3	210.0	210.0	210.0
166	126.1	128.4	129.8	131.7	134.5	137.6	139.5	141.2	142.5	143.5	144.5	145.4	146.2	146.9	148.3	150.0	152.6	156.7	163.1	169.2	175.3	181.4	187.5	193.6	199.7	205.8	211.9	218.0	224.1	230.2	236.3	210.0	210.0	210.0
168	127.9	130.2	131.6	133.5	136.3	139.4	141.5	143.1	144.3	145.4	146.4	147.3	148.1	148.9	150.2	152.0	154.5	158.7	165.1	171.2	177.3	183.4	189.5	195.6	201.7	207.8	213.9	220.0	226.1	232.2	238.3	210.0	210.0	210.0
170	129.5	131.9	133.4	135.3	138.1	141.3	143.4	144.9	146.2	147.3	148.3	149.2	150.0	150.8	152.1	153.9	156.5	160.7	167.1	173.2	179.3	185.4	191.5	197.6	203.7	209.8	215.9	222.0	228.1	234.2	240.3	210.0	210.0	210.0
172	131.4	133.7	135.2	137.1	139.9	143.1	145.2	146.8	148.1	149.2	150.2	151.1	151.9	152.7	154.1	155.9	158.5	162.7	169.1	175.2	181.3	187.4	193.5	199.6	205.7	211.8	217.9	224.0	230.1	236.2	242.3	210.0	210.0	210.0
174	133.1	135.5	136.9	138.9	141.4	144.5	146.5	148.1	149.0	150.0	151.1	152.1	153.0	153.9	154.6	156.0	157.8	160.4	164.7	171.5	177.6	183.7	189.8	195.9	202.0	208.1	214.2	220.3	226.4	232.5	238.6	210.0	210.0	210.0
176	134.9	137.3	138.7	140.7	143.6	146.9	149.0	150.6	151.5	152.5	153.5	154.5	155.5	156.5	157.5	158.5	159.5	161.5	166.8	173.6	179													

ANEXO III – PROCESSO DE ALOCAÇÃO DE FREQUÊNCIA

Para selecionar os canais de cada setor de uma estação rádio base, é necessário inicialmente acessar a janela de *Configuração de BTS* com um clique duplo sobre a estação rádio base cujo canal que se deseja alterar. Após clicar no botão *Frequency*, colocado logo abaixo da área destinada aos parâmetros dos setores foi exibida a caixa de configuração *Frequency Channels*, como mostra a figura abaixo.



Após clicar no botão *Select*, dá-se início à configuração de frequência por canal. Após pressionar os botões *Select Control Channel* e *Select Traffic Channel*, foi selecionado o canal de controle e os canais de tráfego, respectivamente. Nota-se que um clique sobre a frequência apresentada na tabela marca/ desmarca a mesma. Confirmado a seleção dos canais, o processo deve ser repetido para os três setores.

