

ESCOLA POLITECNICA DA USP

**CARLOS ALBERTO SONA  
AMAURY BORGES DOS SANTOS**

**ESTUDO PARA A MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE RADIOCOMUNICAÇÃO  
DA COMPANHIA PAULISTA DE TRENS METROPOLITANOS**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como trabalho de encerramento do curso de Tecnologia Metroferroviária.

Área de Concentração: Engenharia de Sistemas

Orientador:

Prof. Dr. Antônio Fisher de Toledo

São Paulo  
2004

## **AGRADECIMENTOS**

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Antônio Fisher de Toledo pelas diretrizes seguras e permanente incentivo.

Aos amigos Eng. Rubens Pedrosa Boucault e Eng. Kazimierz J. Malachowski, da SGM Telecomunicações, pelas informações, paciência e incentivo.

À CPTM, pela oportunidade, apoio e incentivo, sem os quais esse trabalho não poderia ser realizado.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na execução deste trabalho.

## **RESUMO**

O presente trabalho analisa o atual sistema de radiocomunicação das composições da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos, descreve sucintamente algumas das tecnologias hoje disponíveis na comunicação via rádio e propõe solução para sua substituição e ampliação do sistema.

**ABSTRACT**

This work analyzes the radio communication system that is currently used by the “Companhia Paulista de Trens Metropolitanos”, studies some of the new communications technologies available, and offers some suggestions for the replacement and extension of the existing system.



## **ÍNDICE**

### **1 – INTRODUÇÃO**

### **2 – HISTÓRICO**

2.1 – MALHA FERROVIÁRIA

2.2 – RADIOCOMUNICAÇÃO EM FERROVIAS

### **3 – SITUAÇÃO ATUAL DOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICAÇÃO DA CPTM**

3.1 - SISTEMA DE RÁDIO VHF DAS LINHAS B e C

3.2 - SISTEMA DE RÁDIO VHF DAS LINHAS A, D, E e F

3.3 - SISTEMA DE RÁDIO TERRA-TREM

3.4 – DEFICIÊNCIAS DOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICAÇÃO

3.5 - DESEMPENHO DOS SISTEMAS

3.6 - OPERAÇÃO

### **4 – CONFIGURAÇÃO FUTURA DAS LINHAS**

4.1 - UNIFICAÇÃO DOS CENTROS DE CONTROLE OPERACIONAIS

4.2 - NECESSIDADE DE COMUNICAÇÃO

### **5 – ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO**

5.1 – SISTEMAS CONVENCIONAIS - MÚLTIPLOS CANAIS

5.2 – SISTEMAS CONVENCIONAIS COM SINALIZAÇÃO AVANÇADA

5.3 – SIMULCAST / QUASE-SÍNCRONO

5.3.1 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

5.3.1.1 - Solução oferecida pelo sistema quase-síncrono

5.3.1.2 - Parâmetros de áudio

5.3.2 - SISTEMA QUASE-SÍNCRONO TÍPICO

5.3.3- PRINCIPAIS BENEFÍCIOS DO SISTEMA QUASE-SÍNCRONO

5.4 – SISTEMA TRONCALIZADO

5.4.1 - CONCEITOS

5.4.2 - SISTEMA MPT – 1327

5.4.3 - SISTEMA TRONCALIZADO TAITNET

5.4.4 - DISCUSSÃO COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS

5.4.5 - FACILIDADES DO SISTEMA

5.4.5.1 - Informações gerais

5.4.5.2- Unidade em trânsito inoperante

5.4.5.3 - Lista de espera de chamadas

5.4.5.4 - Chamadas de emergência e prioridade

5.4.5.5 - Status de autoridade de chamadas

5.4.5.6 - Identificando um usuário

5.4.5.7 - Tipos de chamadas

5.4.5.8 - Mensagens pré-definidas

5.4.5.9 - Transmissão de dados no sistema troncalizado

#### 5.4.6 - OPERAÇÃO DO SISTEMA TRONCALIZADO

5.4.6.1 - Sistema de um único sítio

5.4.6.2 - Operação de canal de controle (sítio único)

5.4.6.3 - Operação dos canais de tráfego

5.4.6.4 - Exemplos de sucessão de chamadas

5.4.6.5 - O terminal de controle de rede

5.4.6.6 - Expansão de um único sítio

5.4.6.7 - Sistema para grandes áreas

#### 5.4.7 - A CONFIGURAÇÃO DO HARDWARE

#### 5.4.8 - NODO REGIONAL

#### 5.4.9 - COMUTADOR DE PCM

#### 5.4.10 - INTERCONEXÃO PABX E PSTN

#### 5.4.11 - CHAMADAS INTER-SÍTIOS

#### 5.4.12 - CONTROLE DE SÍTIO

#### 5.4.13 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS:

#### 5.4.14 - RESUMO DE OPERAÇÃO DE UM SISTEMA TRONCALIZADO

### 6 - SOLUÇÃO PROPOSTA

#### 6.1 - REDE SIMULCAST OU QUASE-SÍNCRONA

##### 6.1.1 - DESCRIÇÃO DA REDE QUASE-SÍNCRONA PROPOSTA

##### 6.1.2 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA REDE QUASE-SÍNCRONA PROPOSTA

#### 6.2 - REDE TRONCALIZADA

##### 6.2.1 - DESCRIÇÃO DA REDE TRONCALIZADA

### 7 – CONCLUSÃO

### 8 – REFERÊNCIAS

### ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. 2.1 – Configuração atual das linhas
- Fig. 4.1 – Configuração final das linhas
- Fig. 5.1 – Sistema convencional de rádio
- Fig. 5.2 – Área de cobertura dos transmissores – sistema convencional
- Fig. 5.3 – Área de cobertura dos transmissores – sistema Simulcast
- Fig. 5.4 – Área de sobreposição
- Fig. 5.5 – Recepção nas áreas de sobreposição
- Fig. 5.6 – Distorção do áudio de recepção
- Fig. 5.7 – Nível do sinal recebido na unidade móvel
- Fig. 5.8 – Tipos de enlace entre as estações rádio base
- Fig. 5.9 – Transmissão simultânea das estações rádio base
- Fig. 5.10 – Pontos nulos no áudio de recepção no sistema convencional
- Fig. 5.11 – Pontos nulos defasados no áudio de recepção no sistema Quase-síncrono
- Fig. 5.12 – Erro na recepção provocado pela transmissão simultânea na mesma frequência
- Fig. 5.13 – Ausência de erro na recepção devido à solução adotada no sistema Quase-síncrono
- Fig. 5.14 – Monitoramento do sinal no receptor de controle
- Fig. 5.15 – Diagrama em blocos do controle do sistema quase-síncrono
- Fig. 6.1 – Diagrama de localização das ERBs

## **ACRÔNIMOS E SIGLAS**

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações  
APF – Aperte para Falar  
CCM – Módulo de Canal de Controle  
CCO – Centro de Controle Operacional  
CFTV – Circuito Fechado de Televisão  
CPTM – Companhia Paulista de Trens Metropolitanos  
DTMF – Dual Tone Multi Frequency  
ERB – Estação Rádio Base  
FEPASA – Ferrovia Paulista S.A.  
FSK – Frequency Shift Keying  
ID – Identificação  
PABX – Phone Automatic Branching and Exchange  
PC – Personal Computer  
PCM – Pulse Code Modulation  
PSTN – Public Switching Telephone Network  
PTT – Push to Talk  
RF – Radio Frequency  
RX – Receptor  
SCU – Unidade de Controle de Sítio  
SPR – São Paulo Railway  
TX – Transmissor  
UHF – Ultra High Frequency  
VHF – Very High Frequency  
WAN – Wide Area Network

## **1 – INTRODUÇÃO**

O presente trabalho faz um estudo preliminar das necessidades de radiocomunicação da CPTM, apresentará as tecnologias hoje disponíveis e fará considerações sobre a viabilidade de aplicação destas tecnologias, de modo a dotar a CPTM de um sistema de comunicação moderno, eficiente, rápido e seguro.

O trabalho será baseado, principalmente, em pesquisa bibliográfica e em catálogos de fornecedores deste tipo de sistema. Outro recurso que será bastante utilizado será a pesquisa em ‘sites’ da Internet, na busca de informações porventura não disponíveis nos referidos catálogos.

## **2 – HISTÓRICO**

### **2.1 – MALHA FERROVIÁRIA**

Conforme pode ser visto na figura 2.1, “a malha operacional da CPTM é a junção de parte do traçado de três das mais importantes ferrovias para a economia paulista – a Estrada de Ferro Santos a Jundiaí (antiga São Paulo Railway), a Estrada de Ferro Sorocabana e a Estrada de Ferro Central do Brasil.

Da São Paulo Railway (SPR), a CPTM herdou o que hoje são as linhas A e D. A primeira entre Barra Funda e Francisco Morato, com extensão até Jundiaí, e a segunda, fazendo a ligação entre Luz e Rio Grande da Serra, com extensão até Paranapiacaba, de onde até fins do século XIX partia para Santos um sistema de trem funicular. ‘A inglesa’ como era conhecida a SPR, foi durante quase um século a ferrovia mais rentável da América do Sul, monopolizando o escoamento do café brasileiro para o mundo.

As linhas B (Júlio Prestes-Itapevi) e C (Osasco – Jurubatuba) são partes do espólio da Sorocabana. À época da criação da CPTM, essa estrada de ferro estava sob o guarda-chuva institucional da FEPASA. A Estrada de Ferro Sorocabana teve importância fundamental no desenvolvimento do oeste paulista e tinha como terminal e sede administrativa a estação Júlio Prestes. Onde hoje é a Sala São Paulo ficavam seus escritórios.

Do ramal São Paulo da E. F. Central do Brasil, que tinha sede no Rio de Janeiro, vieram as linhas E (Brás – Mogi das Cruzes) e F (Brás - Calmon Viana). Antes da chegada das rodovias, a Central do Brasil era a única ligação entre São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.” [1]

Devido às suas próprias origens, a CPTM é hoje gerenciada a partir de três Centros de Controle Operacionais (CCO), oriundos das três antigas empresas citadas.

As linhas A e D são controladas a partir do CCO instalado junto à Estação da Luz.

As linhas B e C são controladas a partir do CCO instalado próximo à Estação de Presidente Altino.

As linhas E e F são controladas a partir do CCO instalado na Estação do Brás.



**Figura 2.1 – Configuração atual das linhas**

## 2.2 – RADIOCOMUNICAÇÃO EM FERROVIAS

No transporte ferroviário mais recente, o rádio tem sido utilizado como a principal ferramenta auxiliar nas atividades de despacho de trens. Deste modo, tem sido especificado sistemas de radiocomunicação que atendam às necessidades da operação ferroviária, obrigando os fornecedores a desenvolver sistemas de gerenciamento capazes de agregar, ao rádio convencional, algumas funções específicas, além das comunicações propriamente ditas. Funções úteis ao gerenciamento da operação ferroviário vêm sendo acrescentadas, podendo-se destacar: chamadas seletivas, identificação dos prefixos dos trens, privacidade nas comunicações, chamadas de emergência, emissão de telegramas, cobertura plena com sinal de boa qualidade e automatização de diversas operações tais como mudança de domínio, transmissão de informações operacionais padronizadas, hoje feitas pelo operador e, portanto, sujeitas a falhas.

## 3 – SITUAÇÃO ATUAL DOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICAÇÃO DA CPTM

Atualmente, existem na **CPTM** três sistemas de rádio, os quais possibilitam aos operadores dos atuais Centros de Controles Operacionais – **CCO** a comunicação com os maquinistas ou condutores de trens ao longo da via férrea.



### 3.1 - SISTEMA DE RÁDIO VHF DAS LINHAS B e C

Este sistema, fornecido pela empresa **CONTROL S.A.**, possui chamada seletiva e identificação automática através do envio de uma sequência de sete pares de tons **DTMF**. Estes tons definem as facilidades disponíveis do sistema: chamada individual, em grupo e geral, alarmes e comandos da repetidora. O sistema é operado a partir do **CCO** de Presidente Altino com quatro frequências distintas, cada qual abrangendo um trecho: linha B, linha C, Pátio de Presidente Altino e Centro Integrado da Manutenção.

Esta solução é customizada e, atualmente, está operando com diversas facilidades desabilitadas.

### 3.2 - SISTEMA DE RÁDIO VHF DAS LINHAS A, D, E e F

Este sistema, fornecido pela **UNITEL**, possui chamada seletiva e identificação automática através de um protocolo que é composto de uma sequência de tons audíveis.

As facilidades disponíveis são: chamadas individual e geral e identificação automática da composição. Opera com quatro frequências, cada qual abrangendo um trecho específico:

- **CCO Brás:** linhas E e F;
- **CCO Luz:** linha A (Botujuru - Jundiá) e linhas A/D (Botujuru - Rio Grande da Serra);
- **CCO Paranapiacaba:** linha D (Rio Grande da Serra - Paranapiacaba).

Esta solução de gerenciamento é, também, customizada, embora de forma diferente da adotada nas linhas B e C.

### 3.3 - SISTEMA DE RÁDIO TERRA-TREM

Esse sistema, operando em **UHF** e fornecido pelo consórcio **ULTRATEC/TELEDARUMA** possui chamada seletiva e identificação automática.

O gerenciamento e a operação do sistema são efetuados através de microcomputadores do tipo PC, ligados em rede, nos quais rodam softwares específicos em ambiente Windows. Estes softwares foram desenvolvidos em linguagem Visual Basic pelo fornecedor e possibilita as facilidades de chamada individual e geral, bem como a recepção, no CCO, de telegramas enviados das unidades móveis. O protocolo transmitido é composto por 10 códigos associados a informações de solicitação de chamada, emergência, envio de telegramas e alarmes.

Para obtenção destas facilidades, foi utilizada uma terceira frequência, diferente da utilizada nos pares de frequências de comunicação de voz.

Este sistema atende às comunicações de rádio das linhas E – trecho Guaianazes – Estudantes e linha F – trecho Brás – Calmon Viana.

### **3.4 – DEFICIÊNCIAS DOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICAÇÃO**

Os sistemas em VHF de todas as linhas não estão de acordo com as normas vigentes da **ANATEL**, apresentando as seguintes irregularidades:

- Os equipamentos de rádio estão com seus certificados de homologação vencidos, pois possuem idades superiores a 20 anos. Neste caso, como os fabricantes destes equipamentos não estão mais em atividade, cabe à CPTM o ônus de efetuar todos os testes necessários para a certificação e renovação das suas homologações. Estes ensaios devem ser efetuados individualmente, equipamento por equipamento, o que torna a tarefa extremamente complexa.
- As redes de rádio das linhas A, B, C, D, E e F operam em desacordo com as portarias que regulamentaram o uso dos canais de VHF. Através dessas portarias ficaram definidos os pares de frequências que devem ser utilizados. Os sistemas existentes utilizam um dos pares de frequência para transmissão e outro para recepção. Para regularizar a situação, será necessário ajustar todos os rádios, com troca das frequências. Essa troca, nos equipamentos, é efetuada pela substituição dos cristais osciladores, de difícil obtenção, e, portanto, caros. Além disso, sua execução é difícil, pois os equipamentos do CCO e de bordo não podem ser paralisados.
- O sistema em operação nas linhas B e C, utiliza frequência reservada à comunicação por satélite, e precisa ser trocada.

Tanto o sistema VHF quanto o UHF, que utilizam canais de comunicação dedicados, sofrem interferências externas, provocadas principalmente por transmissões clandestinas, de transceptores portáteis de fácil aquisição no mercado e sem qualquer controle do uso.

### **3.5 - DESEMPENHO DOS SISTEMAS**

Todos os sistemas hoje em operação na CPTM apresentam deficiências técnicas que comprometem sua finalidade. Cabe ressaltar que nenhum desses sistemas atende, plenamente, às necessidades ferroviárias, conforme descrito a seguir:

- Regiões de sombra (falta de cobertura);
- Interferências externas;
- Facilidades desativadas (B e C – sigilo e identificação);



- Desempenho com baixa confiabilidade e inconstante (UHF);
- Dificuldades e atrasos no estabelecimento das comunicações (UHF).

Estes problemas são gerados por deficiências de projeto, obsolescência de equipamentos, alteração das condições de propagação e adoção de soluções técnicas inadequadas no gerenciador dos sistemas.

### **3.6 - OPERAÇÃO**

Os trens da CPTM são operados a partir de três (3) Centros de Controle Operacionais (CCO) independentes, cada qual com rotinas operacionais distintas.

As linhas A e D são operadas a partir do CCO existente na Estação da Luz. As mensagens trocadas entre os operadores de trens e os controladores de tráfego são efetuadas através de um único terminal de operação de rádio (isto é console) que possui operador dedicado. Todas as mensagens trocadas entre os participantes passam necessariamente pelo operador de rádio. Os equipamentos de rádio a bordo dos trens possuem codificadores/decodificadores de sinalização de modo que todas as chamadas são identificadas no CCO e as conversas são sigilosas.

As linhas E (trecho Guaianazes – Estudantes) e F são operadas a partir do CCO de Brás. As conversas entre os operadores de trens e controladores de tráfego são efetuadas através de consoles localizadas junto aos terminais de controle dos trens, permitindo, deste modo, a comunicação direta entre os participantes. Os rádios de bordo possuem chamada seletiva e sigilo nas comunicações. Além disto, o rádio oferece ainda a possibilidade de envio de até 10 (dez) mensagens pré-estabelecidas (telegramas) que são apresentados nos consoles de rádio do CCO.

No trecho da linha E entre Brás e Guaianazes, o sistema de rádio é similar ao existente nas linhas A e D, apresentando as mesmas características. As mensagens trocadas entre os operadores de trens e os controladores de tráfego são efetuadas através de um único console de rádio que possui operador dedicado. Todas as mensagens trocadas entre os participantes passam necessariamente pelo operador de rádio. Os equipamentos de rádio a bordo dos trens possuem codificadores/decodificadores de sinalização de modo que todas as chamadas são identificadas no CCO e as conversas são sigilosas.

As linhas B e C são operadas a partir do CCO de Presidente Altino. As conversas mantidas entre os operadores de trens e os controladores de tráfego são efetuadas diretamente entre os participantes, através de equipamentos instalados nos consoles de controle de tráfego. Embora os rádios possuam chamada seletiva, essa facilidade está desativada, fazendo com que as instruções emitidas a partir do CCO sejam recebidas e ouvidas em todos os trens da linha.

Os equipamentos dos três sistemas de radiocomunicação são incompatíveis entre si.



As três linhas atuais serão reconfiguradas de modo a transformarem-se em 2 (dois) arcos contínuos que permitirão aos passageiros atingirem qualquer ponto da linha com, no máximo, dois transbordos (e.g., anteriormente seriam necessários até quatro).

Devido às características operacionais das linhas, haverá um controlador de tráfego para cada trecho que compõe os arcos (trechos das linhas A, B, C, D, E e F), num total de seis controladores.

Na região central, abrangendo as estações de Brás, Luz e Barra Funda, haverá dois (2) controladores para cada arco, sendo um responsável pelo controle do terminal do Brás e outro pelo terminal de Barra Funda. Esta necessidade se deve ao elevado número de manobras de trens que serão efetuadas nestas estações. Para este trecho teremos, então, necessidade de quatro controladores.

Dentro do CCO haverá um funcionário, indicado nos desenhos pela inscrição “FALHAS”, que será responsável por receber as comunicações dos operadores de trens informando problemas nos equipamentos de suas composições. De posse destas informações, este funcionário acionará a equipe de manutenção de material rodante apropriada para efetuar o reparo necessário. Haverá um controlador de falhas para cada arco.

Do mesmo modo, dentro do CCO existirá outro funcionário, indicado nos desenhos pela inscrição “PASSAGEIROS E AUXILARES”, que efetuará a supervisão, e se necessário o controle, dos equipamentos existentes nas estações (iluminação, elevadores, escadas rolantes, sonorização, circuito fechado de televisão, bilhetagem, etc.). Haverá necessidade constante de comunicação entre este controlador e os agentes de estação localizados nas diversas estações sob seu controle, de forma a permitir o eficiente gerenciamento de passageiros. Haverá um controlador de passageiros e equipamentos auxiliares para cada arco.

De modo similar, haverá ainda outro funcionário, mostrado nos desenhos como “ENERGIA”, que possuirá a função de supervisionar e controlar as subestações e cabines seccionadoras distribuídas ao longo das linhas. Este funcionário efetuará comunicação com outros funcionários localizados nessas subestações, nas diferentes cabines e com os demais funcionários que se encontrarem ao longo das linhas. Há ainda necessidade de um controlador de energia para cada arco.

Embora não estejam localizadas na sala do CCO, mas em salas próximas, e, portanto não aparecem nos desenhos do novo CCO, existem, ainda, duas outras áreas que precisam se comunicar com funcionários localizados ao longo das linhas: manutenção e segurança. Devido às novas necessidades impostas pelo modelo operacional a ser adotado, será necessário um controlador para cada área, em cada arco, perfazendo um total de quatro controladores.

## 4.2 - NECESSIDADE DE COMUNICAÇÃO

Uma ferrovia necessita de grande quantidade de recursos de comunicação para permitir sua operação plena. De acordo com a filosofia da área operacional de qualquer ferrovia pode-se dizer que **“OPERAR É COMUNICAR BEM”**.

Este objetivo traduz, de modo sucinto e completo, a importância fundamental da comunicação para a operação ferroviária.

Em termos de comunicações, cada controlador deverá estar equipado com um console de rádio que irá permitir a efetivação de todas as conversas operacionais previstas para cada caso.

Além das comunicações para operação de trens propriamente dita, há ainda necessidade de outras comunicações de apoio importantes.

Em função do número total de funcionários que terão de manter contato com os demais funcionários distribuídos ao longo das linhas, chega-se ao número total de consoles de controle do sistema de radiocomunicação igual a 20 (vinte) consoles.

Não foram considerados nesta análise os funcionários de apoio gerencial que hoje utilizam equipamentos de rádio de terceiros (sistema de radio troncalizado locado da empresa NEXTEL). Caso seja desejável o atendimento destes usuários pelo sistema, deverá ser efetuada uma adequação, por meio da inclusão desses usuários levando-se em conta as características de tráfego, para se determinar o acréscimo de equipamentos necessários e sua influência no desempenho do sistema, além do custo dessa adicional.

Visando oferecer um apanhado geral das necessidades de comunicação na operação ferroviária, foi elaborada uma relação na qual foram mapeadas as necessidades de acordo com as finalidades operacionais a que se destinam. Um estudo elaborado a partir de considerações sobre os diversos centros de gestão da operação ferroviária, todos os usuários envolvidos e de suas finalidades, produziu-se a matriz de comunicação que se encontra representada na tabela constante do Anexo 2 – Matriz de Comunicação.

## 5 – ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO

Para atendimento das necessidades de comunicação, encontram-se disponíveis no mercado os seguintes tipos de sistemas de radiocomunicação:

- - Convencionais – Múltiplos Canais;
- - Convencionais com Sinalização Avançada;
- - Simulcast5 / Quase-síncronos;
- - Troncalizados;



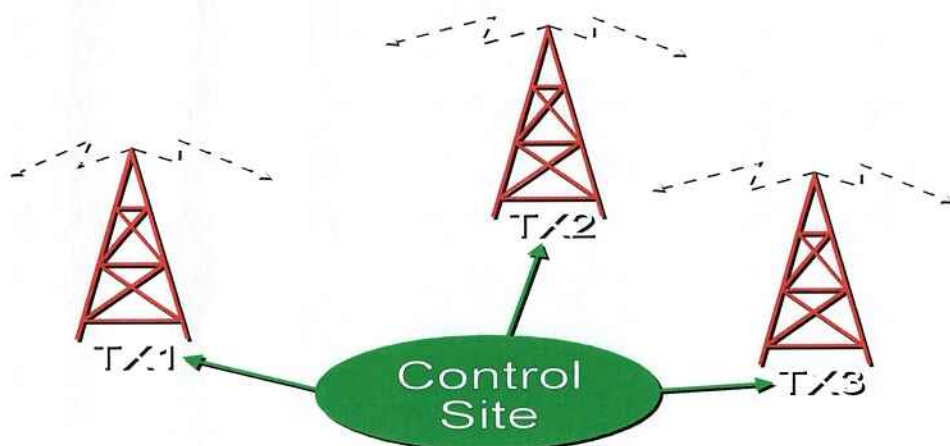
- - Dados Compartilhados com Voz;
- - Dados e Voz Separados;
- - Satélite.

A seguir será feita uma descrição sucinta de cada um destes sistemas.

Não foi considerada aqui a utilização de sistemas de radiocomunicação que fossem de propriedade de terceiros (aluguel, leasing, etc.), pois sua operação iria depender de contratos que podem tornar-se não renováveis, com a conseqüente paralisação de um serviço imprescindível. Também podem tornar-se excessivamente dispendiosos, visto que as empresas fornecedoras do serviço, normalmente, abusam da situação de dependência.

### 5.1 – SISTEMAS CONVENCIONAIS – MÚLTIPLOS CANAIS

Nesse sistema de rádio estão incluídos aqueles sem nenhum tipo de recurso de auxílio a operação. Neste tipo de rádio, o operador simplesmente aperta o botão PTT e inicia sua comunicação. Não apresenta nenhum tipo de informação adicional referente aos participantes da conversa, nem de gerenciamento do sistema.



**Fig 5.1 – Sistema convencional de rádio**

É o tipo mais comum de rádio e o mais barato. É, também, mais susceptível a interferências externas.

Este é o tipo de sistema de radiocomunicação atualmente em operação nas linhas B/ C da **CPTM**, conforme descrito no item 3.1, oferece as seguintes desvantagens de caráter operacional:

- Usuário deve selecionar o canal correto;
- Aumento de carga para despachantes;
- Chamadas Gerais difíceis de estabelecer;
- Necessidade de troca de canais manualmente;
- Recepção seletiva aleatória.

## **5.2 – SISTEMAS CONVENCIONAIS COM SINALIZAÇÃO AVANÇADA**

Neste sistema estão incluídos os rádios convencionais aos quais foi adicionada a sinalização. Este tipo de rádio pode apresentar as funções mais comuns, tais como: identificação, sigilo, telegramas entre outras funções, possibilitando um gerenciamento mais preciso do sistema. Este é o tipo de rádio hoje utilizado, pela CPTM, em suas linhas A/D e E/F, conforme itens 3.2 e 3.3, e, também, pelo METRÔ de São Paulo.

## **5.3 – SIMULCAST / QUASE-SÍNCRONOS**

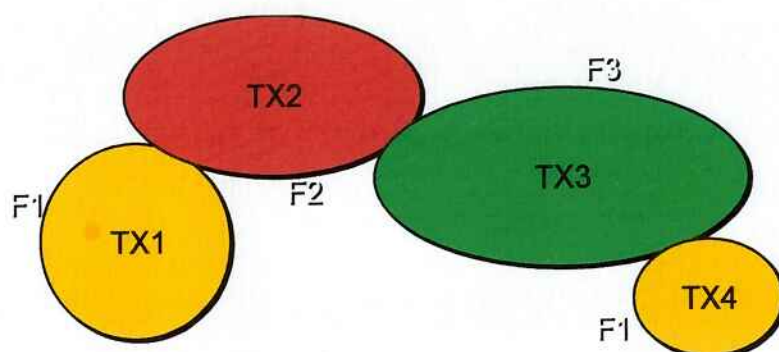
Este sistema de rádio apresenta algumas características que o diferenciam de outros sistemas utilizados hoje. Dada suas singularidades, serão expostas a seguir suas características básicas e seu princípio de operação.

Serão tratadas a seguir os aspectos:

- Princípio de Funcionamento;
- Aplicações;
- Alternativas;
- Problemas Tradicionais;
- A Solução Quase-Síncrona.

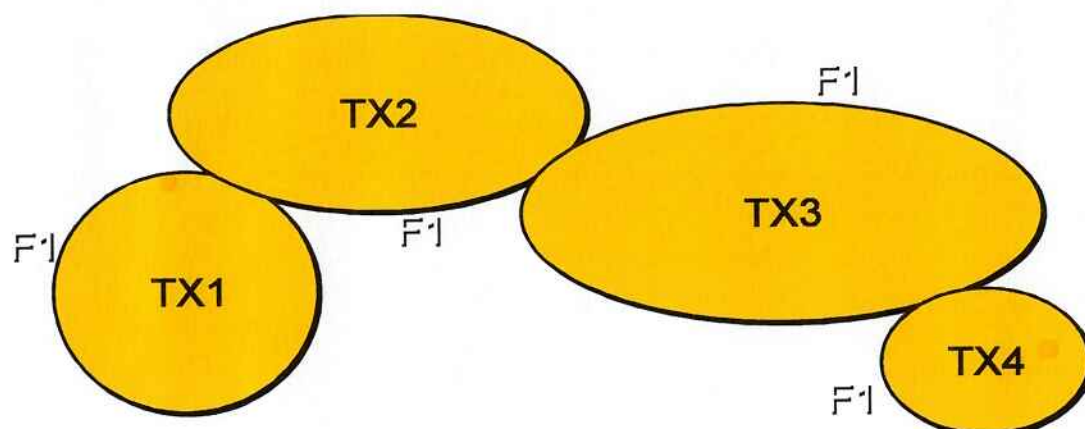
### **5.3.1 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO**

Nos sistemas de rádio convencional a cobertura de áreas amplas exige a instalação de numerosos transmissores, com reutilização coordenada de frequências, permitindo dessa forma a cobertura em áreas extensas, especialmente em regiões com terreno acidentado, conforme mostra a figura 5.2.



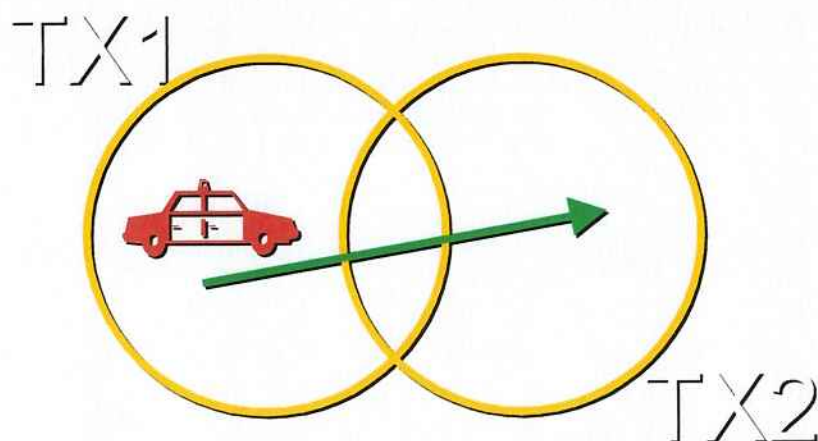
**Fig. 5.2 – Área de cobertura dos transmissores – sistema convencional**

O sistema Simulcast, por seu lado, permite a transmissão da mesma frequência por parte dos transmissores responsáveis pela cobertura das diferentes áreas:



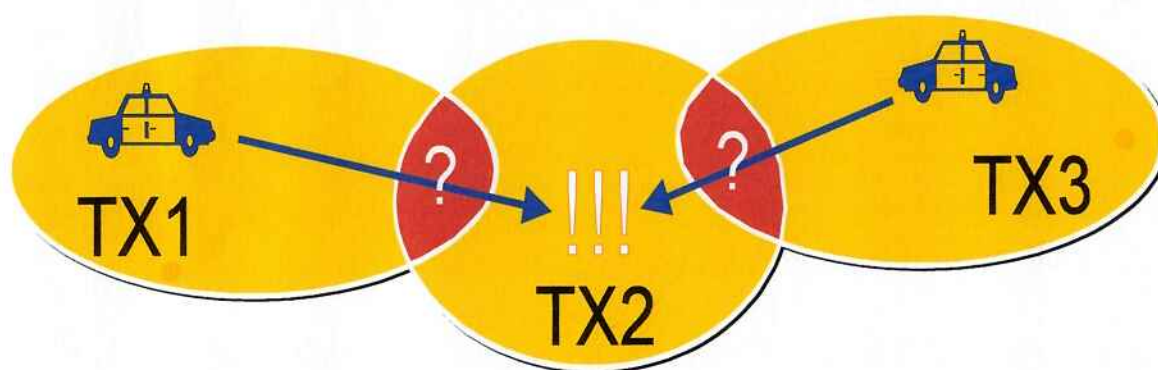
**Fig. 5.3 – Área de cobertura dos transmissores – sistema Simulcast**

Dentre as vantagens do sistema Simulcast pode-se ressaltar a cobertura plena, já que o enlace com as unidades móveis é contínuo, mesmo nas áreas de sobreposição:

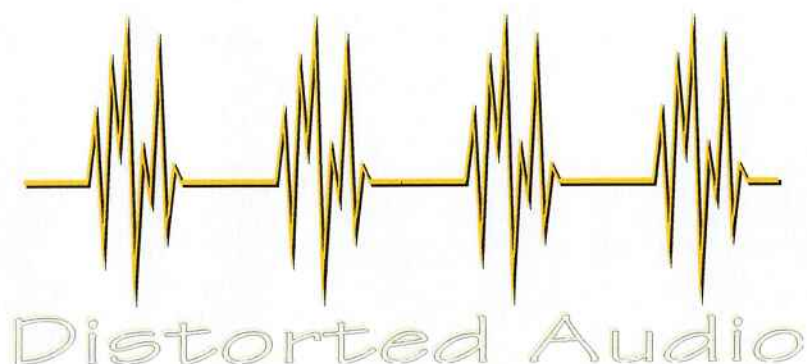


**Fig 5.4 – Área de sobreposição**

Um dos problemas observados no Simulcast tradicional é a dificuldade de recepção, pelo móvel, em regiões de sobreposição, que resulta num elevado ruído no áudio dos receptores nessas áreas. Esse fenômeno encontra-se representado esquematicamente na figura 5.5.

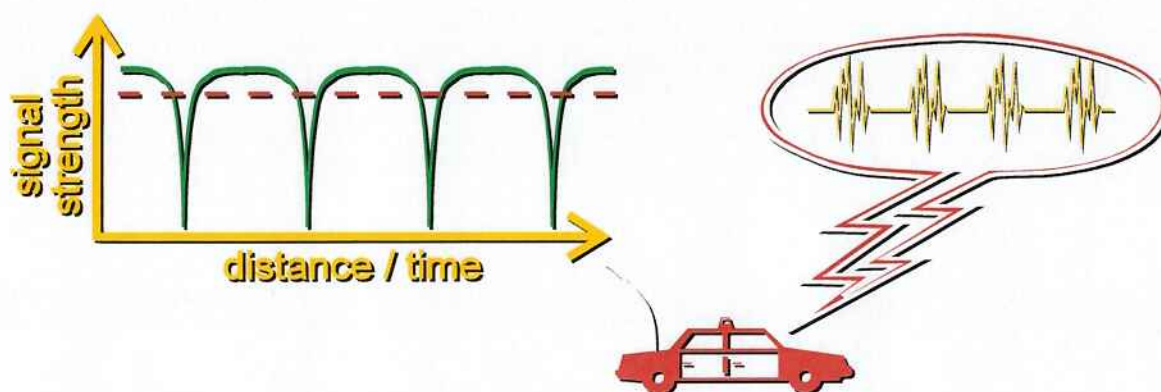


**Fig 5.5 – Recepção nas áreas de sobreposição**



**Fig 5.6 – Distorção do áudio de recepção**





**Fig 5.7 – Nível do sinal recebido na unidade móvel**

A distorção de áudio ocorre devido ao fenômeno de propagação conhecido como desvanecimento ou “fading”, em intervalos bem definidos (i.e., metade do comprimento de onda da frequência utilizada), fazendo com que o sinal recebido fique abaixo do limiar de sensibilidade do receptor, conforme mostrado na figura 5.7.

Outro mecanismo de propagação deve ser ainda considerado: o sinal de áudio percorre trajetos diferentes ao se propagar de um transmissor para um receptor, resultando em sinais com tempos ligeiramente diferentes.

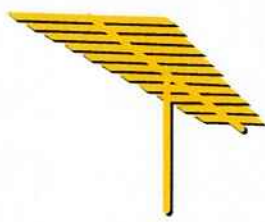
Ou seja, a amplitude, fase e atraso do sinal são afetados pelo caminho até o transmissor.

Um canal pode ser constituído por uma linha telefônica, um enlace de rádio (e.g. RF, microondas) ou uma combinação desses – com comprimentos variáveis, o que resulta numa variação dinâmica das características dos sinais e distorções diversas no sinal recebido.

Estes parâmetros ocasionam distorção no áudio do receptor do móvel.



**Leased Line**



**RF Link**



**Microwave**

**Fig 5.8 – Tipos de enlace entre as estações rádio base**

### 5.3.1.1 - Solução oferecida pelo sistema quase-síncrono

A solução oferecida pelo sistema quase-síncrono propicia um controle da distorção provocada pela transmissão simultânea de duas ou mais frequências de mesmo valor, conforme ilustrado na figura 5.10.

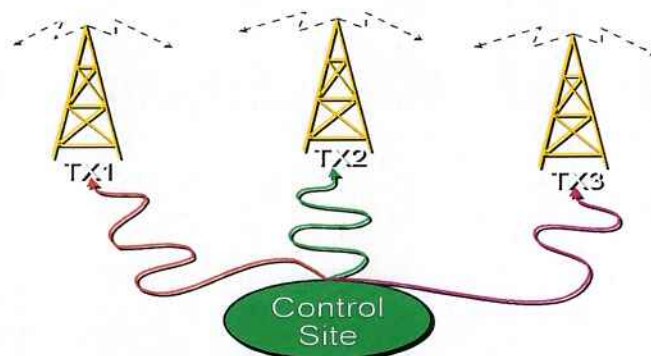


Fig 5.9 – Transmissão simultânea das estações rádio base

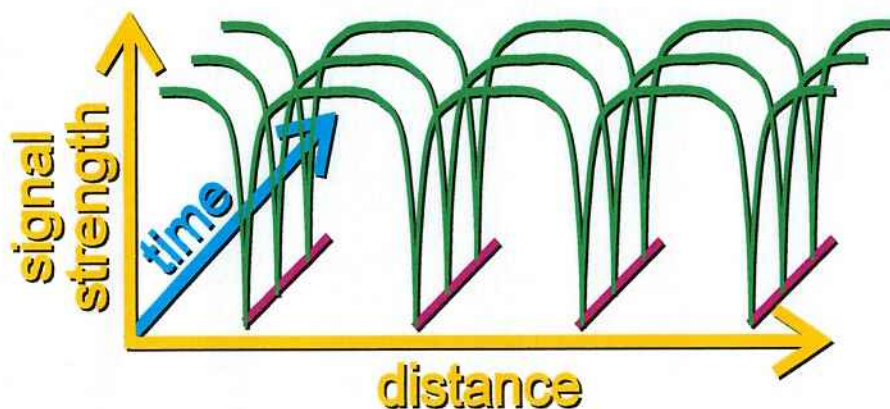


Fig 5.10 – Pontos nulos no áudio de recepção no sistema convencional

A solução consiste em ajustar as frequências dos transmissores em valores ligeiramente deslocados (aproximadamente 6 Hz) em transmissores adjacentes, resultando em nulos móveis nas áreas de sobrecobertura, conforme pode ser visto na figura 5.11.

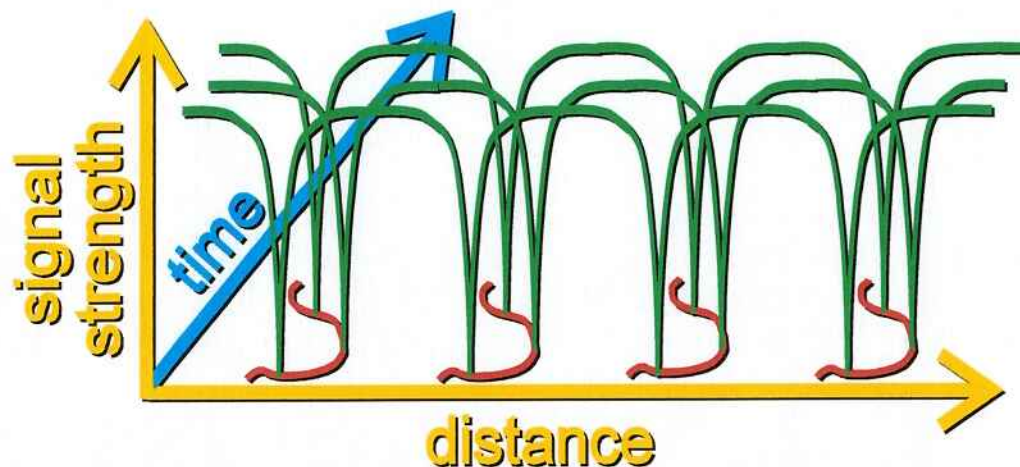


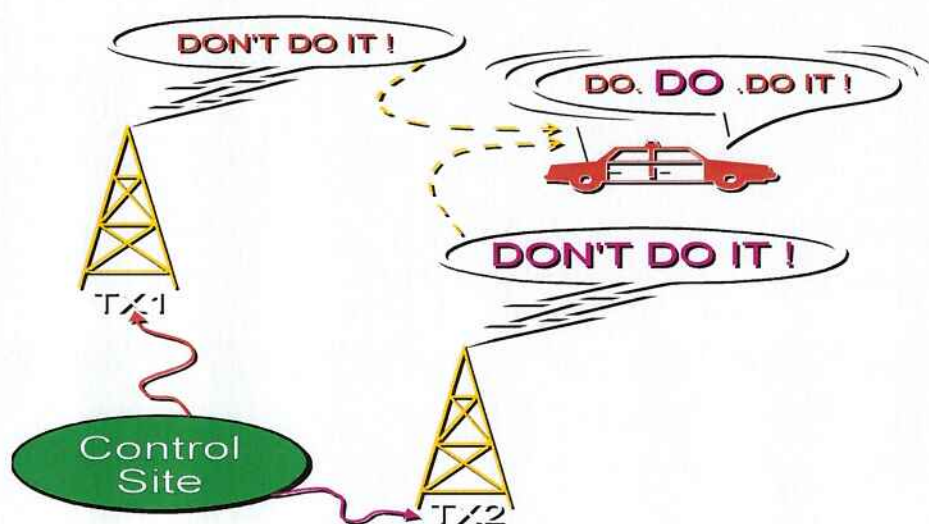
Fig 5.11 – Pontos nulos defasados no áudio de recepção no sistema quase-síncrono

Sem a variação de frequência os nulos se caracterizam pela presença de portadoras de mesma frequência, concentrando esses nulos num mesmo ponto, onde o sinal praticamente se anula. A utilização de frequências ligeiramente diferentes resulta na presença de nulos defasados, o que leva a uma condição desejável para uma cobertura mais confiável.

O sinal de áudio recebido no móvel poderia estar degradado caso as frequências das portadoras, de transmissores distintos fossem iguais. Esta condição é contornada pelo sistema Quase-síncrono, que promove a defasagem em 6 Hz das frequências portadoras transmitidas. Para tanto é necessário um controle mais preciso das frequências de transmissão, bem como da variação em torno da raia fundamental.

### 5.3.1.2 – Parâmetros de áudio

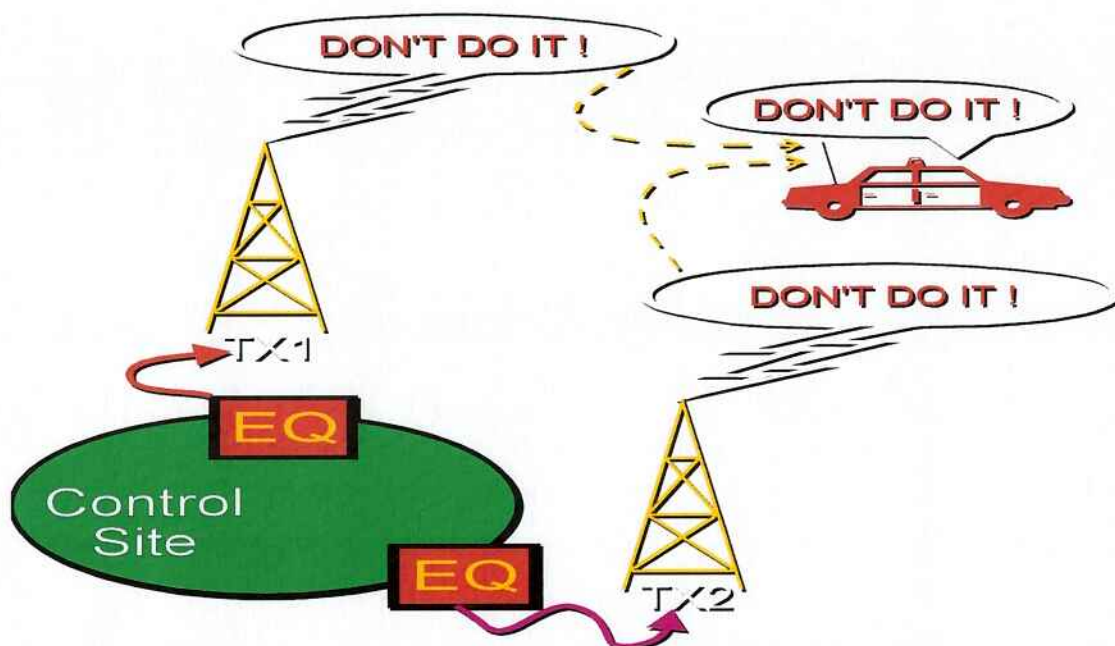
Os parâmetros de áudio devem estar casados em amplitude, fase e atraso de modo a permitir recepção inteligível na região de sobreposição.



**Fig. 5.12 – Erro na recepção provocado pela transmissão simultânea na mesma frequência**

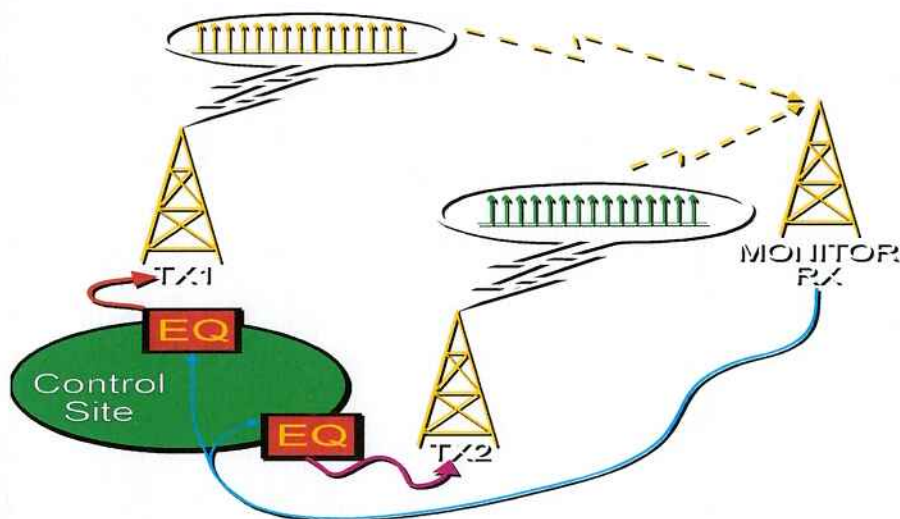
Para o casamento dos sinais de áudio são utilizados equalizadores nos equipamentos das áreas de controle com a finalidade de corrigir os erros introduzidos pelo trajeto desigual.





**Fig 5.13 – Ausência de erro na recepção devido à solução adotada no sistema quase-síncrono**

O Monitor RX recebe sinal de teste de áudio do tipo “pente” para ajuste dos parâmetros de áudio no equalizador, cujo alinhamento é automático e efetuado sob controle de computador.



**Fig 5.14 – Monitoramento do sinal no receptor de controle**

Os equalizadores de áudio possuem características que garantem a inteligibilidade do sinal recebido na região de sobreposição; e atendem às seguintes especificações:

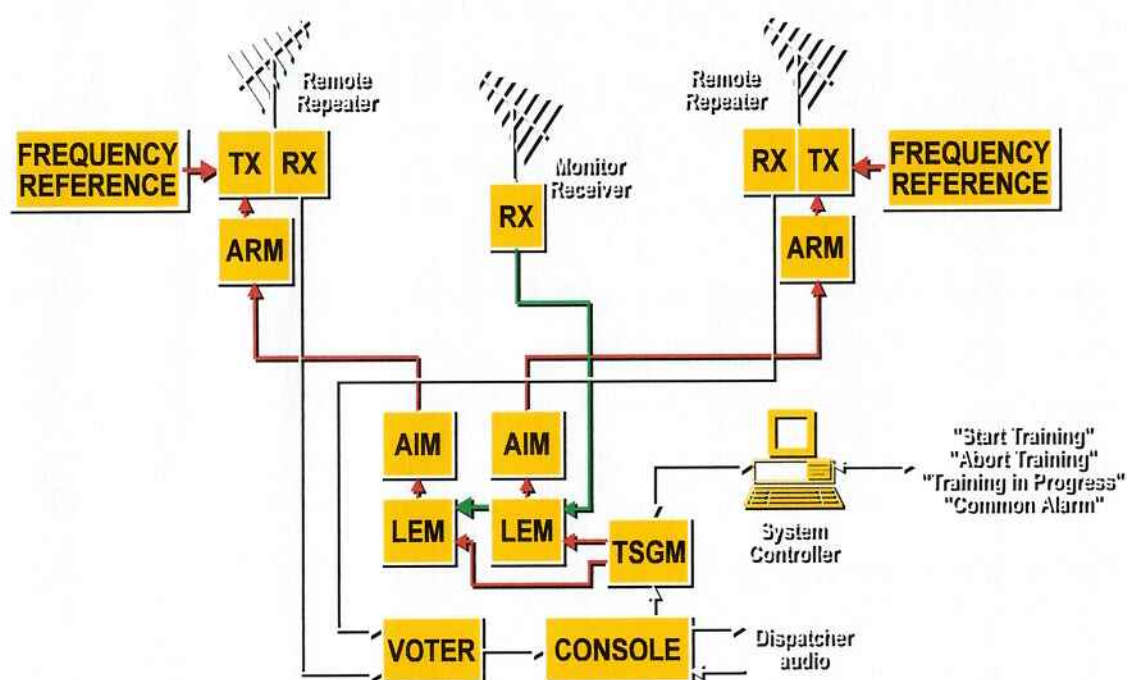
- Amplitude:  $\pm 1$  dB
- Atraso de Grupo:  $\pm 10\mu\text{S}$
- Atraso Total:  $\pm 10\mu\text{S}$

Os equalizadores analógicos tradicionais apresentam problemas que dificultam a operação de um sistema Simulcast. Seus parâmetros sofrem com problemas de desvio ou “drift”, necessitando de manutenção constante o que pode resultar em um número excessivo de paradas do sistema. O rerroteamento da linha de PTT também exige ressintonia manual.

Por outro lado, os equalizadores digitais de áudio apresentam as vantagens relacionadas abaixo:

- Processamento Digital de Sinal - Drift Zero;
- Alinhamento Automático;
- Controle por computador;
- Rerroteamento do PTT - sem problemas;
- Rastreamento – monitora / registra o desempenho do sistema automaticamente.

A figura a seguir mostra o diagrama esquemático do controle do sistema quase-síncrono



**Fig 5.15 – Diagrama em blocos do controle do sistema quase-síncrono**

#### **MÓDULOS QUASE-SÍNCRONOS DSP (Processador Digital de Sinais)**

- **LEM** - Módulo Equalizador de Linha
- **AIM** - Módulo Inversor de Áudio
- **ARM** - Módulo Recuperador de Áudio
- **TSGM** - Módulo Gerador de Sinal de Teste

### 5.3.2 - SISTEMA QUASE-SÍNCRONO TÍPICO

Os principais benefícios de um Sistema Quase-Síncrono podem ser observados pela facilidade de sua manutenção, uma vez que os ajustes são automáticos, apresentando baixa manutenção e seu controle computadorizado permite minimizar os efeitos de rerroteamento e registro de diagnósticos possibilita uma avaliação completa do sistema durante sua operação. A análise dos arquivos de registro do sistema permite, ainda, focalizar as ações em áreas que apresentem tendências de degradação.

### 5.3.3 - PRINCIPAIS BENEFÍCIOS DO SISTEMA QUASE-SÍNCRONO

São apresentados a seguir os principais benefícios obtidos na utilização de um sistema quase-síncrono:

- **Versatilidade do Enlace**

- Permite o emprego de sistemas PCM, FDM, microondas, rádio etc.

- **Modular**

- Expande facilmente;
- Atualiza sistemas existentes.

- **Compatibilidade**

- Utiliza equipamentos existentes;
- Custo reduzido.

## 5.4 – SISTEMA TRONCALIZADO

### 5.4.1 - CONCEITOS

A comunicação via rádio tem um papel muito importante nos setores públicos e privados em todas as partes do mundo, devendo satisfazer os seguintes requisitos: conveniência, facilidade de uso e baixo custo. Devem oferecer grandes incentivos para que novas empresas, organizações e/ou usuários privados os utilizem. Como resultado podemos observar facilmente um congestionamento considerável das comunicações. Este congestionamento poderá fazer com que o sistema não seja eficiente.

O meio mais eficiente para disponibilizar e conservar um espectro de frequências para prover uma operação a contento é o que utiliza a tecnologia de rádio troncalizado, no qual se permite a distribuição de um número de canais relativamente pequeno para a comunicação entre vários grupos

e vários usuários. É bom lembrar que o conceito da tecnologia troncalizada já é utilizado há mais de 75 anos na indústria telefônica.

Inicialmente, a instalação de tronco de linhas telefônicas entre cidades importantes seguia o mesmo conceito de compartilhamento.

Com o desenvolvimento da tecnologia de semicondutores, surgiu a possibilidade de distribuição automática de linhas de comunicação sobre uma base de tempo real, e assim nasceu o conceito de troncalização.

A disponibilidade decrescente de frequências começou a ficar evidente no começo dos anos 80, tornando evidente a necessidade de um aproveitamento melhor no espectro de frequência.

Empresas com um grande número de usuários móveis e equipamentos portáteis tinham a disposição apenas um canal, o que, logicamente acarretava uma operação inadequada, ou seja, “mínima necessária”. Outras empresas tiveram que trabalhar com frequências compartilhadas, isto é, uma frequência disponibilizada para duas ou mais empresas, estando separadas somente pela localização geográfica dentro de uma cidade.

O resultado foi desconforto e grande frustração por parte dos usuários. Os usuários de empresas que necessitavam de cobertura mais ampla e alcance maior nas comunicações entre usuários encontravam grandes problemas, devido às limitações impostas citadas anteriormente.

O surgimento do Sistema troncalizado e o baixo custo de sistemas utilizando microprocessadores permitiu uma solução através do compartilhamento de frequências e com maior sigilo.

Os sistemas de rádio troncalizado compartilham um grupo de canais de rádio entre muitos grupos de usuários com comunicação sigilosa. A distribuição de canais é efetuada pelo Módulo de Controle de Canais (Gerenciador dos transceptores das estações rádio base).

Quando um usuário necessita efetuar uma chamada, o mesmo envia um pedido para utilizar um canal de RF (Radiofrequência) através do canal de controle. O canal de controle direciona e habilita um canal de tráfego para a comunicação entre usuários. Uma vez solicitado, o canal de controle pede para que todos os usuários daquele grupo se desloquem para o canal determinado para a concretização da comunicação.

Quando a comunicação entre os usuários do grupo for finalizada, o canal ficará disponível para ser utilizado por outros usuários do sistema.

A conexão entre as diferentes áreas (i.e., sítios ou “sites”) de sistemas troncalizados se realiza através de um sistema PCM, muito parecido com o sistema PCM de sistemas telefônicos, o que proporciona uma versatilidade muito grande ao sistema, e permite também um fácil interfaceamento com sistemas telefônicos (ligações telefônicas através de rádios que utilizam um Sistema Troncalizado).



O sistema troncalizado compartilha canais entre um grupo de usuários. De mesma maneira que um PABX compartilha um certo número de troncos externos (escassos) com um número de ramais (muitos), o sistema troncalizado de rádio compartilha um certo número de recursos como frequência (escassas) com um número de usuários (muitos).

A escassez de espectro de frequência nas faixas normalmente utilizadas como VHF e UHF com muitos usuários competindo por faixas de frequência foi a principal motivação do desenvolvimento do sistema troncalizado.

Historicamente, organizações com um significativo número de usuários móveis e com sistema de múltiplos canais dividiam seus usuários em sistemas menores restritos a uma única frequência. Como resultado, alguns canais ficavam congestionados enquanto outros ficavam sub-utilizados, o que frustrava usuários e reduzia a qualidade do serviço.

Este tipo de problema só é agravado por sistemas espalhados geograficamente em áreas extensas.

Avanços na tecnologia de processamento permitiu aos sistemas troncalizados o uso de microprocessadores com chip de baixo custo, o que viabilizou o conceito.

Um Canal de Controle aloca um canal de conversação ao usuário pelo tempo de duração da conversa. Em seguida, o canal de controle sintoniza no mesmo canal de conversação os rádios dos demais participantes do grupo de conversação. Uma vez terminada a chamada, o canal de conversação fica novamente disponível para ser compartilhado.

#### **5.4.2 - SISTEMA MPT – 1327**

O sistema MPT1327 foi desenvolvido na Inglaterra com o objetivo de oferecer aos usuários um sistema aberto (não proprietário) com múltiplos vendedores e modelado no estado da arte da tecnologia.

A necessidade de um sistema mais eficiente, já se fazia necessário. A reunião de vários fabricantes de rádio com o Departamento do Comércio e Indústria Britânico (i.e., DTI) resultou em um sistema de protocolo aberto, para uso por parte de empresas e operadoras, onde a operação deveria ser transparente para o usuário.

O primeiro Sistema MPT-1327 foi instalado na torre de Telecomunicações em Londres em outubro de 1988. Foi instalado num único ponto, com cinco canais operando em VHF, usando o software da TAIT/Fyald Microsystem, hardware de controle de troncalização e módulos de RF da TAIT. Cabe mencionar que este sistema já estava operando um ano antes da norma MPT-1327 ser publicada.

O protocolo MPT-1327 foi adotado como norma de fato por um grande número de fabricantes e autoridades regulamentadoras mundiais.



O retorno com relação ao uso do sistema foi bastante positivo e rápido, principalmente frente às outras alternativas existentes. Enfim, foi através do MPT-1327 que se definiram as especificações, desempenho e compatibilidades.

Por se tratar de um sistema aberto, vários fornecedores estiveram envolvidos desde o começo. Os participantes originais foram:

- Fylde / Tait
- Philips
- Motorola
- GEC Marconi

Vários outros fabricantes participaram parcialmente dos trabalhos.

Conforme visto acima, o primeiro sistema MPT1327 de cinco canais e um único sítio ou localidade foi instalado na Inglaterra utilizando-se software e sistema de controle da Tait / Fylde Microsystems e módulos de RF da Tait.

Hoje o protocolo MPT1327 se tornou o padrão de indústria para mais de 30 fabricantes e por agências reguladoras de muitos países.

#### **5.4.3 - SISTEMA TRONCALIZADO TAITNET**

TaitNet é um sistema de rádio comunicação troncalizado automático, multiponto, multi-nodal, totalmente compatível com os padrões e exigências que constam das normas MPT-1327, MPT-1343 e MPT-1347. O sistema pode operar na configuração de um único sítio, em versão regional de até 10 sítios e uma central de controle e na versão de área extensa com múltiplas regiões que podem combinar até 32 controladores regionais com 16 sítios cada um.

O sistema TaitNet pode ser configurado para oferecer serviços de comunicação móvel para qualquer quantidade de usuários e empresas de qualquer tamanho. O sistema permite ligação com PABX e com a rede pública de telefonia, além de ter os consoles de despachos ligados à central por meio de rádio ou por linha física.

Cada sítio pode ter no máximo 24 canais de rádio, o que proporciona 23 canais de conversação e um canal de controle. A alocação de tráfego para cada canal de conversação é feita sempre pelo canal de controle.

No caso do sistema regional, até dez sítios de repetição podem ser interligados a um controlador regional. Um usuário movimentando-se entre os sítios de uma região será automaticamente registrado na sua nova localização, e qualquer chamada dirigida a ele será encaminhada ao sítio correto.

Os centros regionais podem ser conectados a um controle central para formar uma rede de área extensa (i.e., WAN). Da mesma maneira como no caso dos sítios de um sistema regional, um usuário movimentando-se entre as regiões terá a sua localização atualizada automaticamente e receberá as chamadas a ele encaminhadas.

#### **5.4.4 - DISCUSSÃO COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS**

A aceitação do sistema pelo mercado tradicional se justifica por diversas vantagens:

- A regulamentação de mercado do Sistema MPT-1327 assegurou para os membros originais, um mercado garantido para a venda de rádios móveis e equipamentos de rede;
- O MPT-1327 teve o apoio desde o início dos principais fabricantes de Rádios. Teve poucas restrições em relação a patentes, e é reconhecido como um protocolo não proprietário, ou seja, aberto;
- O MPT-1327 utiliza uma tecnologia já existente, o que torna o equipamento de fácil compreensão;
- O MPT-1327 foi projetado desde o princípio para fornecer comunicações troncalizadas eficientes com custo mínimo para locais com grandes áreas de cobertura que necessitam subdivisão em vários sítios;
- Características específicas podem ser configuradas individualmente para integrantes de um grupo misto de usuários, de um sistema, como serviço de emergência e outras variantes de uma rede.

Durante uma década, desde o seu início, o MPT-1327 foi considerado como a norma universal para rádio troncalizado mais aceita. Sua popularidade continua a crescer e vem sendo agregado ao sistema serviços de rádios mais avançados.

#### **5.4.5 – FACILIDADES DO SISTEMA**

##### **5.4.5.1 – Informações gerais**

O processo de chamadas do sistema troncalizado é totalmente automático. Geralmente, quando um usuário deseja chamar outro, a única coisa que deve fazer é digitar o ID do usuário e pressionar a tecla APF. Todas as unidades poderão se comunicar da mesma maneira.

##### **5.4.5.2 - Unidade em trânsito inoperante**

Quando um usuário está, em movimento dentro de sua área de cobertura, a unidade está sendo sempre questionada pela central, sendo verificado em qual sítio o mesmo poderá ser acessado.

#### **5.4.5.3 - Lista de espera de chamadas**

O sistema suporta a função de chamada em espera. Se uma unidade chamada, estiver em uso, ou se todos os canais da estação repetidora estiverem ocupados, a chamada será colocada em uma fila de espera, até que a unidade esteja desocupada, ou algum canal de repetição estiver livre.

#### **5.4.5.4 - Chamadas de emergência e prioridade**

Durante a operação normal, as chamadas que estão na fila de espera, são armazenadas de maneira que a primeira chamada armazenada é a primeira a ser encaminhada após o sistema estar livre. As chamadas de Emergência e nível de Prioridade são consideradas quando solicitados, sobrepondo-se às chamadas rotineiras e às chamadas de espera.

#### **5.4.5.5 - Status de autoridade de chamadas**

Geralmente, cada usuário é registrado no Sistema Central, com uma série de autorizações ou benefícios de acordo com o seu perfil daquele usuário, como nível de prioridade, emergência, chamadas de dados, e a capacidade de cobertura do sistema; alguns usuários poderão inclusive estar com área de cobertura restrita.

#### **5.4.5.6 - Identificando um usuário**

O sistema permite mais de 32.000 sítios e mais de um milhão de números de identificação (ID) individuais.

A identificação de um ID individual ou de grupo consiste de 13 bytes com o prefixo 7.

É sempre conveniente que os números de identificação sejam reduzidos ao máximo para maior facilidade de entendimento do sistema. Por exemplo, isso se torna possível em um grupo de usuários onde é usado o mesmo ID para todos os seus integrantes o que facilita a operação.

#### **5.4.5.7 - Tipos de chamadas**

O Sistema segue a norma de sinalização MPT-1327, para prover todos os tipos de chamadas descritas abaixo.

- **CHAMADAS INDIVIDUAIS**

As chamadas individuais são as chamadas de voz entre dois usuários de um Sistema. Onde o Usuário que inicia a chamada, deverá marcar no teclado com dois ou três dígitos o numero do usuário o qual será chamado, e pressionar a tecla APF.

- **CHAMADAS DE GRUPO**

As chamadas de grupo são as chamadas de voz entre vários usuários ao mesmo tempo. Onde o usuário que inicia a chamada, deverá marcar no teclado o numero do grupo a qual deseja chamar, e pressionar a tecla APF.

- **CHAMADAS DE INTERCONEXÃO TELEFÔNICA**

Os usuários que operam dentro de um sistema, podem receber ou fazer chamadas telefônicas. Esta característica poderá estar disponível para qualquer usuário, desde que esteja habilitado no lado Central.

O operador da Rede poderá excluir ou incluir qualquer usuário para fazer chamadas de interconexão.

- **DESVIO DE CHAMADAS**

Se um usuário não está autorizado a receber chamadas telefônicas, outro usuário que tiver o privilégio poderá receber a ligação e desviar a ligação para o mesmo.

Um usuário que estará, temporariamente fora de sua área, ou desativo, poderá programar via radio, que suas ligações telefônicas recebidas deverão ser desviadas para outro usuário determinado.

#### **5.4.5.8 – Mensagens pré-definidas**

Uma lista de mensagens pré-definidas é transmitida sobre o canal de controle, quando necessário. São 32 as mensagens disponíveis.

#### **5.4.5.9 - Transmissão de dados no sistema troncalizado**

Uma rede de rádios móveis fornece um dos meios mais convenientes e eficientes de comunicação disponíveis. A integração de dados em uma operação de despacho de voz aumenta mais ainda a conveniência e eficiência do sistema.

A confiabilidade e a velocidade de transmissão podem ser maiores para transmitir dados. Uma mensagem de dados pode transmitir a mesma quantidade de informação que mensagens de voz, mas com o tempo bem reduzido. E o nível de confiabilidade de transmissão reduz a possibilidade de engano por má interpretação.

## **5.4.6 - OPERAÇÃO DO SISTEMA TRONCALIZADO**

### **5.4.6.1 - Sistema de um único sítio**

Um sítio poderá conter até 24 canais de rádio instalados num gabinete padrão 48 centímetros. Um destes canais de rádio opera como canal de controle dedicado.

Os rádios portáteis no campo são controlados pelo canal de controle. As unidades móveis utilizam o canal de controle para solicitar liberação de um canal de tráfego para uma chamada. O “Hardware” para ambos, canal de controle e de tráfego é idêntico.

Cada gabinete contém um Módulo de Canal de Controle (CCM).

Qualquer canal pode assumir a função de canal de controle em caso de falha. Desta forma o índice de falhas do sistema pode ser reduzido a quase 0%.

A Unidade de Controle de Sítio (SCU) controla cada canal de RF por meio dos Módulos de Canal de Controle. Quando os pedidos de chamadas chegam, a Unidade de Controle de Sítio verifica a validação antes dos rádios serem conduzidos para o canal de tráfego.

### **5.4.6.2 – Operação de canal de controle (sítio único)**

O Canal de Controle coordena as atividades do sítio, emite e recebe informações para os rádios. Neste canal, não há transmissão de voz, apenas as mensagens de dados que controlam as mudanças de canais dos usuários.

As funções do canal de controle são:

- Receber as solicitações de chamadas e dirigir as unidades para o canal de tráfego apropriado;
- Efetuar a quitação no termino da conversação entre os usuários;
- Efetuar a habilitação das unidades no Sistema.

### **5.4.6.3 – Operação dos canais de tráfego**

Os canais de tráfego são utilizados para a comunicação de voz entre os usuários do sistema.

Como a solicitação de chamada é efetuada no canal de controle do sistema, os canais de tráfego estão disponíveis para serem manipulados mediante a necessidade. No caso do pedido de chamadas exceder o número de canais de tráfego, estas chamadas serão armazenadas em ordem de chegada para serem processadas futuramente.

Qualquer canal de tráfego do sistema poderá se converter em um canal de controle em caso de Falha. Por esta razão os canais são idênticos. Se o canal original de controle falhar, as funções de canal de controle serão controladas pelo próximo canal disponível até que o mesmo seja reparado.

#### **5.4.6.4 – Exemplos de sucessão de chamadas**

Supondo-se que haja um Sistema Troncalizado operando com uma quantidade de móveis conectados, uma conversação típica seria processada da seguinte forma:

- Moveis A e B estão sendo supervisionados e controlados pelo canal de controle.
- Móvel A envia solicitação de chamada através do canal de controle.
- O Sistema reconhece o pedido e efetua busca para verificar se o Móvel B está disponível.
- Estando o móvel B disponível, o sistema informa para os dois rádios o canal de tráfego disponível para conversação.
- Os dois rádios são canalizados automaticamente para o canal determinado pelo canal de controle.

No final da conversação, será sinalizado para o sistema quando um dos dois usuários colocar o microfone no gancho. Esta sinalização será enviada através do canal de tráfego.

O sistema sinalizará então, para ambos os móveis que desocupem o canal de tráfego. (Esta mensagem será enviada através do canal de controle).

#### **5.4.6.5 - O terminal de controle de rede**

O terminal que controla o sistema é composto por um computador pessoal executando um software de controle. Está interligado remotamente a uma unidade de controle de sítio. O software é operado por menu e possui todas as rotinas que irão controlar o Sistema. Possui as seguintes características:

- Acesso ao sistema através de senha.
- Base de dados de clientes, incluindo a validação das unidades.
- Registra o uso do sistema e fatura os dados necessários.
- Programa os parâmetros do sistema.
- Contém a definição dos sítios, condições e controles.
- Condições de canais e controle.
- Estatísticas operacionais.
- O sistema de controle de rede poderá ser conectado por meio de interface RS232 e modem para controle remoto.
- Qualquer alteração ou modificação no sistema será informada ao operador do terminal.

#### **5.4.6.6 – Expansão de um único sítio**

Cada sítio poderá ser expandido para até 24 canais. A expansão poderá ser efetuada com grande facilidade devido a modularidade do sistema troncalizado

Conforme visto, cada repetidora poderá ser alojada em um gabinete de 48 centímetros.



Alguns canais novos poderão ser integrados ao sistema sem a necessidade de modificação do software do sistema.

Há necessidade apenas de combinadores e multiacopladores adicionais.

#### **5.4.6.7 - Sistema para grandes áreas**

Um sistema multisítio troncalizado consiste de até 16 sítios controlados por um computador central. A rede foi desenhada para trabalhar com uma configuração em estrela, com cada sítio conectado ao Nodo Regional. Poderão ser conectados até 32 Nodos Regionais para fornecer um máximo de 512 sítios com um total de 12.288 canais.

#### **5.4.7 - A CONFIGURAÇÃO DO HARDWARE**

O equipamento de um sistema multisítio inclui todo o “hardware” mencionado para um sítio, como:

Um controlador central de nodo ou intersecção.

Comutador de PCM, incluindo interface com PSTN para conectar aos despachadores e comutadores telefônicos.

Vínculo de Comunicação entre cada sítio central de controle. São geralmente constituídos por linhas de comunicação terrestres através de microondas.

Modem inter-sítio.

#### **5.4.8 - NODO REGIONAL**

Um Sistema de Multi-sítios consiste em vários sistemas de um sítio único. Um controlador de Nodo Central coordena as atividades de Rede e é vinculado ao sítio através de linhas terrestres, ou rede de microondas.

Poderão ser opcionalmente conectados a:

Um comutador PCM.

Até três terminais de gestão da rede (para áreas regionais limitadas) ou até cento e vinte e oito terminais de gestão de rede (para grandes áreas)

#### **5.4.9 - COMUTADOR DE PCM**

O comutador de PCM conecta a linhas de áudio entre dois sítios quaisquer, permitindo comunicações inter-sítios.

O comutador de PCM é controlado por um computador central que envia comando especificando qual canal e quais sítios devem ser temporariamente vinculados entre si.

A comutação tem a capacidade para conectar os Sistemas de PABX acesso à rede PSTN, e conectar com os despachadores equipados com telefones.

#### **5.4.10 - INTERCONEXÃO PABX E PSTN**

Para se obter livre acesso a uma extensão de PABX ou a um usuário de PSTN, o comutador de PCM deverá unir estas redes por meio de hardware adicional.

Um usuário de rádio poderá chamar um ramal PABX, ou operador, digitando o número de quatro dígitos.

Para chamar um assinante de PSTN o usuário de rádio deverá pressionar "0" e depois o número telefônico do assinante. Ex. 0 555-1212.

Para chamar uma unidade de rádio através de uma extensão de PABX ou telefone PSTN, deverá ser digitado dois grupos de números. O primeiro número é utilizado para obter acesso ao comutador de PCM. O segundo número identifica a unidade de rádio.

#### **5.4.11 – CHAMADAS INTERSÍTIOS**

Geralmente, um sítio utiliza de 30 a 70% de suas estações de repetidora configuradas para manipular chamadas inter-sítios, para permitir, com certeza, essa facilidade sobre todos os canais de tráfego. Os repetidores que estão disponíveis para canais inter-sítios são ligados no comutador PCM.

A sequência de uma chamada inter-sítio típica é apresentada a seguir.

Uma unidade móvel envia pedido para seu sítio (Sítio A). O pedido inclui a identidade do móvel a ser chamada, por exemplo, o móvel B.

A unidade de controle de sítio verifica a disponibilidade do móvel B, mas não encontra o arquivo de registro da Unidade.

O sítio envia um pedido para o computador central solicitando que encontre o Móvel B.

O computador central verifica seus arquivos de registros para determinar em que sítio o Móvel B está.

O computador central envia um pedido específico ao sítio B, no qual o móvel B está registrado.

O móvel B reconhece o pedido, verifica e informa que está disponível para a chamada.

O computador central envia um comando para chaveamento do PCM para vincular os dois sítios e instrui os móveis A e B para canalizar no canal de tráfego determinado de cada sítio.

A chamada será processada como uma chamada normal local.

#### **5.4.12 - CONTROLE DE SÍTIO**

O sistema de controle de sítio em um sistema multisítio é muito parecido com os sistemas de sítio único. Todos os sítios se controlam de uma maneira coordenada e os parâmetros de sítios poderão ser instalados para fornecer as necessidades do Sistema.



A conexão entre o Computador Central e um individual será feita por meio de linhas terrestres e de enlaces de microondas. Está prevista também a instalação de modems para a comunicação intersítio em cada extremo.

#### **5.4.13 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS:**

São apresentadas a seguir, de forma resumida, algumas das características vantajosas do sistema troncalizado:

- Utiliza canalização de frequência específica isenta de interferências;
- Possui gerenciamento que impede acesso de rádios não habilitados ao sistema de comunicação, aumentando a segurança do sistema;
- Permite a opção de várias comunicações simultâneas na mesma rede, facilitando a operação do sistema de rádio;
- Permite conexão automática com o sistema de telefonia, possibilitando a atribuição de número telefônico ao rádio móvel ou portátil para que o mesmo possa receber ou originar ligações telefônicas;
- Possibilita integração automática entre usuários de redes distintas. Ex.: operador do CCO poderá acessar automaticamente a manutenção, segurança ou pátio;
- Já possui incorporados recursos de transmissão de dados, o qual não bloqueia o canal de comunicação da rede, beneficiando assim a operação do sistema e possibilitando, por exemplo, à conexão aos computadores de bordo dos trens, para auxiliar a manutenção. O mesmo é válido para as estações fixas;
- Possui flexibilidade para agrupamento dos usuários das redes de rádio. Ex.: a rede poderá ser subdividida entre manutenção, operação e segurança;
- Possibilita a passagem de uma linha para outra comutando automaticamente o rádio (roaming automático), facilitando, por exemplo, à integração de uma linha com outras, facilitando a operação e aumentando a segurança;
- Possui, já incorporado, sistema próprio para gerenciamento e gestão de tráfego de comunicações, proporcionando assim o controle automático de todas as comunicações e, portanto, aumentando a segurança do sistema. Ex.: Permite obter um relatório com o extrato das comunicações de um determinado trem ou despachador;
- Está sendo aplicada, atualmente, nas redes corporativas de grande porte que exigem confiabilidade, segurança, flexibilidade para expansão do sistema e facilidades operacionais;
- Os grandes fabricantes de rádio elaboraram uma normalização através da MPT 1327 que possibilita a intercambiabilidade entre equipamentos de vários fabricantes;

- Maior volume de fornecimento no mercado desses equipamentos acarreta, também, redução de prazos de aquisição, implantação e manutenção;
- Fabricação e implantação rápida;
- Possibilidade de recebimento de mensagens escritas (alfanuméricos) através de displays nos equipamentos; e,
- Possibilidade de especificar nível de confiabilidade mais adequado para a operação segura de trens.

#### **5.4.14 – RESUMO DE OPERAÇÃO DE UM SISTEMA TRONCALIZADO**

Um sítio do sistema de rádio troncalizado pode conter até 24 canais de rádio. Destes canais, um deles assume a função de canal de controle e fica responsável por efetuar a habilitação das unidades cadastradas, receber as solicitações de chamadas e alocar as unidades que se comunicarão no canal de tráfego apropriado e, ao final da conversação, efetuar a quitação.

Os demais canais são utilizados para as conversações normais do sistema, porém, a qualquer momento podem assumir as funções de canal de controle, caso esse apresente falha.

Num sistema troncalizado a operação típica ocorre da seguinte maneira:

Os móveis A e B são supervisionados e controlados pelo canal de controle;

O móvel A envia uma solicitação de chamada para o móvel B através do canal de controle;

O sistema reconhece o pedido, efetua a busca e verifica a disponibilidade do móvel B;

Estando o móvel B disponível, o sistema informa aos dois móveis qual canal de tráfego está disponível para conversação;

Os dois rádios são canalizados automaticamente para o canal determinado pelo canal de controle;

No final da conversação, será sinalizado para o sistema quando um dos usuários colocar o microfone no gancho. Esta sinalização será enviada através do canal de controle. O sistema sinalizará, então, para ambos os móveis para que desocupem o canal de tráfego.

### **6 – SOLUÇÃO PROPOSTA**

Tendo em vista as considerações efetuadas, pode-se concluir que a melhor solução consiste na implantação de dois sistemas de radiocomunicação distintos com a finalidade de integrar toda a comunicação, via rádio, de trens, locomotivas, veículos ferroviários, segurança, manutenção e demais usuários.

Como se pode depreender do exposto até aqui, as necessidades de comunicação por rádio são elevadas, o que implica na necessidade de obtenção de licenças de uso de um grande número de frequências de rádio, necessárias para viabilizar estas redes.

Os serviços de caráter essencial devem ser supridos por redes exclusivas para a operação dos trens metropolitanos, tendo em vista a obrigatoriedade de cobertura em toda a faixa ferroviária. Para esta rede sugerimos a adoção de sistema Simulcast.

Para os demais usuários, as comunicações poderão ser efetuadas através de rede troncalizada. O alto número de canais necessário para o atendimento dessas equipes da CPTM (exceto operação) torna viável a adoção de tecnologia de gerenciamento de rede de radiocomunicação que utilize alocação dinâmica de frequências, ou seja, rádio troncalizado.

Esta solução torna-se mais conveniente levando-se em conta que exige menor quantidade de frequências e, conseqüente, menor número de equipamentos rádio-base. Por utilizar faixa de frequência específica e dadas suas características funcionais, consegue eliminar os constantes problemas causados por interferências externas que, atualmente, chegam a paralisar as comunicações operacionais.

No sistema proposto estão contempladas as necessidades de gestão de rede, inerentes ao serviço de transporte ferroviário como, por exemplo, privacidade nas comunicações, seletividade das chamadas, priorização das comunicações, identificação dos usuários, roteamento automático, extração de relatórios de chamadas originadas e recebidas por todos os usuários, etc. O modo de gerenciamento deste sistema permite que mesmo em caso de falha de algum equipamento ou interferência o sistema permaneça operacional, com pequena perda, tolerável, em seu desempenho.

Os equipamentos operam segundo protocolos padronizados por normas internacionais, de modo que existem garantias de que a rede inicial possa ser ampliada com o simples acréscimo de equipamentos, e que estes equipamentos possam ser adquiridos de diversos fornecedores, o que garante sempre preços competitivos.

## **6.1 – REDE SIMULCAST OU QUASE-SÍNCRONA**

Devido às condições geográficas da região onde está assentado o leito ferroviário da companhia dos trens metropolitanos de São Paulo, a distribuição homogênea dos sinais de radiofrequência somente é obtida através da inserção de repetidoras em pontos estratégicos, o que implica entre outros agravantes na necessidade de mais frequências, uma vez que a malha ferroviária encontra-se em terrenos acidentados e de grande extensão.

Diante disso, a escolha de um sistema de radiocomunicação que possa atender às expectativas da operação, no tocante à comunicação plena em qualquer ponto da linha levou-nos a optar pelo sistema Simulcast quase-síncrono, dado suas características intrínsecas, dentre as quais pode-se destacar a possibilidade de implementação de um corredor imaginário de RF ao longo de uma determinada via, ainda que em terrenos acidentados, utilizando tão somente um par de frequências e assegurando sempre uma excelente relação sinal/ ruído. Esta é uma característica bastante

interessante nas imediações da cidade de São Paulo, que é uma região carente de frequências disponíveis no espectro de VHF.

Em nossa avaliação, a implantação do sistema Simulcast na operação dos trens metropolitanos é uma solução que atende plenamente a CPTM, frente à possibilidade de oferecer uma comunicação de rádio moderna, eficiente e ágil.

#### **6.1.1 – DESCRIÇÃO DA REDE QUASE-SÍNCRONA PROPOSTA**

Para a implantação da rede Quase-Síncrona deverá ser implementada uma canalização de RF distinta por linha, associada a um par de frequências de transmissão e recepção, conforme pode ser observado no diagrama da figura 6.1.

Dadas as características da linha A, onde o leito ferroviário encontra-se sobre um terreno bastante acidentado e de grande extensão, as condições de propagação de radio são significativamente afetadas, acarretando na necessidade de um numero maior de repetidoras para cobertura total do corredor Barra Funda – Jundiaí. Isso, contudo, não se constitui num fator impeditivo para a implantação desse sistema, dada as características favoráveis da rede Quase-síncrona.

Dentro desse conceito, a figura apresenta o diagrama das linhas da CPTM com a localização sugerida das estações rádio base que constituirão o sistema proposto.

Para atendimento da linha A, foram distribuídas duas repetidoras, estrategicamente localizadas em Jaraguá e Botujuru, operando em F5.

Na Linha B, o corredor imaginário de RF seria estabelecido pelas repetidoras alocadas no Pico do Jaraguá e Itapeví, operando em F7.

Da mesma forma, a Linha C pelas repetidoras do Pico do Jaraguá e Santo Amaro, operando em F8.

Na Linha D, o corredor seria formado pelas repetidoras situadas em Jaraguá, Santo André e Paranapiacaba, operando em F6.

A Linha E pelas repetidoras alocadas em Brás, Guaianazes e Jundiapéba, operando em F2, e, finalmente, a Linha F pelas repetidoras em Brás, Trindade e Manoel Feio, operando em F1.

Ainda, na Integração Centro, previu-se mais quatro frequências operando em F3, F4, F9 e F10, visando a operação dos arcos sul e norte.

A configuração proposta levou em conta a necessidade de enlace com os rádios portáteis ao longo da via férrea, os quais possuem potência inferior à dos rádios móveis e, portanto, com o alcance, também, reduzido.



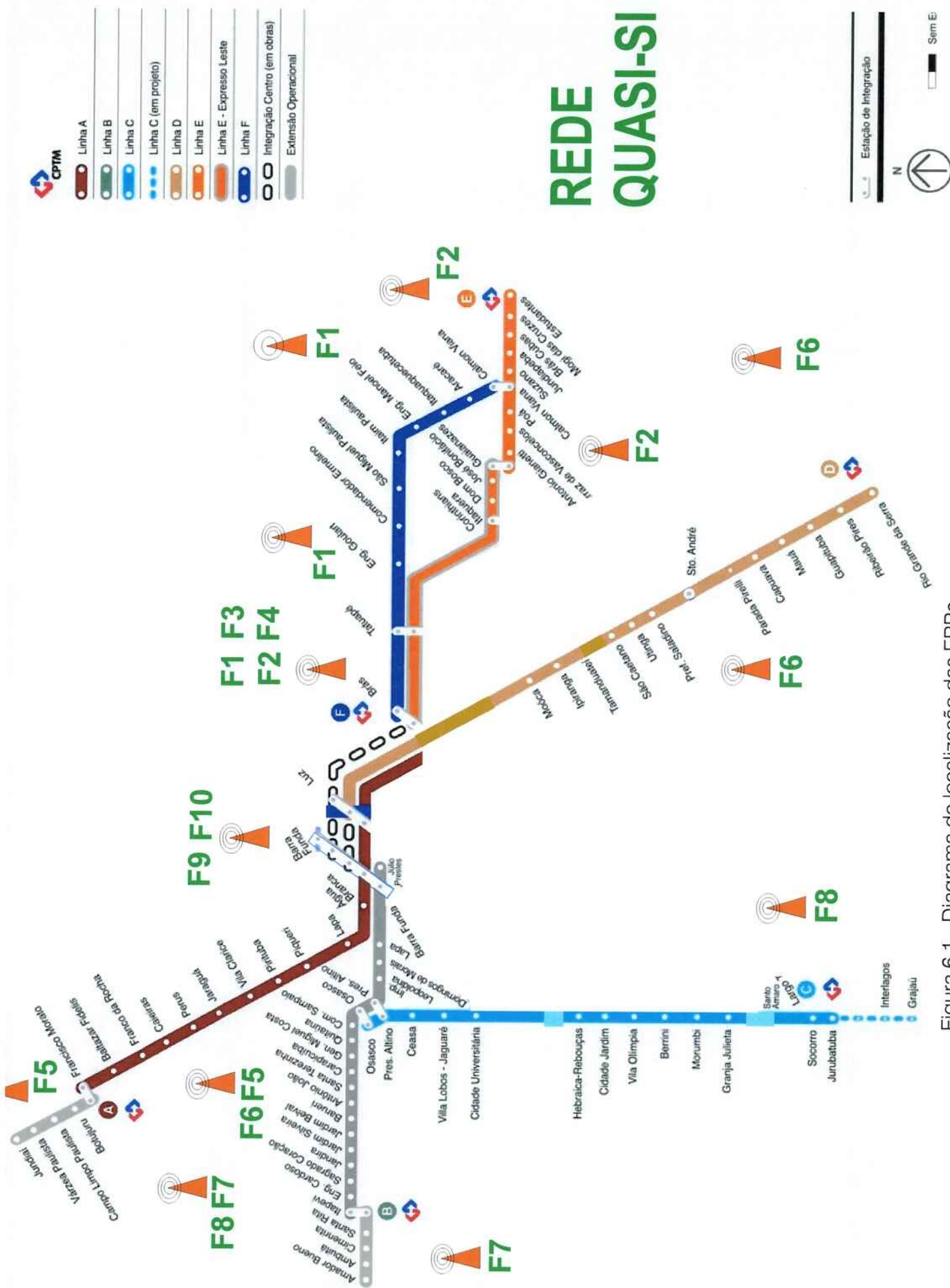


Figura 6.1 - Diagrama de localização das FRRs

### **6.1.2 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DA REDE QUASE-SÍNCRONA PROPOSTA**

De acordo com o que foi exposto nos parágrafos anteriores, a utilização da rede Simulcast oferece a possibilidade do uso das frequências de VHF em uso atualmente, além de outras vantagens se comparado aos sistemas de múltiplas frequências em operação.

Dentre as vantagens da utilização desse sistema, pode-se destacar a eliminação de zonas de sombra, a não necessidade de troca manual de canais, assim como a possibilidade de utilização de rádios portáteis de baixa potencia em áreas com 100% de cobertura.

Outra vantagem reside na possibilidade de ampliação do sistema através da criação de novos trechos de comunicação sem a necessidade de grandes alterações de hardware, ou disponibilização de novas frequências. Apenas com aquisição de novos equipamentos e alteração do software dos rádios móveis, pode-se efetuar ampliações importantes; o trecho, por mais longo que seja, pode operar com apenas um par de frequências, não importando as características do terreno.

A desvantagem desse sistema decorre do custo, relativamente alto se comparado ao sistema multifrequencial; os fornecedores de estações rádio base não são numerosos o que prejudicaria a aquisição de equipamentos das repetidoras similares. A reserva de novos pares de frequências na faixa de VHF pode também se constituir num problema.

### **6.2 – REDE TRONCALIZADADA**

Essa rede de radiocomunicação visa suprir as necessidades de comunicação entre as várias equipes atuando no campo e suas bases de apoio.

Dadas as suas características, e tendo em vista a necessidade de formação de grupos de usuários similares, a tecnologia de alocação dinâmica de frequência se apresenta como a solução ideal para a constituição dessa rede. Essa solução permite, ainda, uma ampliação gradual da rede tanto em número de frequências quanto em número de sítios de cobertura, de modo a se adequar o sistema às disponibilidades financeiras e às reais necessidades operacionais do local. Por exemplo, em local com poucos usuários pode-se dispor de poucos canais. Futuramente, quando houver necessidade de mais recursos de comunicação, pode-se aumentar o número de canais e assim atender melhor às novas condições.

Deve-se, no entanto, ressaltar que numa rede deste tipo, é indispensável a adoção de técnicas de otimização das comunicações de modo a liberar os canais tão rápido quanto possível, visto que o alongamento das conversas ou a falta de objetividade das mensagens, implicará em congestionamento ou na necessidade de maior número de canais, o que por sua vez se traduz em um custo adicional tanto de implantação como operação.

O gerenciamento integrado do sistema permite a emissão de relatórios que possibilitam analisar e controlar o desempenho do sistema, bem como detectar possíveis causas do congestionamento.

Outra característica importante que deve ser mencionada é a possibilidade de integração de redes de dados a este sistema, o que permite a transmissão de dados estatísticos do comportamento de equipamentos e sistemas. O sistema troncalizado é capaz de transmitir dados que, dependendo de seu volume podem circular pelo canal de controle, liberando, deste modo, os canais de conversação para os demais usuários.

### **6.2.1 – DESCRIÇÃO DA REDE TRONCALIZADA**

A rede troncalizada consiste, basicamente, na implementação de sítios de RF associados a conjuntos de frequências de transmissão e recepção. Das frequências disponíveis, em cada sítio, um dos canais funciona como canal de controle e gerencia a utilização dos demais canais pelos usuários. Os demais ficam disponíveis para as comunicações propriamente ditas.

A implementação adequada do sistema depende de um estudo consistente de sua utilização e da disponibilidade de informações precisas sobre os usuários. É imprescindível um estudo de tráfego detalhado para uma implantação bem sucedida. O Anexo 3 – Dimensionamento do Sistema Troncalizado apresenta um resumo do cálculo de tráfego e apresenta algumas considerações técnicas sobre as premissas a serem adotadas na definição do sistema.

Dadas as características das linhas A e B para as quais o leito ferroviário encontra-se sobre um terreno bastante acidentado e de grande extensão com condições de propagação de radio precárias, haverá necessidade de um grande número de repetidoras para cobertura total dos respectivos corredores. Os estudos de propagação deverão ser elaborados de modo a assegurar uma cobertura adequada do trecho, possibilitando a operação confiável do sistema.

O Anexo 4 – Projeto Trunking apresenta exemplo de estudos e dados de levantamentos que deverão ser levados em consideração para se garantir a cobertura dos trechos com níveis de sinal desejados.

Tendo em vista a impossibilidade de se efetuar, no momento, um estudo real sobre as condições das linhas da CPTM, apresentamos a seguir uma estimativa preliminar do sistema troncalizado a ser implantado nessas linhas. Considerando as características atuais das linhas, avaliamos que:

- A linha A deverá ser atendida por 3 sítios a serem posicionados em Jaraguá, Botujuru e Jundiaí.
- A linha B poderá ser atendida por 2 sítios a serem posicionados no Pico do Jaraguá e em Itapeví.
- A linha C, dada sua característica plana, poderá ser atendida por um único sítio que poderá ser localizado no Pico do Jaraguá. Se a linha possuir extensão até Varginha, poderá haver



necessidade de um outro sítio nas proximidades de Santo Amaro que fará a cobertura desse trecho da linha.

- A linha D, poderá ser atendida por 2 sítios, um localizado em Jaraguá e o segundo em Paranapiacaba.
- A linha E deverá ser atendida por 3 sítios. Os dois primeiros localizados em Guaianazes. O primeiro atendendo o trecho em superfície e o segundo atendendo a parte de túnel. O terceiro sítio deverá ser instalado em Estudantes.
- A linha F deverá ser atendida por 2 sítios a serem instalados em Brás e Manoel Feio.
- A região abrangida pela Linha I (Barra Funda – Tatuapé), por ser uma região de grande concentração de usuários, deverá possuir, pelo menos 2 sítios, a serem instalados em Barra Funda e Brás.

Conforme mencionamos anteriormente, as localizações e as quantidades de freqüências de cada sítio deverão ser dimensionadas futuramente através estudos mais precisos de cobertura e de tráfego.

Com o estudo preliminar de tráfego efetuado e levando em consideração os dados utilizados, os sítios deverão ser instalados com 4 canais cada um, sendo um canal de controle e os demais de voz. Este estudo preliminar não levou em consideração outras condicionantes que poderiam influir na determinação do número de canais, tais como, sobrecobertura para garantir operação mesmo no caso de falha de um sítio, acréscimo de canais para garantir a confiabilidade dos equipamentos, etc. Estas considerações deverão ser feitas por ocasião do estudo final. Novamente, deve-se ter em mente a necessidade de efetuar-se um levantamento detalhado das necessidades de comunicação de cada área usuária, bem como o dimensionamento exato do número de usuários do sistema.

## **7 – CONCLUSÃO**

O presente trabalho analisou o atual sistema de radiocomunicação da CPTM, descreveu de forma sucinta os principais sistemas existentes atualmente no mercado e propôs uma solução para substituição e ampliação do mesmo.

Procurou-se demonstrar aqui que os serviços de caráter essencial devem ser supridos por redes exclusivas para a operação dos trens metropolitanos, tendo em vista a obrigatoriedade de cobertura em toda a faixa ferroviária. Para esta rede sugerimos a adoção de sistema de rádio Simulcast quase-síncrono.

Para os demais usuários, as comunicações poderão ser efetuadas através rede de rádio troncalizado. O grande número de canais necessários para o atendimento de todas as equipes da CPTM (exceto operação) torna viável a adoção de tecnologia de gerenciamento de rede de radiocomunicação que utilize alocação dinâmica de freqüências.

Neste estudo não foram incluídos os funcionários de apoio gerencial que hoje utilizam equipamentos de rádio de terceiros (NEXTEL). Caso seja desejável a inclusão desses usuários no sistema, deverá ser efetuada uma adequação, oportunamente, levando-se em consideração suas características de tráfego, e determinar os acréscimos de equipamentos necessários, sua influência no desempenho do sistema e o custo dessa inclusão.

A substituição e ampliação dos sistemas de comunicação da CPTM exigirão um levantamento mais preciso de dados que melhor embase os estudos.

Como trabalho preliminar deverá ser efetuado um estudo de tipificação das áreas a serem atendidas pelos sistemas de radiocomunicação, definindo os parâmetros operacionais dos sistemas propostos.

Esses estudos iniciais são de fundamental importância para a implantação bem sucedida do sistema de radiocomunicação de apoio que, atualmente, é efetuado através de diversos sistemas independentes, próprios e de terceiros, e que, em virtude da inexistência de dados estatísticos de operação e características dos usuários, podem causar impactos negativos na implantação e na expectativa dos usuários.

Dando prosseguimento ao trabalho deve ser efetuado um estudo detalhado da cobertura dos sistemas propostos, considerando os dados topográficos e morfológicos das regiões a serem atendidas, garantindo a melhor localização e níveis de potência necessários das estações rádio bases. Os estudos deverão ser efetuados levando-se em conta, também, as futuras ampliações previstas na malha da CPTM.

## **8 – REFERÊNCIAS**

[1] – CPTM - PRIMEIROS 10 ANOS – 2002 – págs. 11 – 13

TELEFONIA DIGITAL – Sampaio de Alencar – 2001

PUBLIC AND PRIVATE LAND MOBILE RADIO TELEPHONES AND SYSTEMS – Laurence Harte, Alan Shark, Robyn Shalhoub e Tom Steiner – 2001

MOBILE COMMUNICATION – William C. Y. Lee - 1993

**ANEXO 1 – CCO UNIFICADO – PROJETO BÁSICO (8 desenhos)**

## **ANEXOS**

**ANEXO 1 – CCO UNIFICADO – PROJETO BÁSICO (8 desenhos)**

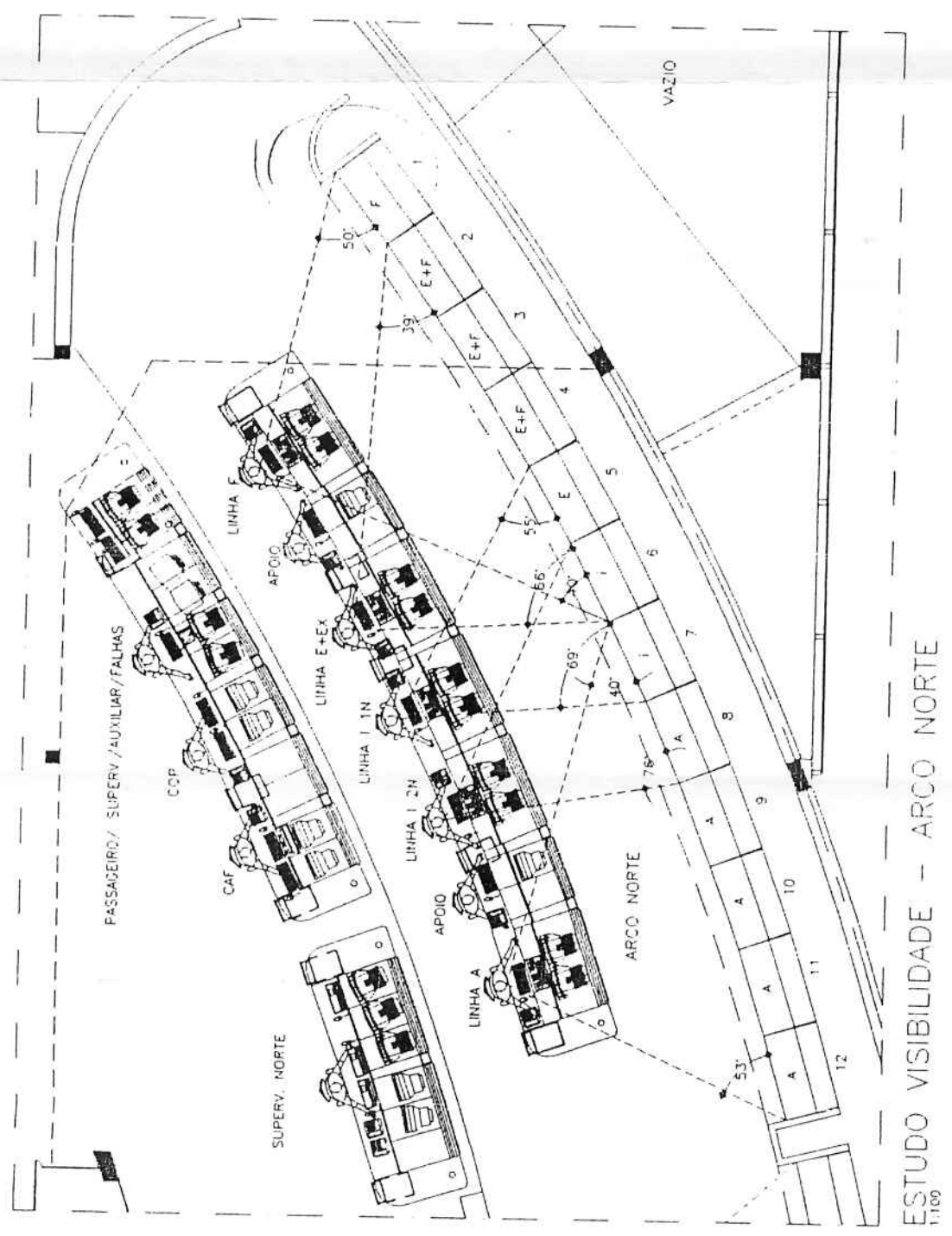
**ANEXO 2 – MATRIZ DE COMUNICAÇÃO**

**ANEXO 3 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA TRONCALIZADO**

**ANEXO 4 – PROJETO DE SISTEMA TRONCALIZADO – EXEMPLO**

**ANEXO 5 – FOTOS DAS CONSOLES DE RÁDIO ATUAIS**





ESTUDO VISIBILIDADE - ARCO NORTE  
1:100

Obs:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

PROJETO INTEGRAÇÃO CENTRO

DUCIOR implantação de projetos s.a		ALSTOM CONSORCIO CENTRO NOVO	CPTM		Título: CCO UNIFICADO - ESTAÇÃO BRÁS PROJETO BÁSICO	
Desenhista		DEI 01-011510500 R3	Assunto: VISIBILIDADE-ARCO NORTE		Linha: km 1	km 1
Desenhista		85607	Sistema: CENTRO DE CONTROLE		Z	99+999
Resp Técnico (verif)		WALTER PAMPADO	Subsistema: CONSOLEOPER.ESUP.		Folha: 03/27	
Resp Técnico (verif)		ANTONIO RANDE	Conjunto: CCO/PAINÉIS DE CONTR		Arquivo: AJ268783.03.DWG	Data: 26/05/03
Área/Aprovação (Acate)			Esc: 1:100		Identificação: CPTM AJ2687-8	Rev: 1
Área/Aprovação (Acate)			Classificação: Z-99-5-01-02			





## DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

[illegible]



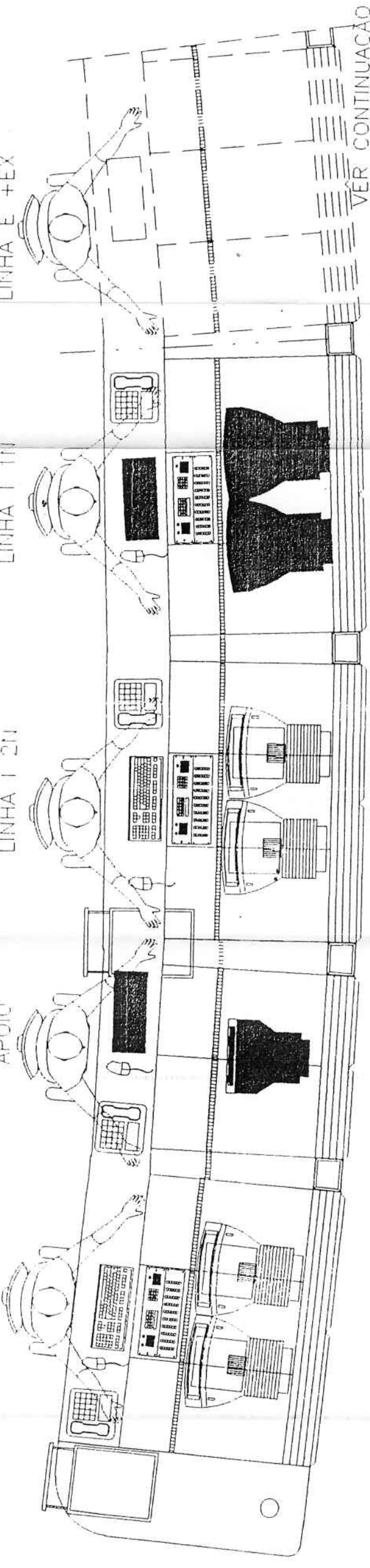
Linha A

APOIO

Linha 1 2N

Linha 1 1N

Linha E +EX



VÊ CONTINUAÇÃO  
FOLHA 15

LEGENDA  
EQUIPAMENTOS

	MONITOR 21" FORNECIMENTO LK-06		TECLADO/MOUSE FORNECIMENTO LK-06		TELEFONE DIGITAL SOPHO D330-4 FORNECIMENTO LK-06		CONSOLE DE RADIO SERIE 4000 MOD TECLAS FORNECIMENTO LK-06		CAVETEIRO VOLANTE FORNECIMENTO LK-06
	MONITOR 21" FORNECIMENTO CPTM		TECLADO/MOUSE FORNECIMENTO CPTM		TELEFONE DIGITAL SOPHO D330-4 FORNECIMENTO CPTM		CONSOLE DE RADIO SERIE 4000 MOD TECLAS FORNECIMENTO CPTM		CAVETEIRO VOLANTE FORNECIMENTO CPTM

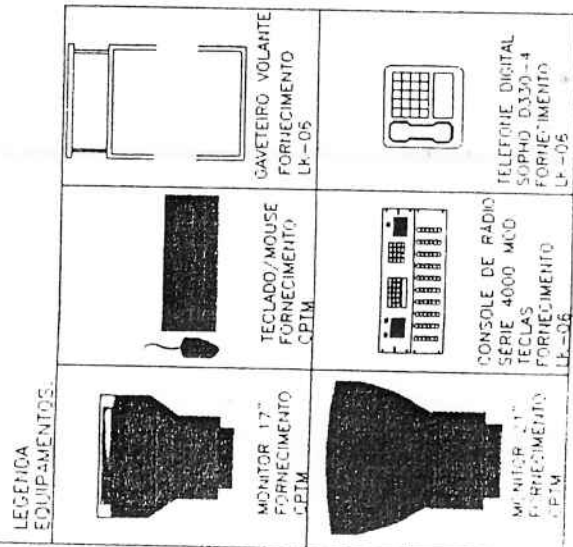
ARCO NORTE

OBS.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

PROJETO INTEGRAÇÃO CENTRO

 implantação de projetos s.a	 CONSOLE CENTRO NOVO		Título CCO UNIFICADO - ESTAÇÃO BRÁS PROJETO BÁSICO			
Desenhista	Desenhista	Desenhista	Assunto	Linha	Fm 1	Fm 1
85607	DEI 01-011510500 P.3	85607	CONSOLES-ARCO NORTE	Z	99+999	99+999
Resp. Técnico (verif.)	Resp. Técnico (verif.)	Resp. Técnico (verif.)	Sistema	Arquivo	Folha	Folha
WALTER PAMPALONI	WALTER PAMPALONI	WALTER PAMPALONI	CENTRO DE CONTROLE	CONSOLES OPER. E SUP	16/27	16/27
Area/Aprovação (Aceite)	Area/Aprovação (Aceite)	Area/Aprovação (Aceite)	Conjunto	CCO/PAINÉIS DE CONTR	Data	Data
ANTONIO RABELO	ANTONIO RABELO	ANTONIO RABELO	CCO/PAINÉIS DE CONTR	AJ268783.16.DWG	26.05.03	26.05.03
Area/Aprovação (Aceite)	Area/Aprovação (Aceite)	Area/Aprovação (Aceite)	Esc	Classificação	Identificação	Rev
			1.25	Z-99-S-01-02	CPTM AJ2687-8	3




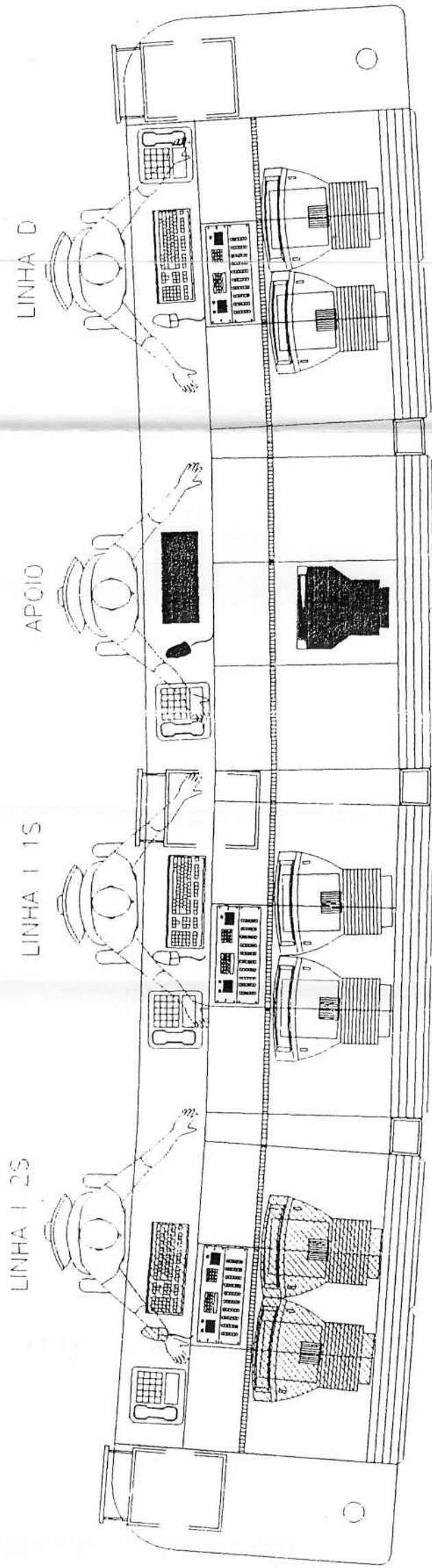
ARCO NORTE

Obs:

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

PROJETO INTEGRAÇÃO CENTRO

<b>DUGOR</b> Implantação de PROJETOS S.A.		<b>ALSTOM</b> CONSOLE CENTRO NORO		 <b>CPTM</b>		Título : CCO UNIFICADO – ESTAÇÃO BRÁS PROJETO BÁSICO	
Desenhistas : Resp. Técnico (verif.) : Área/Aprovação (Assente) :		DEI 01-011510500 R3 Desenhistas : Resp. Técnico (verif.) : Área/Aprovação (Assente) :		Desenhistas : Resp. Técnico (verif.) : Área/Aprovação (Assente) :		Assunto : Sistema : Conjunto : Esc :	
				CONSOLES-ARCO NORTE CENTRO DE CONTROLE CCO/PAINÉIS DE CONTR		km : Substema : Arquivo : Classificação :	
				85607 WALTER PAMPADO 411111111 PAMPADO		99+999 Folha : Data : Identificação :	
						99+999 15/27 26 05 03 CPTM A10687-R	
						Rev :	



ARCO SUL

LEGENDA EQUIPAMENTOS

	MONITOR 17" FORNECIMENTO CPTM		MONITOR 21" FORNECIMENTO LINHA B/C		CONSOLE DE RADIO SERIE 4000 MOD TECLAS FORNECIMENTO LK-06		GAVEITEIRO VOLANTE FORNECIMENTO LK-06
	TECLADO/MOUSE FORNECIMENTO CPTM		TECLADO/MOUSE FORNECIMENTO LINHA B/C		TELEFONE DIGITAL SOPHO 0330-4 FORNECIMENTO LK-06		TECLADO/MOUSE FORNECIMENTO LINHA B/C

OBS.

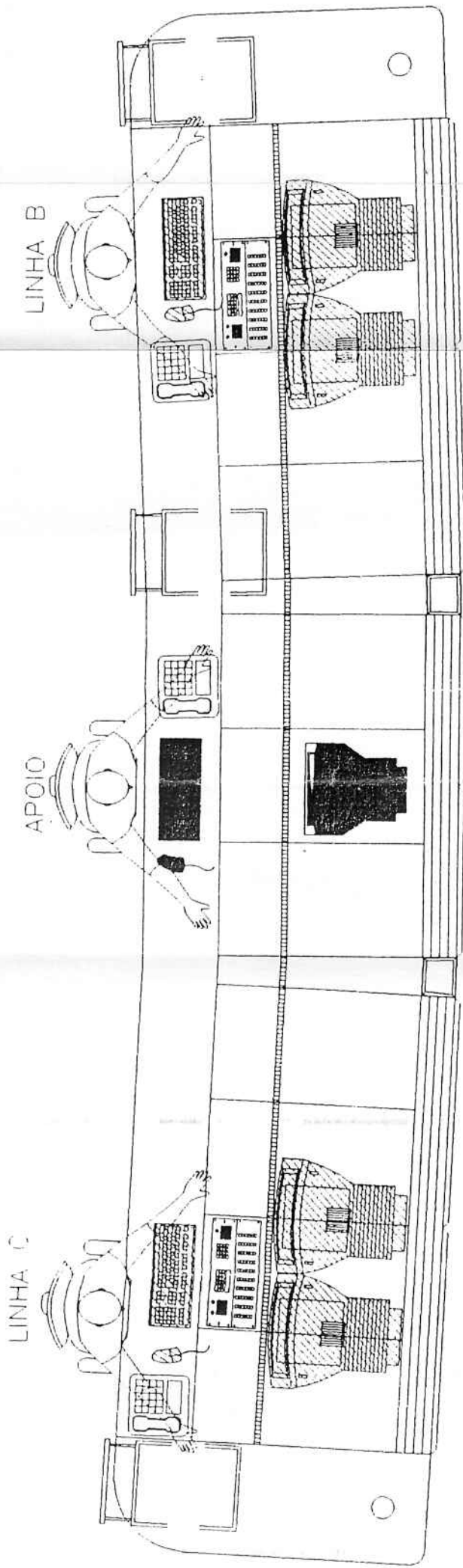
DOCUMENTOS DE REFERENCIA

PROJETO INTEGRAÇÃO CENTRO

 Implantação de projetos	 CONSORCIO CENTRO NOVO		Título: CCO UNIFICADO - ESTAÇÃO BRÁS PROJETO BÁSICO
Desenhista: R3	Desenhista: 85607	Desenhista: 85607	Assunto: CONSOLES-ARCO SUL
Resp. Técnico (verif.): WALTER PAMPAR	Resp. Técnico (verif.): WALTER PAMPAR	Resp. Técnico (verif.): WALTER PAMPAR	Subsistema: CONSOLES OPER. E SUP
Area/Aprovação (Aceite): ALFONSO PAMPAR	Area/Aprovação (Aceite): ALFONSO PAMPAR	Area/Aprovação (Aceite): ALFONSO PAMPAR	Arquivo: AJ268783.14 DWG
Area/Aprovação (Aceite):	Area/Aprovação (Aceite):	Area/Aprovação (Aceite):	Classificação: Z-99-S-01-02
Area/Aprovação (Aceite):	Area/Aprovação (Aceite):	Area/Aprovação (Aceite):	Identificação: CPTM AJ2687-8
Area/Aprovação (Aceite):	Area/Aprovação (Aceite):	Area/Aprovação (Aceite):	Rev: 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----





ARCO SUL

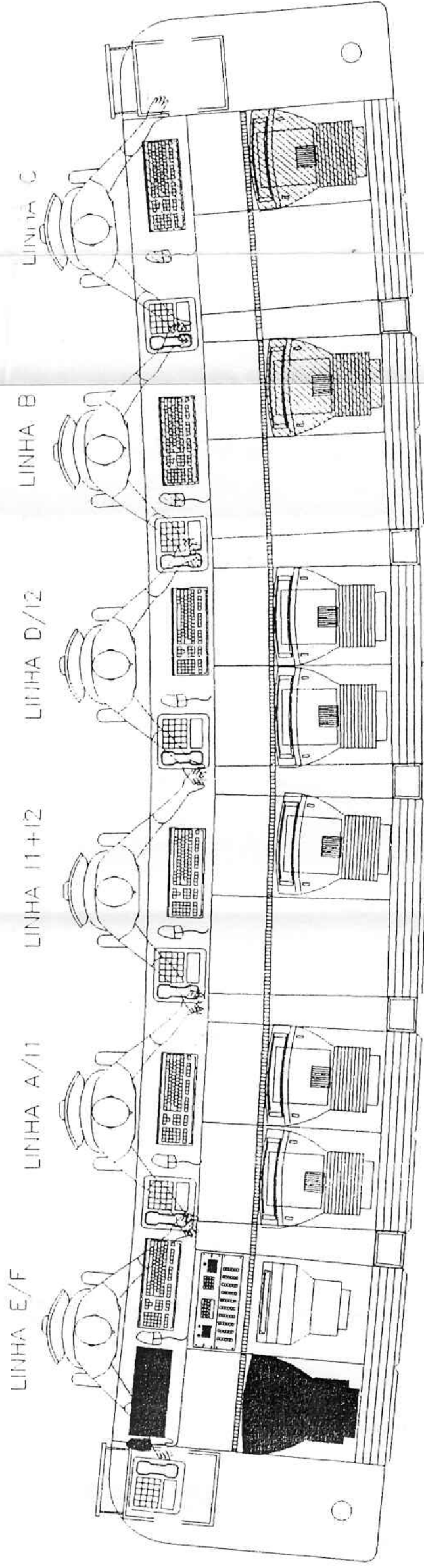
MONITOR 17\" FORNECIMENTO CPTM	TECLADO/MOUSE FORNECIMENTO CPTM	CONSOLE DE RÁDIO SÉRIE 4000 MUD TECLAS FORNECIMENTO LK-06	CADEIRA VULANTE FORNECIMENTO LK-05
MONITOR 21\" FORNECIMENTO LINHA B/C	TECLADO/MOUSE FORNECIMENTO LINHA B/C	TELEFONE DIGITAL SOPHO D330-4 FORNECIMENTO LK-06	

OBS.

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA

PROJETO INTEGRAÇÃO CENTRO

 Implantação de Projetos S.A.	 CONSORCIO CENTRO-NOVO		Título: CCO UNIFICADO - ESTAÇÃO BRÁS PROJETO BÁSICO
Desenhista	Desenhista	Desenhista	Assunto
Resp. Técnico (verif.)	Resp. Técnico (verif.)	Resp. Técnico (verif.)	Linha
Área/Aprovação (Aceite)	Área/Aprovação (Aceite)	Área/Aprovação (Aceite)	km
			Z
			99+999
			km
			99+999
			Folha
			13/27
			Data
			26/05/03
			Rev
			3
			Identificação
			CPTM AJ2687-B



LEGENDA EQUIPAMENTOS

	MONITOR 21\" FORNECIMENTO LINHA B/C		TECLADO/MOUSE FORNECIMENTO LINHA B/C		MONITOR 21\" FORNECIMENTO LINHA 05		TECLADO/MOUSE FORNECIMENTO LINHA 06		GAVETEIRO VOLANTE FORNECIMENTO LK-05		CONSOLA DE RÁDIO SÉRIE 4500 MOD TECLAS FORNECIMENTO LK-06
--	---	--	--	--	--	--	---	--	--	--	---

ENGENHARIA E MANUTENÇÃO

OBS:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

PROJETO INTEGRAÇÃO CENTRO

			Título	CCO UNIFICADO - ESTAÇÃO BRÁS PROJETO BÁSICO			
Desenhista	Resp. Técnico (verif.)	Desenhista	Assunto	CONSOLE ENG. E MANUT.	Linha	km	km
Resp. Técnico (verif.)	Resp. Técnico (verif.)	Resp. Técnico (verif.)	Sistema	CENTRO DE CONTROLE	2	99+999	99+999
Área/Aprovação (Aceite)	Área/Aprovação (Aceite)	Área/Aprovação (Aceite)	Conjunto	CCO/PAINÉIS DE CONTR.	Subsistema	Arquivo	Folha
Área/Aprovação (Aceite)	Área/Aprovação (Aceite)	Área/Aprovação (Aceite)	Esc	7-34-01-00	AJ268783 17 DWG	26/05/03	17/27
Área/Aprovação (Aceite)	Área/Aprovação (Aceite)	Área/Aprovação (Aceite)	Identificação	CPTM AJ2687-3	Rev	3	

## **ANEXO 2 – MATRIZ DE COMUNICAÇÃO**



# MATRIZ DE COMUNICAÇÃO

	CCO	PCS	PCL	Móveis	PCP	Trens-Pátio	SSO	Agentes	COE	SE/CSP	CIM	Distritos	COS	Destacamento
CCO		X	X	X	X	X	X		X		X		X	
PCS	X		X	X		X							X	
PCL	X			X		X							X	
Móveis	X	X	X		X									
COP	X	X	X		X		X	X			X		X	X
PCP	X					X					X			
Móveis-Pátio	X				X						X			
SSO-Estações	X	X	X		X			X			X		X	X
Agentes		X	X				X						X	
COE	X				X		X			X			X	
SE/CSP	X				X				X		X			
CIM	X			X	X	X	X		X	X		X	X	X
Distritos											X			
COS	X	X	X		X		X		X		X			X
Destacamento							X				X		X	

## LEGENDA

- PCS - Painel de Controle Setorial
- PCL - Painel de Controle Local
- SSO - Supervisão de Serviços Operacionais
- COE - Coordenação de Operação Elétrica

- CIM - Centro de Informação da Manutenção
- COS - Centro Operacional de Segurança
- SE/CSP - Subestação/ Cabine Seccionadora

Tabela 1 – Matriz de comunicação operacional

NOTA: Nesta Matriz as células contendo (X) representam os usuários relacionados na coluna da esquerda que possuem necessidade de comunicação com os usuários relacionados na linha superior.

### **ANEXO 3 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA TRONCALIZADO**

## DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA TRUNKING

### Introdução

O tráfego seja de carros, clientes em estabelecimentos comerciais ou em linhas telefônicas possuem características similares. O tráfego pode ser muito carregado e mover-se vagarosamente e até parar ou pode ser leve e não apresentar atraso. As rodovias, pedágios, linhas telefônicas e caixas de bancos podem ser sub-utilizados, apresentando custos de tempo ocioso ou sobrecarregados, gerando longas filas, atrasos e oferecendo um serviço ruim. É necessária uma análise para determinar o número de recursos que deve ser alocado – cabines de pedágio, linhas telefônicas e caixas – para oferecer um serviço adequado a um custo compatível.

A modelagem do tráfego analisa os padrões e determina os recursos necessários para atender a esse tráfego. A modelagem de tráfego se originou na indústria telefônica e sua teoria foi desenvolvida entre 1909 e 1917 pelo matemático holandês Agner Krarup Erlang.

### Definições básicas

A modelagem de tráfego envolve as fontes que geram a necessidade do serviço e os servidores que atendem esta necessidade. Em uma central telefônica as fontes são os usuários e os servidores são os recursos da central telefônica que fornecem os sinais de discar e as rotas até seu destino. Em um banco os clientes são as fontes e os caixas os servidores.

A modelagem de tráfego assume que há um grande número de fontes  $R$  requisitando serviço e um número limitado de servidores  $N$ . O número de fontes é significativamente maior do que o de servidores disponíveis, de modo que virtualmente  $R \rightarrow \infty$ . Além disto, assume-se que:

- As fontes geram solicitações aleatórias, independentes entre si;
- O número médio de solicitações por unidade de tempo para todas as fontes é constante;
- A solicitação de serviço chega em intervalos que seguem a distribuição de Poisson;
- O tempo necessário para atender uma solicitação distribui-se aleatoriamente e é independente da taxa de chegada;
- O serviço é fornecido com base no “primeiro a chegar - primeiro a ser atendido”.

### Volume de tráfego e Intensidade

O volume de tráfego é determinado pelo número de solicitações de serviço por unidade de tempo e o tempo que o serviço consome. Assim, com uma taxa de chegada de 100 chamadas por hora, cada uma necessitando de 9 minutos para atendimento, o volume de tráfego em 8 horas de um dia é

$$100 * 9 / 60 * 8 = 100 * 0.15 * 8 = 120 \text{ Chamadas Hora (Ch)}$$

A unidade Erlang representa a intensidade de tráfego ou carga como um volume de tráfego por unidade de tempo. Um Erlang representa uma Chamada de uma hora, de modo que a carga de tráfego no exemplo anterior é de  $120/8 = 15$  E. Um erlang pode ser entendido então como uma linha telefônica transportando tráfego por uma hora.

### Como as chamadas chegam

Uma aproximação simples para apresentar o número de agentes necessários para atender às necessidades é dividir o número de chamadas esperadas em uma hora pela média de atendimento que estas solicitações exigem. Por exemplo, se 100 chamadas chegam em uma hora e cada uma demora 15 minutos, em média, cada agente pode atender 4 chamadas por hora. Assim, parece que 25 agentes seriam necessários para atender ao tráfego esperado.

O erro nesta lógica é que a solicitação de serviços não chega de modo igualmente espaçado e um após o outro. Como clientes de bancos, chamadas telefônicas chegam em horários randômicos e independentes uns dos outros. A taxa média de chegada no exemplo é de 15 minutos, mas a chegada real é distribuída aleatoriamente: algumas chamadas chegam ao mesmo tempo, algumas chegam enquanto outras ainda são atendidas e durante períodos do dia nenhuma chamada chega. A probabilidade de chegada das chamadas é aproximada ao processo de Poisson:

$$P_p(\lambda, x) = \sum \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

Onde  $\lambda$  é a taxa média de chegada e  $x$  é o tempo de chegada.

Uma distribuição de probabilidade de Poisson (fig. 1) é similar a uma distribuição normal, tipo sino, esticada para a direita, com o pico da curva antes do tempo médio de chegada. Isto significa que mais chamadas chegam durante um período que é mais curto do que a duração média e poucas demoram muito mais do que o tempo de chegada médio.

Uma vez que as linhas estão com a capacidade preenchida e todos os atendentes ocupados, há uma probabilidade igual de encerrar uma chamada e de uma nova chamada chegar, alcançando um equilíbrio estocástico – a teoria estatística que é a base para a modelagem de tráfego.

### Modelo Erlang B

O modelo Erlang B é um modelo de chamada bloqueada perdida, na qual, quando os servidores estão indisponíveis e o serviço ao solicitante é negado, este deve tentar novamente. Esta é a situação em uma central telefônica, onde quando todos os

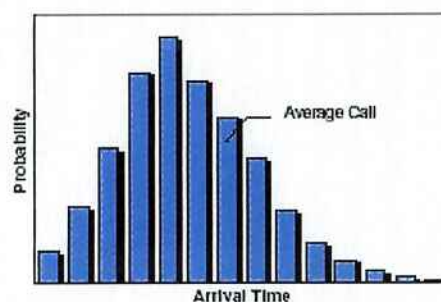


Figure 1. Distribution of Call Arrival

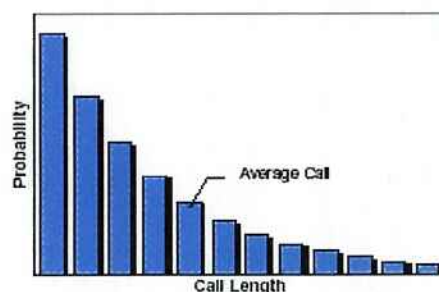


Figure 2. Distribution of Call Duration



recursos (trancos) foram consumidos, o usuário recebe sinal de ocupado e deve desligar e efetuar novas chamadas até que o servidor esteja disponível.

Erlang B calcula a probabilidade de chamadas bloqueadas para uma dada carga de tráfego e um dado número de servidores.

$P_B(N, A)$  é a probabilidade de que uma chamada irá receber sinal de ocupado com uma carga de tráfego de A Erlangs e N linhas telefônicas.

$$P_B(N, A) = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}}$$

Calcular a probabilidade de bloqueio é imediato usando as tabelas Erlang B. A tabela 1 mostra as cargas de tráfego para 15 a 25 servidores com probabilidades de perda de 1%, 2%, 5% e 10%.

Daí, se a carga antecipada for de 15 erlangs, e a probabilidade de perda desejada é 2% ou melhor, o número de linhas telefônicas necessárias é 23. Se os recursos disponíveis forem escassos e for aceitável uma degradação no serviço para uma probabilidade de perda de 10%, o número de servidores poderá ser reduzido para 18.

**Table 1. Partial Erlang B Table**

N	Loss Probability			
	1%	2%	5%	10%
15	8.108	9.010	10.633	12.484
16	8.875	9.828	11.544	13.500
17	9.652	10.656	12.461	14.522
18	10.437	11.491	13.385	15.548
19	11.230	12.333	14.315	16.579
20	12.031	13.182	15.249	17.613
21	12.838	14.036	16.189	18.651
22	13.651	14.896	17.132	19.692
23	14.470	15.761	18.080	20.737
24	15.295	16.631	19.031	21.784
25	16.125	17.505	19.985	22.833

### Modelo Erlang C

Ao contrário do modelo Erlang B, no qual o serviço solicitado bloqueado é considerado perdido, no modelo Erlang C, as solicitações que não podem ser satisfeitas imediatamente são retardadas até que o serviço solicitado esteja disponível. O modelo define a probabilidade  $P_C(N, A)$  que um serviço solicitado terá que esperar se N agentes estiverem designados para atender um tráfego de A Erlangs:

$$P_C(N, A) = \frac{\frac{A^N}{N!(N-A)}}{\sum_{i=0}^{N-1} \frac{A^i}{i!} + \frac{A^N}{N!(N-A)}}$$

### Métricas de um CallCenter

#### Carga

O volume e a intensidade das solicitações de serviços são parâmetros fundamentais na determinação dos requerimentos de recursos do Call Center. A carga de chamadas é medida em Erlangs, como descrito acima.

#### Hora de Maior Movimento (HMM), Peak Hour Time (PHT), Busy Hour Traffic (BHT)

A hora de maior movimento (HMM, PHT ou BHT) é o período de uma hora na qual a chegada de solicitações terão maior probabilidade de serem bloqueadas ou retardadas. Esta é a carga para a qual os recursos serão dimensionados.



Embora os recursos precisem estar disponíveis para manipular o tráfego de pico, é boa prática estabelecer padrões de chegadas e durações durante o dia inteiro e durante cada dia da semana. O tráfego diário deve ser amostrado em períodos de meia hora ou até de 15 minutos, porque é improvável que a hora de pico corresponda ao intervalo de amostragem e, portanto, poderá não ser medido corretamente. Analisar as necessidades de recursos durante todas as horas do dia e em todos os dias da semana irá permitir otimizações específicas.

#### Average Handling Time (AHT)

O tempo médio de atendimento (AHT) define por quanto tempo um agente estará ocupado por uma requisição. O tempo AHT engloba os tempos de atendimento e preparação para a próxima chamada.

#### Average Speed of Answer (ASA)

A velocidade média de atendimento é a medida geralmente usada para definir o tempo necessário para atender todas as chamadas. Em geral, médias são aceitas para estimativas e tendências, mas, como vimos antes, elas não podem descrever padrões com precisão devido à distribuição normal das chegadas e durações explicada anteriormente, e muitos solicitantes sofrerão atrasos significativamente maiores do que a média. Por exemplo, um recurso de 12 servidores atendendo 80 solicitações por hora com AHT de 7 minutos pode oferecer uma média de resposta de 50 segundos. Entretanto, como veremos a seguir, esta média aplica-se a apenas 78% das chamadas e 22% dos solicitantes irão encontrar retardos.

#### Grau de Serviço (GoS), Service Level Average (SLA)

Ao invés de acertar a velocidade de resposta de uma única figura de mérito, um método mais apropriado e preciso é determinar o grau de serviço desejado, que é a porcentagem das solicitações que serão atendidas dentro de um patamar alvo. Por exemplo, o grau de serviço meta pode ser de 80% das chamadas serem atendidas dentro de 20 segundos, e as restantes 20% precisarem esperar um retardo que não poderá ser maior do que 2 minutos. O modelo deve estabelecer os recursos necessários para suportar este grau de serviço. Assim, deve estabelecer quantos solicitantes perderão os 20 segundos de meta de atendimento e qual será seu atendimento: por quanto tempo terá de esperar para ser servido.

É comum, também em algumas literaturas, considerar o Grau de Serviço como sendo a probabilidade de ter-se que esperar por recursos, o que faz o seu valor ser o complemento de um (100%) em relação ao valor calculado. Assim sendo, o valor do grau de serviço de 80%, por exemplo, citado acima, pode ser encontrado em outras literaturas como sendo um grau de serviço de 20%.

#### Juntando tudo: Determinando os recursos

O método descrito a seguir é utilizado no dimensionamento de Call Centers e pode também ser aplicado na determinação dos recursos necessários para um sistema de rádio troncalizado, pois, o dimensionamento dos recursos do call center – linhas telefônicas e atendentes – é equivalente ao dimensionamento do número de canais que o sistema de rádio terá, uma vez que este número será responsável pelo atendimento ou retardo de ligações entre usuários.

Como nos Call Centers, o projetista deve estabelecer o número correto de agentes ou seja, alocar o número correto de canais, efetuando um balanço do nível desejado de serviço contra a disponibilidade e custo operacional desses recursos.

### Número de Canais

Como no modelo Erlang C as chamadas não atendidas são sempre colocadas em fila de espera, o primeiro passo para determinar o número de canais é estabelecer o grau de serviço desejado. Calcular o número de canais para atender à meta é um processo iterativo e é mais facilmente efetuado usando um software de cálculo Erlang C ou uma planilha.

A figura 3 mostra o resultado de uma planilha Erlang C. Os parâmetros são definidos na linha 4: O GoS é definido como 80% das chamadas devem ser atendidas em até 60 segundos. O tempo de espera máximo deve ser de 120 segundos. O volume de chamadas esperado é de 100 chamadas por hora, e o tempo médio de atendimento (AHT) é de 540 segundos.

GoS			Traffic		
%	Time (sec.)	MaxWait (sec.)	Calls per Hour	AHT (sec.)	Lead (Erl.)
80%	60	120	100	540	15.00

Resources		GoS		Queue Time		Queue Depth		Utilization	
Agents	Trunks	%	ASA (sec.)	Aband.	(sec.)	%	Depth	%	Utilization
17	33	60%	140	29%	270	52%	4	88%	
18	31	76%	65	13%	180	36%	2	83%	
19	29	86%	33	3%	135	24%	1	79%	
20	29	93%	17	0%	108	16%	0	75%	
21	29	97%	9	0%	90	10%	0	71%	
22	28	99%	5	0%	77	6%	0	68%	
23	28	100%	3	0%	69	4%	0	65%	
24	28	100%	1	0%	60	2%	0	63%	
25	28	100%	1	0%	54	1%	0	60%	
26	28	100%	0	0%	49	1%	0	58%	

Figure 3. Erlang C Spreadsheet

Usando a fórmula de Erlang C, a planilha calcula o GoS para 10 combinações diferentes de linhas telefônicas e atendentes e mostra na linha 9 que o mínimo número de atendentes para atingir ou exceder o GoS é 19. Este contingente, equipado com 29 linhas telefônicas, será capaz de atender 86% das chamadas em 60 segundos com uma média de resposta de 33 segundos. Como o contingente é um recurso caro, uma pequena degradação do GoS pode resultar em um contingente de 18, respondendo a 76% das chamadas dentro da meta de 60 segundos, mas com uma substancial piora do ASA de 65 segundos (veja linha 8). Note que uma economia de apenas 5% dobrou o ASA.

Além disto, a planilha calcula outros parâmetros:

%Abandono (coluna F) Porcentagem das chamadas que ultrapassam o tempo máximo de fila.

Tempo de fila (coluna G) Tempo médio que os solicitantes terão de esperar para serem atendidos.

%Em fila (coluna H) Porcentagem das chamadas que não serão atendidas dentro da meta de velocidade de resposta e terão que esperar.

Tamanho da Fila (Coluna I) Número médio de chamadas em fila.

Utilização (coluna J) porcentagem dos recursos atendendo solicitações

Table 3. Partial Erlang C Table

A	N	QF	Q
14	19	.200	.150
14	20	.167	.094
14	21	.143	.057
14	22	.125	.033
14	23	.111	.019
14	24	.100	.010
14	25	.090	.005
14	26	.083	.003
14	27	.077	.001
15	16	1.00	.730
15	17	.500	.520
15	18	.333	.261
15	19	.250	.244
15	20	.200	.180
15	21	.167	.102
15	22	.143	.063
15	23	.125	.038
15	24	.111	.022
15	25	.100	.012
16	17	1.00	.737
16	18	.500	.531
16	19	.333	.374
16	20	.250	.256
16	21	.200	.171
16	22	.167	.111
16	23	.143	.067

Se não houver um software disponível, resultados similares poderão ser obtidos, embora não tão detalhados, usando tabelas Erlang C, similar à mostrada na tabela 3.

Usando a mesma meta de GoS de 80% de chamadas a serem atendidas em até 60 segundos, tempo máximo de espera de 120 segundos, e intensidade de tráfego de 15 Erlangs.

1. Calcular o fator de fila (QF), que é calculado a partir do tempo máximo que uma chamada pode esperar na fila e que ainda atinge o objetivo:  
 $QF = \text{Tempo máximo de espera} / AHT$   
 $QF = 120 / 540 = 0,222$
2. Localize a seção na tabela para carga de tráfego de 15 Erlangs.
3. Localize a linha que tem o mesmo valor de QF ou superior para descobrir o contingente. O QF superior mais próximo é 0,25. Na coluna N, o contingente necessário é 19.
4. Use o valor selecionado de QF (0,25) e a porcentagem de chamadas em fila (Q), que neste caso é 0,244 para calcular o valor ASA.  
 $ASA = AHT * Q * QF$   
 $ASA = 540 * 0,244 * 0,25 = 33 \text{ segundos.}$

#### Limitações do modelo Erlang C

O modelo Erlang C padrão assume certas características e comportamentos que não são sempre encontrados no mundo real. Por exemplo, o modelo assume que todos os usuários irão esperar para sempre. Na prática, entretanto, alguns usuários irão desligar logo após entrarem em fila e outros irão abandonar a fila após um certo tempo.

Alguns irão chamar novamente na tentativa de enganar o sistema. Estes padrões de comportamento humanos irão alterar as estatísticas reais e o desempenho dos sistemas.

O modelo padrão também assume que a fila não tem limite, o que na prática pode não ocorrer se houver uma sobrecarga no sistema que ultrapasse o limite da fila.

Outras considerações que têm um impacto significativo nos recursos do sistema são o fluxo de gerenciamento

#### O Caso CPTM

Para análise da situação de utilização de um sistema de rádio troncalizado, deve-se efetuar um levantamento preciso dos usuários deste sistema para poder-se modelar apropriadamente o sistema.

Entre as características que devem ser levantadas estão:

- Tempo de duração da chamada (AHT)
- Número de chamadas por hora ( $\lambda$ )
- Tempo de espera desejado (W)
- Grau de serviço desejado (GoS)
- Número de usuários (N)
- Tempo de espera máximo (Wm)
- Grau de serviço máximo (GoSm)



Para este estudo preliminar foram adotadas

AHT = 60 segundos      N = 300  
 $\lambda$  = 1 chamada/hora/móvel      Wm = 60 segundos  
 GoS = 95% (ou 5%)      GoSm = 1%  
 W = 20 segundos

De posse destes dados, calculamos, através de planilha calculadora Erlang C os recursos necessários para atingir as premissas, obtendo:

	SLA%	Service Time (sec)	Calls per Hour	AHT (secs)	MaxWait (secs)
Enter parameters here -->	95%	60	300	20	60

	# Agents	# Trunks	SLA%	% Queued	% Aband'd	% Utilisation	ASA (secs)	Queue Time (secs)	Average Queue
Answers are given here ->	1	203	0%	100%	100%	100%	2000	2000	99
	2	14	72%	76%	28%	83%	45	60	4
	3	8	99%	30%	1%	56%	4	15	0
	4	8	100%	10%	0%	42%	1	9	0
	5	8	100%	3%	0%	33%	0	6	0
	6	8	100%	1%	0%	28%	0	5	0
	7	8	100%	0%	0%	24%	0	4	0
	8	8	100%	0%	0%	21%	0	3	0
	9	9	100%	0%	0%	19%	0	3	0
	10	10	100%	0%	0%	17%	0	2	0

SLA%	GoS	Queued%	% em espera
Service Time	Tempo de chamada	%Aband'd	% de abandono
Call per Hour	Chamadas por hora	%Utilisation	% de utilização
AHT	Tempo processamento	ASA(sec)	Tempo médio de serviço
MaxWait	Espera máxima	Queued Time	Tempo na fila
#Agents	# Agentes	Average Queue	Fila média
#Trunks	# Troncos		

Com os resultados obtidos, podemos verificar que um sistema troncalizado com 3 canais atende perfeitamente às necessidades, dentro dos parâmetros estabelecidos. Mais uma vez vale lembrar que os resultados estão sempre baseados em um levantamento preciso dos dados utilizados, ou seja, é necessário efetuar-se um levantamento extremamente preciso das condições que deverão ser atendidas. Vale ainda lembrar que o número de canais calculado refere-se ao número de canais de voz e que a este número deve-se acrescentar um canal que desempenhará as funções de canal de controle, perfazendo neste caso 4 canais.

#### **ANEXO 4 – PROJETO DE SISTEMA TRONCALIZADO – EXEMPLO**



# ***PROJETO TRUNKING***

***450 MHz***

***Via Oeste***



***CelPlan Wireless Global Technologies***

## ***Relatório de Projeto (Rev05)*** ***RDS 3313***

16/Junho-2003

Elaborado por:  
Andréia Rezende

Revisado por:  
Edigar Alves

***CelPlan Wireless Global Technologies***  
Av. Moraes Sales, 711 – 6º Andar  
Tel. 55 19 3739702 – Fax. 55 19 37349700

## ÍNDICE

1. SUMÁRIO EXECUTIVO .....	3
2. PROCEDIMENTOS INICIAIS .....	4
3. BASE DE DADOS .....	5
4. PROJETO .....	8
5. ESTUDO DE COBERTURA .....	13
6. ESTATÍSTICAS DE COBERTURA .....	22

## 1. Sumário executivo

O Estudo de cobertura do sistema Trunking de 450MHz da **Via Oeste** visa apresentação da cobertura das rodovias Castelo Branco, Castelinho e Raposo Tavares no trecho de Cotia até Araçoiaba da Serra.

O relatório RDS3313-Via Oeste Rev05 apresenta os estudos de cobertura considerando o conjunto de sites abaixo descritos.

Para os conjuntos de sites foram executadas cinco predições de cobertura (combinações) incluindo a composta 05 solicitada via email em 13/06/2003:

ID_Site	Localidade	Endereço
Japi	Pico do Japi	Pico do Japi
Mailasqui	Trevo de Mailasqui	Km 50 SP-270
JDJA01	Jandira	Rodovia Castelo Branco, Km 32 – Sentido São Paulo
Votorantim	Grupo Votorantim	Km 32 - SP280
ALSN01	Aluminio	Rodovia Raposo Tavares, Km 80.5
ITPR02	Itu	Rodovia Castelo Branco, Km 69+900 – Sentido Interior
SNSH01	Ecoville	Rua Juvenal Santana Leite Entrada Rodovia Castelo Branco
SOJD01	Sorocaba	Rua Bandeirantes, 421 – Chácara São Francisco - Ac
VGBN01	Vargem Grande II	Rua Bariloche em frente ao N 433

Fonte Vermelho: Sites pré-estabelecidos; Azul: Sugeridos; Preto: ServSite

### Predições e Estatísticas de Cobertura

Identificação	Site Substituído	Site ServSite Incluído	Demais Sites
Composta 1	Mailasqui	VGBN01	JDJA01, Japi e ALSL01
Composta 2	ALSL01	SOJD01	JDJA01, Japi e Mailasqui
Composta 3	JDJA01	SNSH01	Japi, Mailasqui e ALSL01
Composta 4	JAPI	ITPR02	JDJA01, Mailasqui e ALSL01

Identificação	Sites
Composta 5	ALSN01, ITPR02, SNSH01, VGBN01

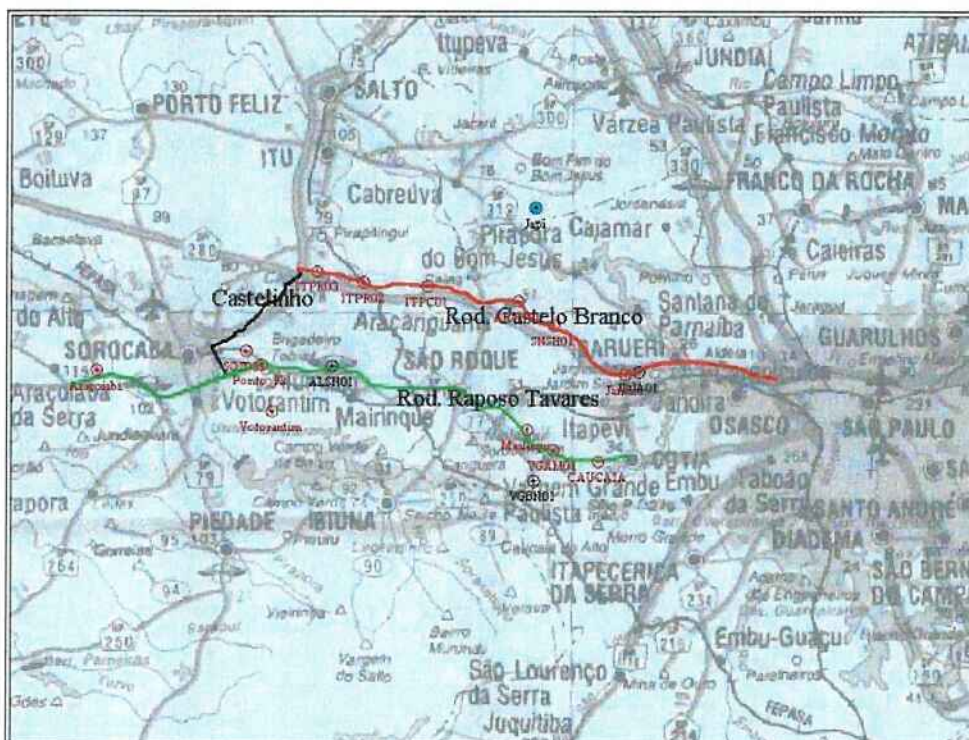
## 2. Procedimentos Iniciais

O projeto foi gerado de acordo com o conjunto de parâmetros enviados pela Via Oeste na **CelTec/CelPlan** no dia 08/04/2003 na sede da CelTec/CelPlan e demais informações enviadas via email..

Para a simulação de cobertura de classe de serviço e nível de sinal, foi utilizada a ferramenta **CelPlanner**. Foi definida a área de interesse que é uma região compreendida pelas Rodovias Castelo Branco, Castelinho e Raposo Tavares a partir da cidade de Cotia até Araçoiaba da Serra.

A definição das áreas de interesse foi feita com mapas geo-referenciados do IBGE nas escalas de 1:50000 e 1:250000.

Área de Interesse





### 3. Base de Dados

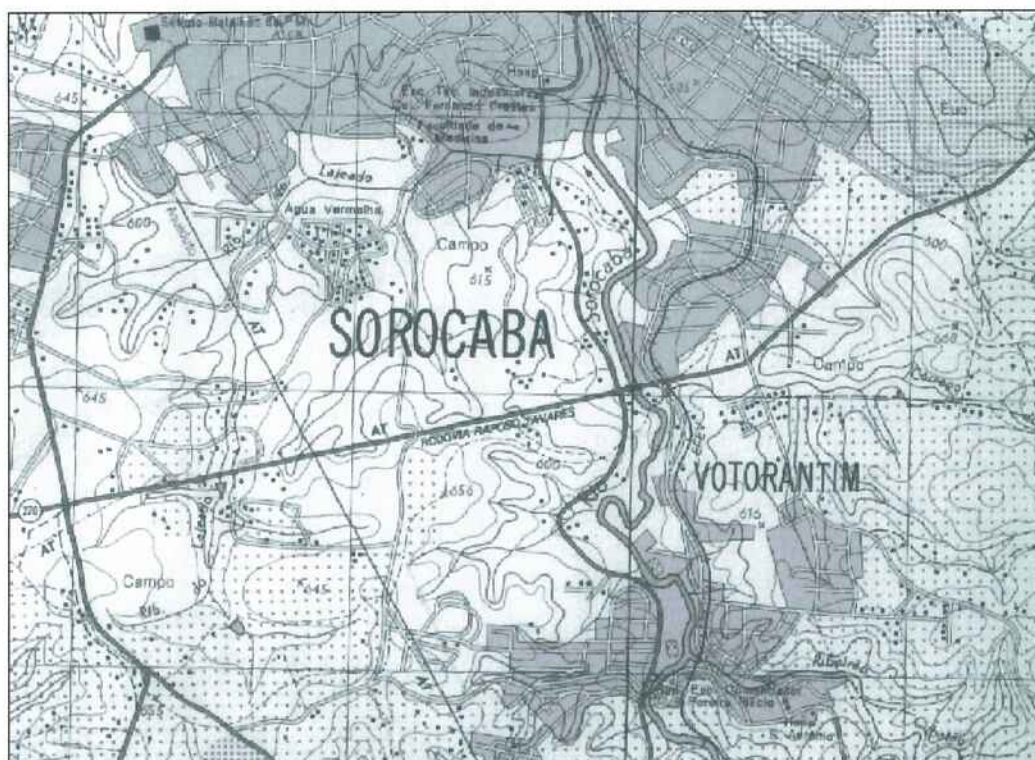
### 3.1 Base de Datos Geo-referenciada

Como elemento de fundamental importância no projeto, a base de dados geográfica é composta por informações da topografia e morfologia obtidas através da digitalização de mapas topográficos emitidos pelo IBGE/DSG e outros órgãos oficiais.

A base de dados original deste projeto foi fornecida pela **CelPlan** em arquivos extraídos de mapas em escala 1:50.000 e digitalizados com resolução de 1" (30 m) no plano horizontal (plano x-y) e de 1m no eixo vertical (eixo z). Após o processo de digitalização estes arquivos passaram por um processo de linearização responsável pela interpolação dos pontos entre as curvas de nível, onde a altitude é calculada a partir de quatro pontos da base de dados ao redor da localidade requerida, permitindo assim o uso de um banco de dados sem descontinuidades, ideal para a obtenção de maior precisão do projeto.

Foi utilizada também uma base de dados auxiliar, para permitir mais fácil análise do projeto. Esta base de dados é composta de arquivos vetores das regiões dos municípios de interesse, imagem de mapa e arquivos de regiões representando as áreas úteis da região oeste.

A seguir são mostrados exemplos imagem, morfologia e topografia de uma das regiões de interesse.

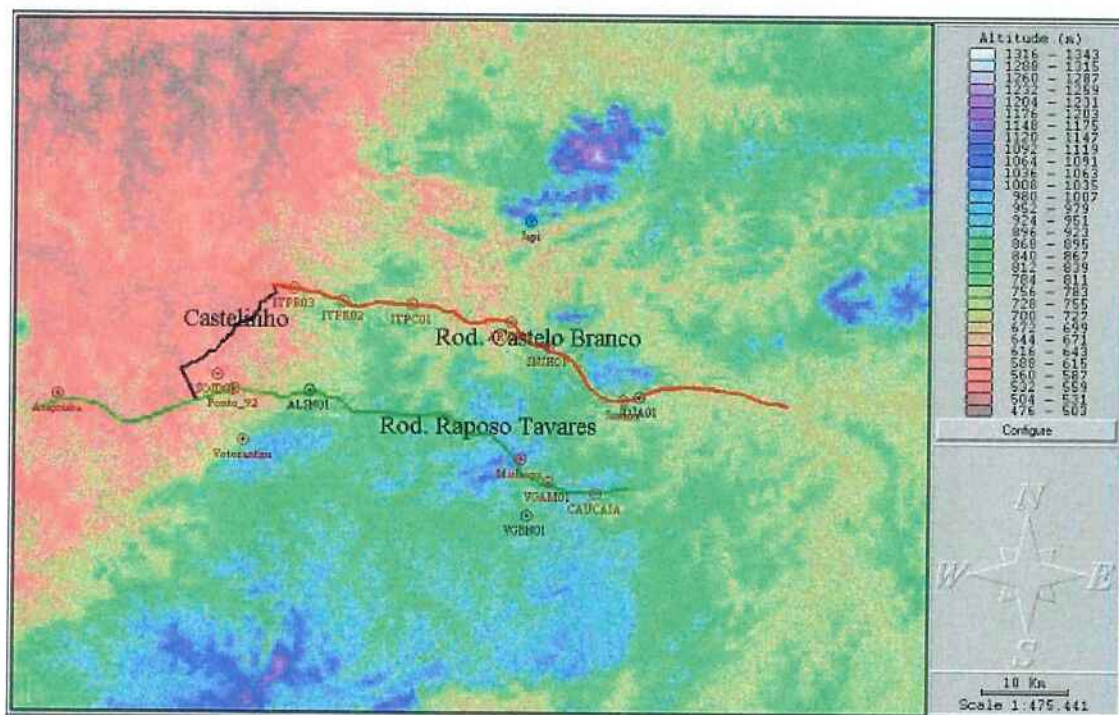


Imagem





Morfologia



Topografia

### 3.2 Dados das Antenas 450 MHz

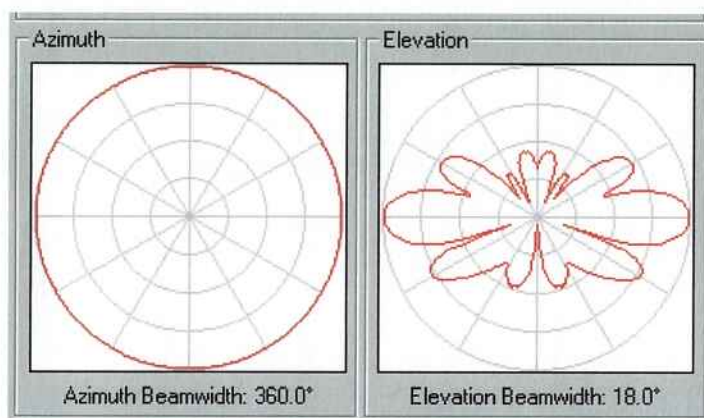


Diagrama da Antena de 6dBd de ganho

## 4. Projeto

O objetivo deste projeto é apresentar a cobertura dos sites sugeridos pela Via Oeste considerando o conjunto de parâmetros sistêmicos enviados. Não foram analisados possíveis locais candidatos para cobertura na totalidade das rodovias em questão.

### ✓ *Dados das Estações*

A seguir serão apresentadas as localizações das estações:

ID_Site	Localidade	Endereço	Coordenadas Geográficas			
Japi	Pico do Japi	Pico do Japi	23	20 02.00 S	47	247.70W
Mailasqui	Trevo de Mailasqui	Km 50 SP-270	23	34 46.50 S	47	322.20W
JDJA01	Jandira	Rod. Castelo Branco, Km 32 – Sent. São Paulo	23	30 53.00 S	46	55 21.00W
Votorantim	Grupo Votorantim	Km 32 - SP-280	23	33 35.10 S	47	21 55.50W
ALSN01	Aluminio	Rod. Raposo Tavares, Km 80.5	23	30 33.48 S	47	17 29.83W
ITPR02	Itu	Rod. Castelo Branco, Km 69+900 – Sent. Interior	23	24 58.40 S	47	15 16.70W
SNSH01	Ecoville	R. Juvenal Santana Leite Entrada Rod. Cast.Branco	23	27 48.93 S	47	131.70W
SOJD01	Sorocaba	R. Bandeirantes, 421 – Chac. São Francisco - Ac	23	29 33.65 S	47	23 40.92W
VGBN01	Vargem Grande II	R. Bariloche em frente ao N 433	23	38 11.80 S	47	256.20W

Fonte Vermelho: Sites pré-estabelecidos; Azul: Sites Sugeridos; Preto: Sites ServSite

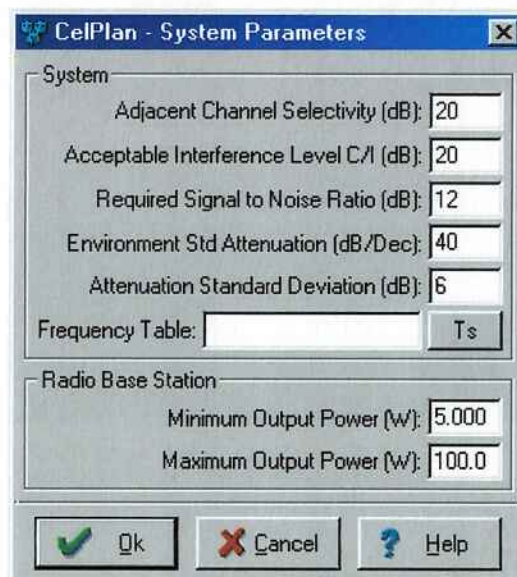


### ✓ *Configuração do Sistema*

Listam-se todos os dados técnicos referentes aos equipamentos, transmissor e receptor, e às características da tecnologia empregada.

### ✓ *Parâmetros de Sistemas*

Determina parte da configuração para a Estação Rádio Base.

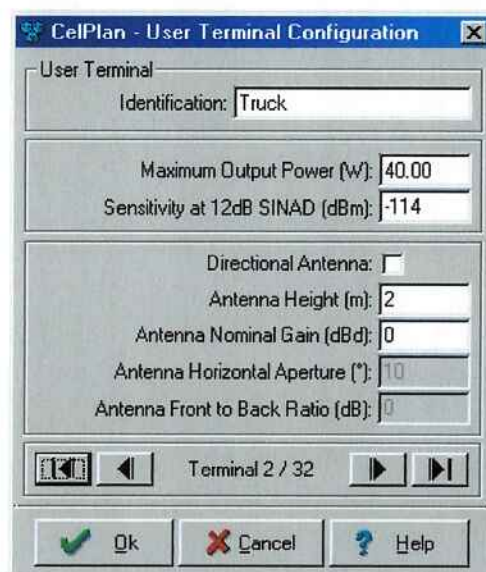


The screenshot shows the 'CelPlan - System Parameters' dialog box. It has two main sections: 'System' and 'Radio Base Station'. The 'System' section includes fields for 'Adjacent Channel Selectivity (dB)' (20), 'Acceptable Interference Level C/I (dB)' (20), 'Required Signal to Noise Ratio (dB)' (12), 'Environment Std Attenuation (dB/Dec)' (40), 'Attenuation Standard Deviation (dB)' (6), and a 'Frequency Table' field with a 'Ts' button. The 'Radio Base Station' section includes 'Minimum Output Power (W)' (5.000) and 'Maximum Output Power (W)' (100.0). At the bottom are 'Ok', 'Cancel', and 'Help' buttons.

### ✓ *Classes de Serviço*

As classes de serviço representam os usuários do sistema. Para o projeto utilizou-se dois tipos de classes de serviço considerando os parâmetros fornecidos pela Via Oeste.

### ✓ *Terminal de Usuário*



The screenshot shows the 'CelPlan - User Terminal Configuration' dialog box. It has a 'User Terminal' section with an 'Identification' field containing 'Truck'. Below this are fields for 'Maximum Output Power (W)' (40.00) and 'Sensitivity at 12dB SINAD (dBm)' (-114). A group box contains 'Directional Antenna' (unchecked), 'Antenna Height (m)' (2), 'Antenna Nominal Gain (dBd)' (0), 'Antenna Horizontal Aperture (°)' (10), and 'Antenna Front to Back Ratio (dB)' (0). At the bottom are 'Ok', 'Cancel', and 'Help' buttons. A status bar at the bottom indicates 'Terminal 2 / 32'.

✓ **Ambientes**

**CelPlan - Environment Configuration**

Environment  
Identification:

Human Body Attenuation (dB):   
Penetration Attenuation (dB):

Fading  
Coverage Probability (%):   
Probability Universe:

Resulting Prediction Margin (dB): 9.773

Environment 1 / 32

**CelPlan - Environment Configuration**

Environment  
Identification:

Human Body Attenuation (dB):   
Penetration Attenuation (dB):

Fading  
Coverage Probability (%):   
Probability Universe:

Resulting Prediction Margin (dB): -0.81

Environment 2 / 32

✓ **Classes de Serviço**

Foi utilizada uma única classe de serviço considerando dois tipos de ambientes - Truck e Truck Nível Médio, sendo definida como padrão a classe de serviço Truck pois a mesma apresenta uma margem de aproximadamente 10 dB (conforme especificações enviadas pela Via Oeste) enquanto que a Classe de Serviço Truck Médio não apresenta margem resultante de predição.

**CelPlan - Service Class**

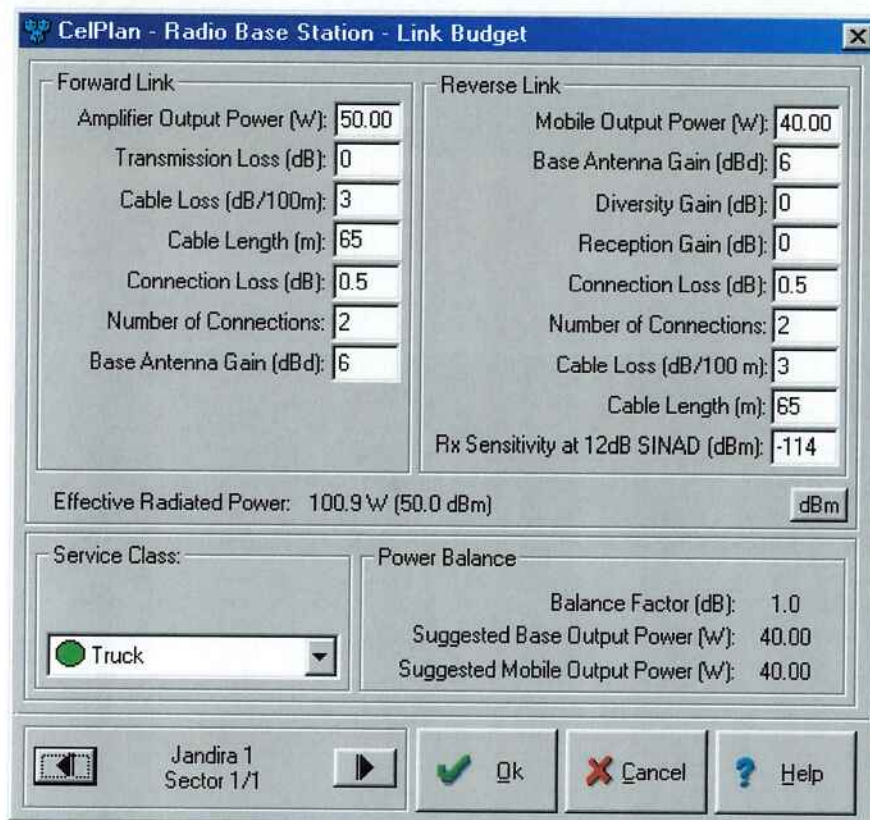
Class	Identification	Terminal	Environment	Color
<input type="checkbox"/> 1	Carro	Truck Médio	External	E
<input checked="" type="checkbox"/> 2	Truck	Truck	External	E
<input checked="" type="checkbox"/> 3	Truck	Truck	External Médio	E
<input type="checkbox"/> 4	Class 4	Terminal 4	Environment 4	E
<input type="checkbox"/> 5	Class 5	Terminal 5	Environment 5	E
<input type="checkbox"/> 6	Class 6	Terminal 6	Environment 6	E
<input type="checkbox"/> 7	Class 7	Terminal 7	Environment 7	E
<input type="checkbox"/> 8	Class 8	Terminal 8	Environment 8	E
<input type="checkbox"/> 9	Class 9	Terminal 9	Environment 9	E
<input type="checkbox"/> 10	Class 10	Terminal 10	Environment 10	E
<input type="checkbox"/> 11	Class 11	Terminal 11	Environment 11	E
<input type="checkbox"/> 12	Class 12	Terminal 12	Environment 12	E
<input type="checkbox"/> 13	Class 13	Terminal 13	Environment 13	E
<input type="checkbox"/> 14	Class 14	Terminal 14	Environment 14	E
<input type="checkbox"/> 15	Class 15	Terminal 15	Environment 15	E
<input type="checkbox"/> 16	Class 16	Terminal 16	Environment 16	E

Selected Class: ☐ Truck



### ✓ *Balanceamento de Potência*

A execução do balanceamento de potência foi feita com base nas informações do fabricante e dados fornecidos pela Via Oeste.



CelPlan - Radio Base Station - Link Budget	
<b>Forward Link</b>	<b>Reverse Link</b>
Amplifier Output Power (W): 50.00	Mobile Output Power (W): 40.00
Transmission Loss (dB): 0	Base Antenna Gain (dBd): 6
Cable Loss (dB/100m): 3	Diversity Gain (dB): 0
Cable Length (m): 65	Reception Gain (dB): 0
Connection Loss (dB): 0.5	Connection Loss (dB): 0.5
Number of Connections: 2	Number of Connections: 2
Base Antenna Gain (dBd): 6	Cable Loss (dB/100 m): 3
	Cable Length (m): 65
	Rx Sensitivity at 12dB SINAD (dBm): -114
Effective Radiated Power: 100.9 W (50.0 dBm) <span style="float: right;">dBm</span>	
Service Class:	Power Balance
<input checked="" type="radio"/> Truck	Balance Factor (dB): 1.0
	Suggested Base Output Power (W): 40.00
	Suggested Mobile Output Power (W): 40.00
<span>Jandira 1 Sector 1/1</span> <span>Ok</span> <span>Cancel</span> <span>Help</span>	

### ✓ *Parâmetros de Propagação*

A Tabela abaixo apresenta os valores referentes aos parâmetros de propagação utilizados após a calibração das medidas – Vide RDS3313 Rev03.

**CelPlan - Prediction Parameters**

**Model I**

☒ Site Effective Antenna Height

Cell Site Antenna Height Factor:

Subscriber Antenna Height Factor:

Type	Terrain Type Description	1 mile Signal Strength (dBm)	Loss per Decade (dB/Decade)
<input checked="" type="checkbox"/> 00	Água	-43	20
<input checked="" type="checkbox"/> 01	Vegetação Rasteira	-46.34	39
<input checked="" type="checkbox"/> 02	Vegetação Média	-46.34	41
<input checked="" type="checkbox"/> 03	Vegetação Densa	-47	50
<input checked="" type="checkbox"/> 04	Área Suburbana	-52	39
<input checked="" type="checkbox"/> 05	Área Urbana	-56	43
<input checked="" type="checkbox"/> 06	Área Urbana Densa	-62	55
<input type="checkbox"/> 07		0	0
<input type="checkbox"/> 08		0	0
<input type="checkbox"/> 09		0	0
<input type="checkbox"/> 10		0	0
<input type="checkbox"/> 11		0	0
<input type="checkbox"/> 12		0	0
<input type="checkbox"/> 13		0	0
<input type="checkbox"/> 14		0	0
<input type="checkbox"/> 15		0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Nd	Tipo não Definido	-41	43

◀ Frequência 450 MHz ▶

Table 1 / 32

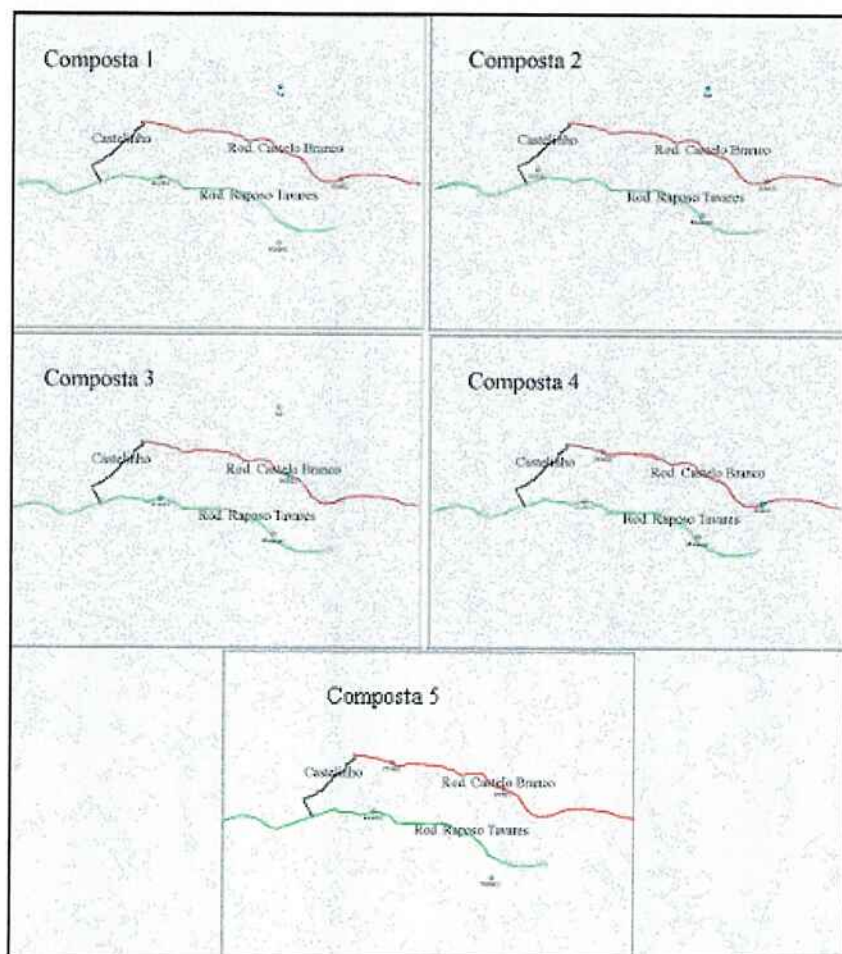
## 5. Predições de Cobertura

Foram geradas quatro predições de cobertura compostas e estatísticas de cobertura considerando o conjunto de sites abaixo.

Identificação	Site Substituído	Site ServSite Incluído	Demais Sites
Composta 1	Mailasqui	VGBN01	JDJA01, Japi e ALSL01
Composta 2	ALSL01	SOJD01	JDJA01, Japi e Mailasqui
Composta 3	JDJA01	SNSH01	Japi, Mailasqui e ALSL01
Composta 4	JAPI	ITPR02	JDJA01, Mailasqui e ALSL01

Identificação	Sites
Composta 5	ALSN01, ITPR02, SNSH01, VGBN01

A seguir serão apresentadas graficamente as composições de sites:

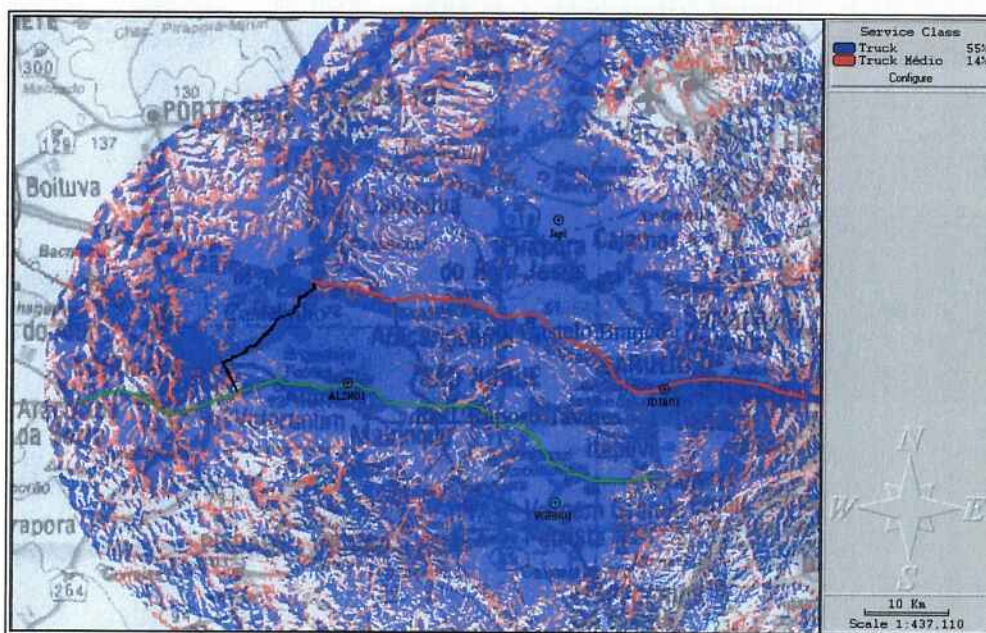




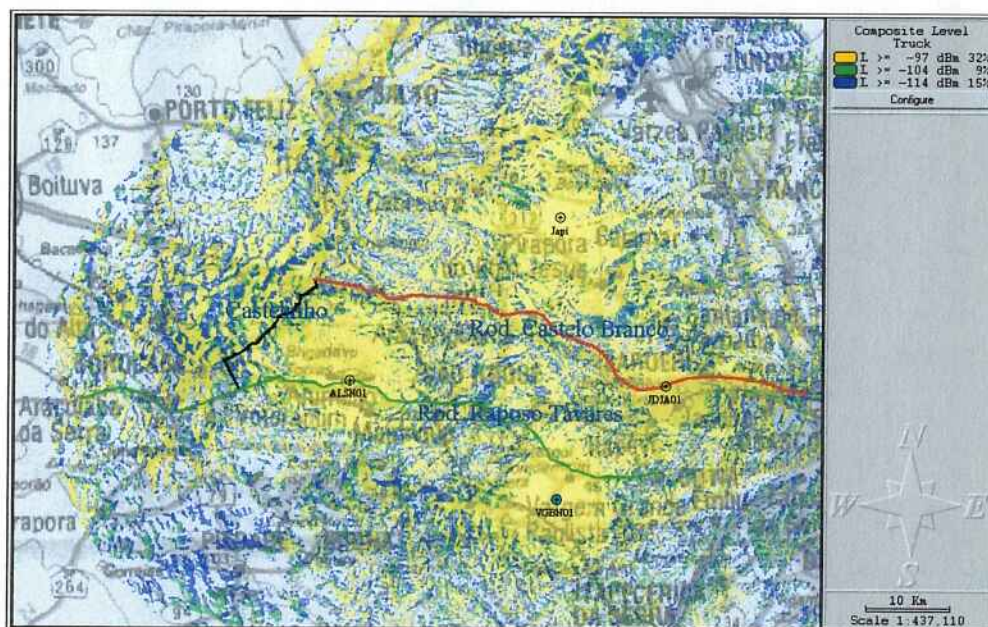
## Predição Composta 1

Resultado das predições de cobertura por regiões:

Ponto	Site	Latitude	Longitude	Antena (altura-modelo)
1	Japi	23 20 02.0 S	47 02 45.7 W	50m – 6dBd
2	ALSN01-Alumínio	23 30 33.48 S	47 17 29.83 W	50m – 6dBd
3	JDJA01-Jandira	23 30 15.00 S	46 55 21.00 W	50m – 6dBd
6	VGBN01 – Vargem Grande II	23 38 11.80 S	47 25 56.20 W	50m – 6dBd



Predição Classe de Serviço



Predição Cobertura Composta



CelPlan - Region Prediction

Via Oeste\_NEW

Service Class	Served Area (%)	
Region	Truck	Truck Médio
Castelinho	89.8	98.6
Rod. Castelo Branco	87.8	97.0
Rod. Raposo Tavares	69.0	83.6
Total	86.3	96.0

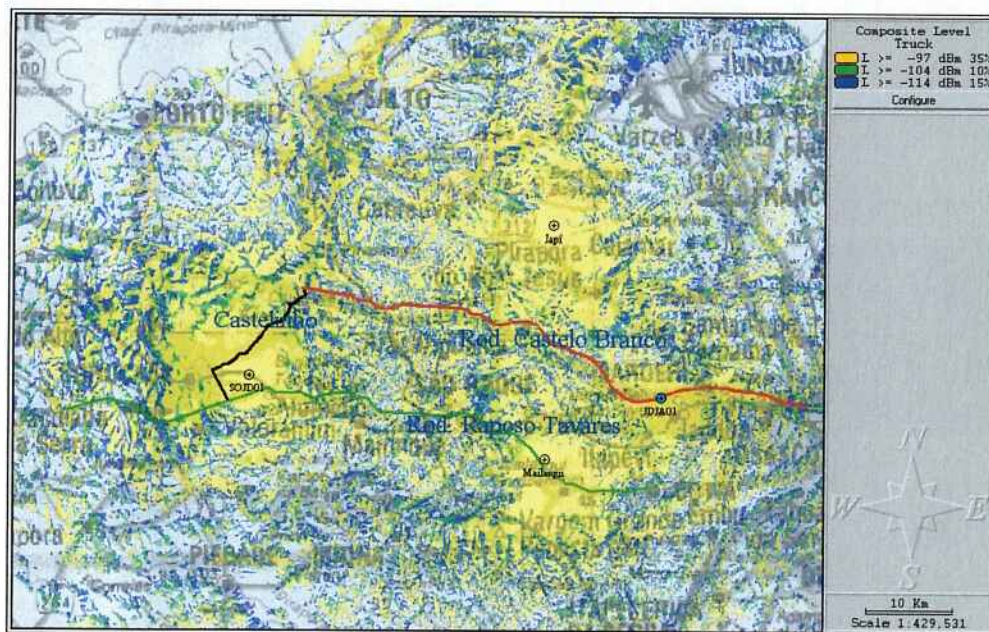
Ok Help Print Export

### Resultado Predição de Cobertura por Regiões

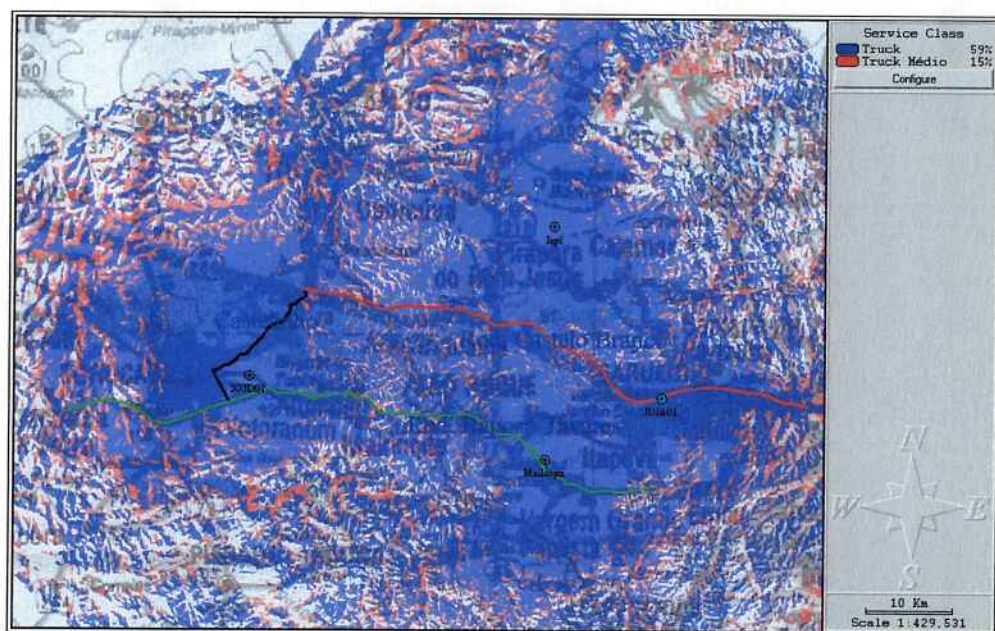
Obs. As porcentagens de cobertura apresentadas para a Rodovia Raposo Tavares consideram o trecho Cotia-Araçoiaba.

## Predição Composta 2

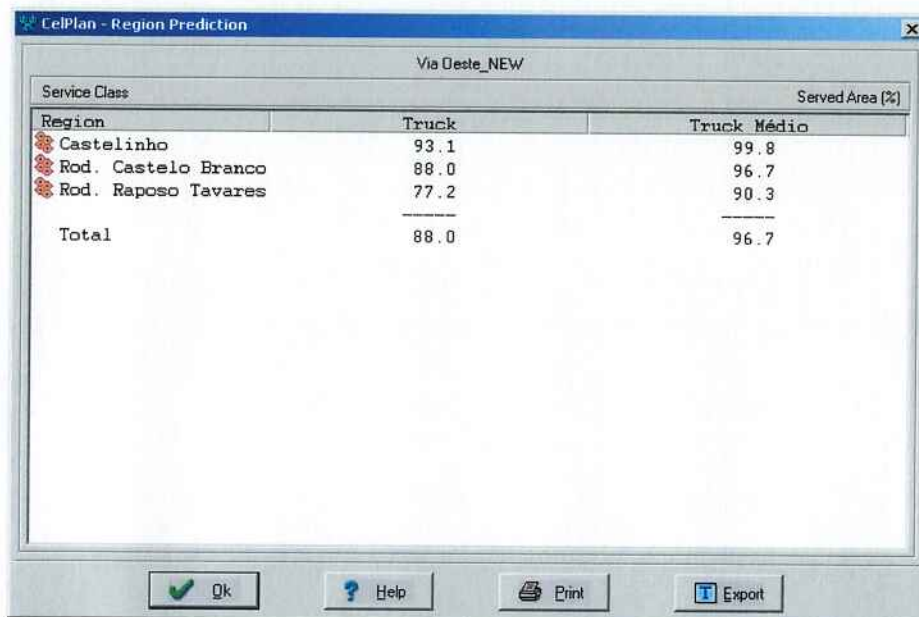
Ponto	Site	Latitude	Longitude	Antena (altura-modelo)
1	Japi	23 20 02.0 S	47 02 45.7 W	50m – 6dBd
2	Mailasqui	23 34 46.5 S	47 03 22.2 W	50m – 6dBd
3	JDJA01-Jandira	23 30 53.00 S	46 55 21.00 W	50m – 6dBd
4	SOJD01- Sorocaba	23 29 33.65 S	47 23 40.92 W	50m – 6dBd



Predição Cobertura Composta



Predição Classe de Serviço



Service Class		Served Area (%)
Region	Truck	Truck Médio
Castelinho	93.1	99.8
Rod. Castelo Branco	88.0	96.7
Rod. Raposo Tavares	77.2	90.3
Total	88.0	96.7

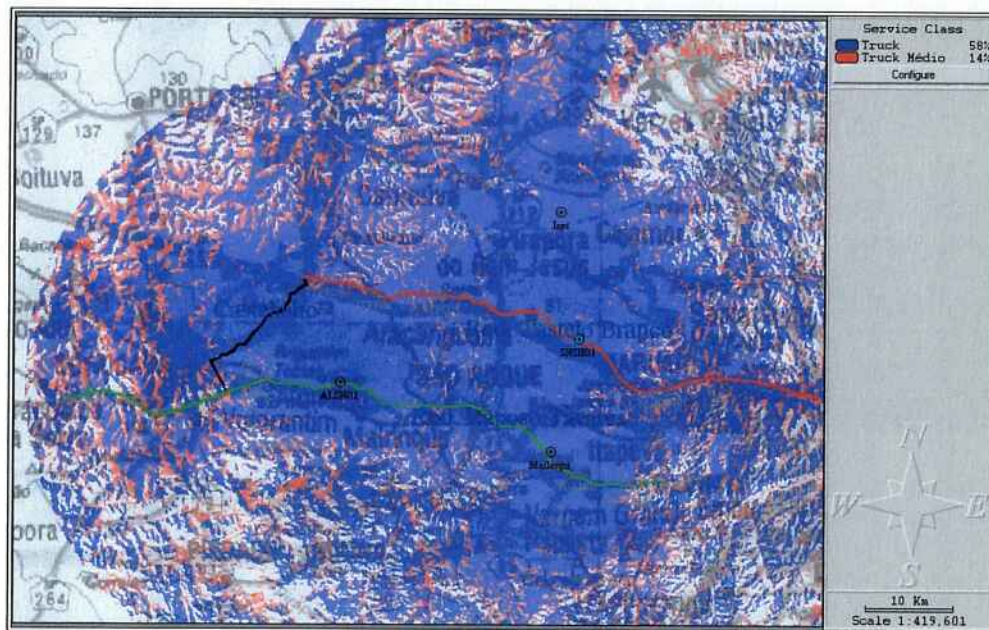
### Resultado Predição de Cobertura por Regiões

Obs. As porcentagens de cobertura apresentadas para a Rodovia Raposo Tavares consideram o trecho Cotia-Araçoiaba.

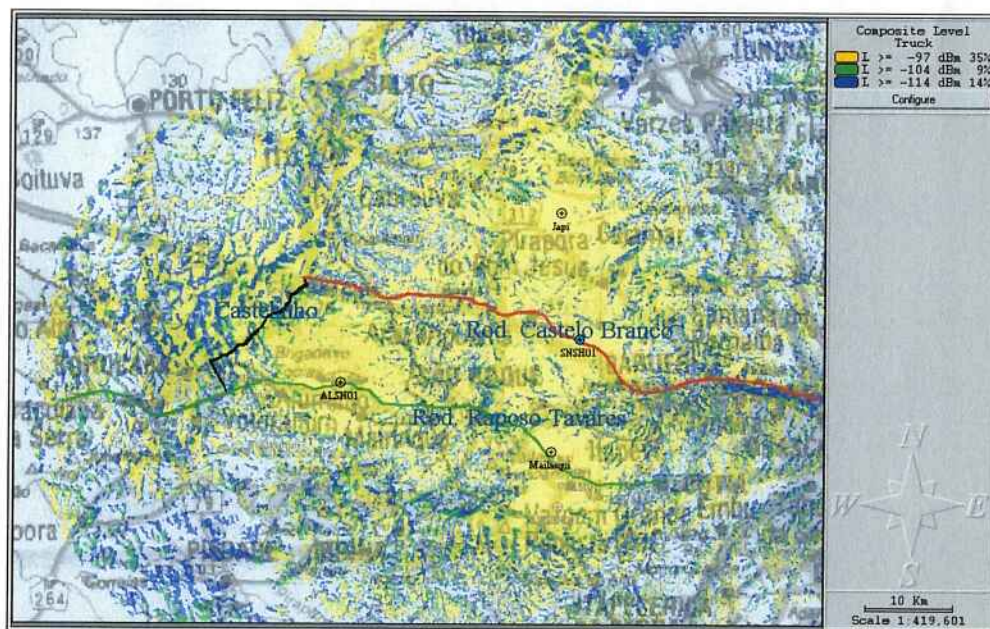


### Predição Composta 3

Ponto	Site	Latitude	Longitude	Antena (altura-modelo)
1	Japi	23 20 02.0 S	47 02 45.7 W	50m – 6dBd
2	Mailasqui	23 34 46.5 S	47 03 22.2 W	50m – 6dBd
3	ALSN01-Alumínio	23 30 33.48 S	47 17 29.83 W	50m – 6dBd
4	SNSH01-Ecoville	23 27 48.93 S	47 01 31.70 W	50m – 6dBd



Predição Classe de Serviço



Predição Composta

Via Oeste_NEW		
Service Class	Served Area [%]	
Region	Truck	Truck Médio
Castelinho	89.8	98.6
Rod. Castelo Branco	88.2	97.8
Rod. Raposo Tavares	69.8	82.8
Total	86.7	96.5

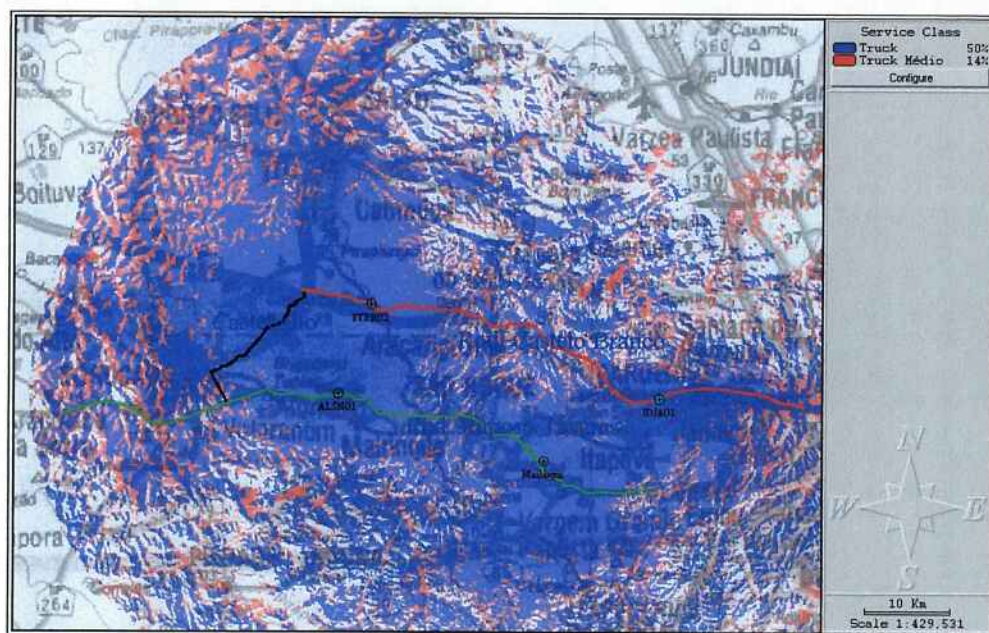
### Resultado Predição de Cobertura por Regiões

Obs. As porcentagens de cobertura apresentadas para a Rodovia Raposo Tavares consideram o trecho Cotia-Araçoiaba

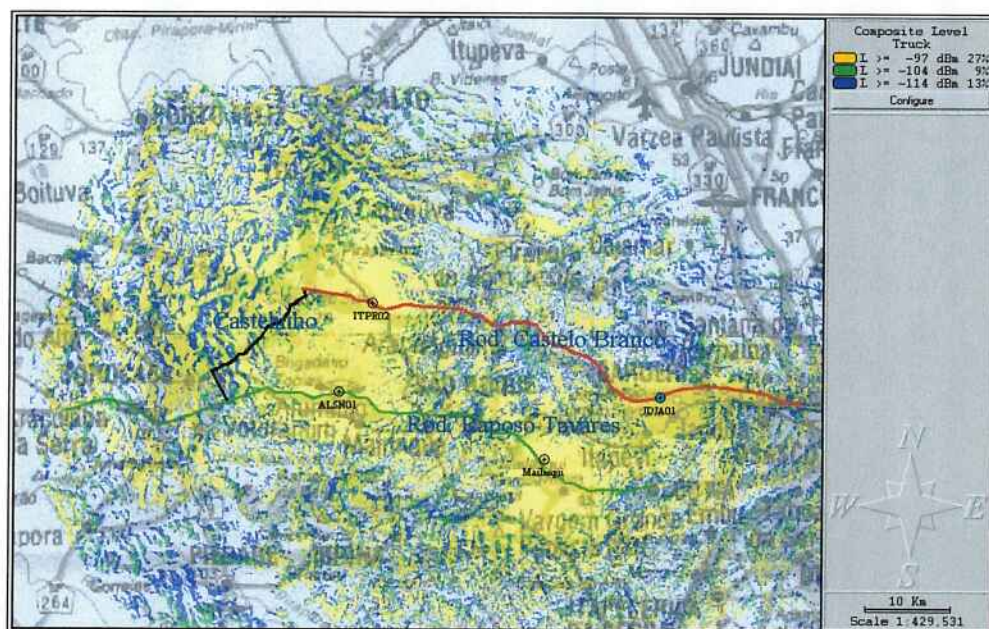


## Predição Composta 4

Ponto	Site	Latitude	Longitude	Antena (altura-modelo)
1	ITPR02- Itu	23 24 58.40 S	47 15 16.70 W	50m – 6dBd
2	Mailasqui	23 34 46.5 S	47 03 22.2 W	50m – 6dBd
3	JDJA01-Jandira	23 30 53.00 S	46 55 21.00 W	50m – 6dBd
4	ALSL01-Aluminio	23 30 33.48 S	47 17 29.83 W	50m – 6dBd



Predição Classe de Serviço



Predição Composta

Via Oeste_NEW		
Service Class	Served Area (%)	
Region	Truck	Truck Médio
Castelinho	91.5	98.8
Rod. Castelo Branco	80.9	91.3
Rod. Raposo Tavares	70.5	83.2
Total	82.1	92.0

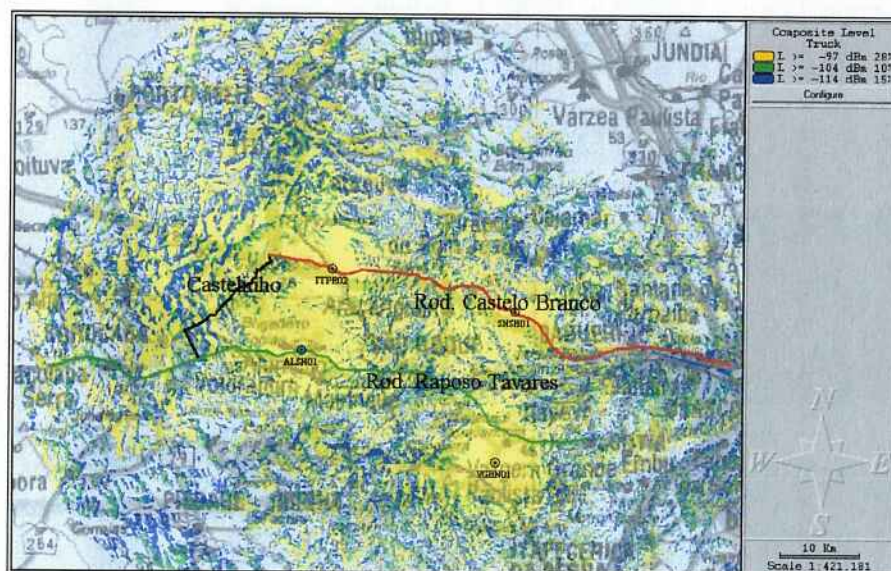
### Resultado Predição de Cobertura por Regiões

Obs. As porcentagens de cobertura apresentadas para a Rodovia Raposo Tavares consideram o trecho Cotia-Araçoiaba

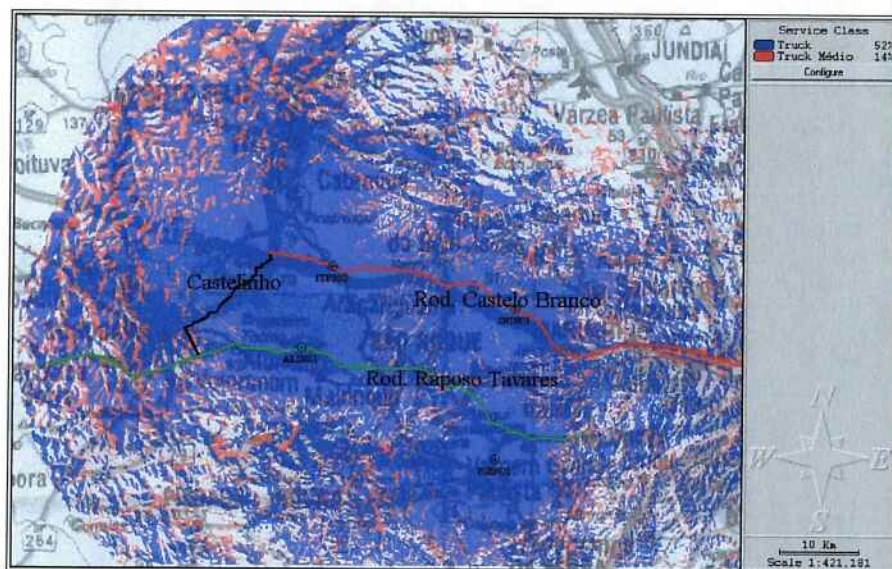


### Predição Composta 5

Ponto	Site	Latitude	Longitude	Antena (altura-modelo)
1	ITPR02- Itu	23 24 58.40 S	47 15 16.70 W	50m – 6dBd
6	VGBN01	23 38 11.80 S	47 02 56.20 W	50m – 6dBd
3	JDJA01-Jandira	23 30 53.00 S	46 55 21.00 W	50m – 6dBd
4	ALSL01-Aluminio	23 30 33.48 S	47 17 29.83 W	50m – 6dBd



### Predição Composta



### Predição Classe de Serviço

Via Oeste_NEW		
Service Class	Served Area (%)	
Region	Truck	Truck Médio
Castelinho	90.1	98.6
Rod. Castelo Branco	84.7	92.8
Rod. Raposo Tavares	67.2	82.5
Total	84.1	93.0

*Obs. As porcentagens de cobertura apresentadas para a Rodovia Raposo Tavares consideram o trecho Cotia-Araçoiaba*



## 6. Resultado das Estatísticas de Cobertura

A tabela a seguir apresenta o resultado (%) das predições de cobertura por regiões considerando as combinações de sites apresentadas anteriormente; Composta 1, Composta 2, Composta 3, Composta 4 e Composta 5 respectivamente.

	Parâmetros de Predição após Calibração	
Combinações	Área Servida Truck (%)	Área Servida Truck Médio (%)
Composta 1	86.3	96.0
Composta 2	88.0	96.7
Composta 3	86.7	96.5
Composta 4	82.1	92.0
Composta 5	84.1	93.0

O arquivo de região utilizado nas predições de cobertura compreende as rodovias Castelo Branco, Raposo Tavares e Castelinho.

Os resultados das estatísticas apresentados acima podem ser alterados em função do posicionamento dos sites (coordenadas geográficas fornecidas pela Via Oeste) e por bases de dados de topografia e morfologia extraídas de cartas IBGE-DSG, portanto para implantação do sistema sugerimos a validação dos dados em campo.

[illegible]

Melhor Servidor



**CellPlan<sup>®</sup>**  
Niles Global Technologies

**CelPlanner**

SGM - Via Oeste

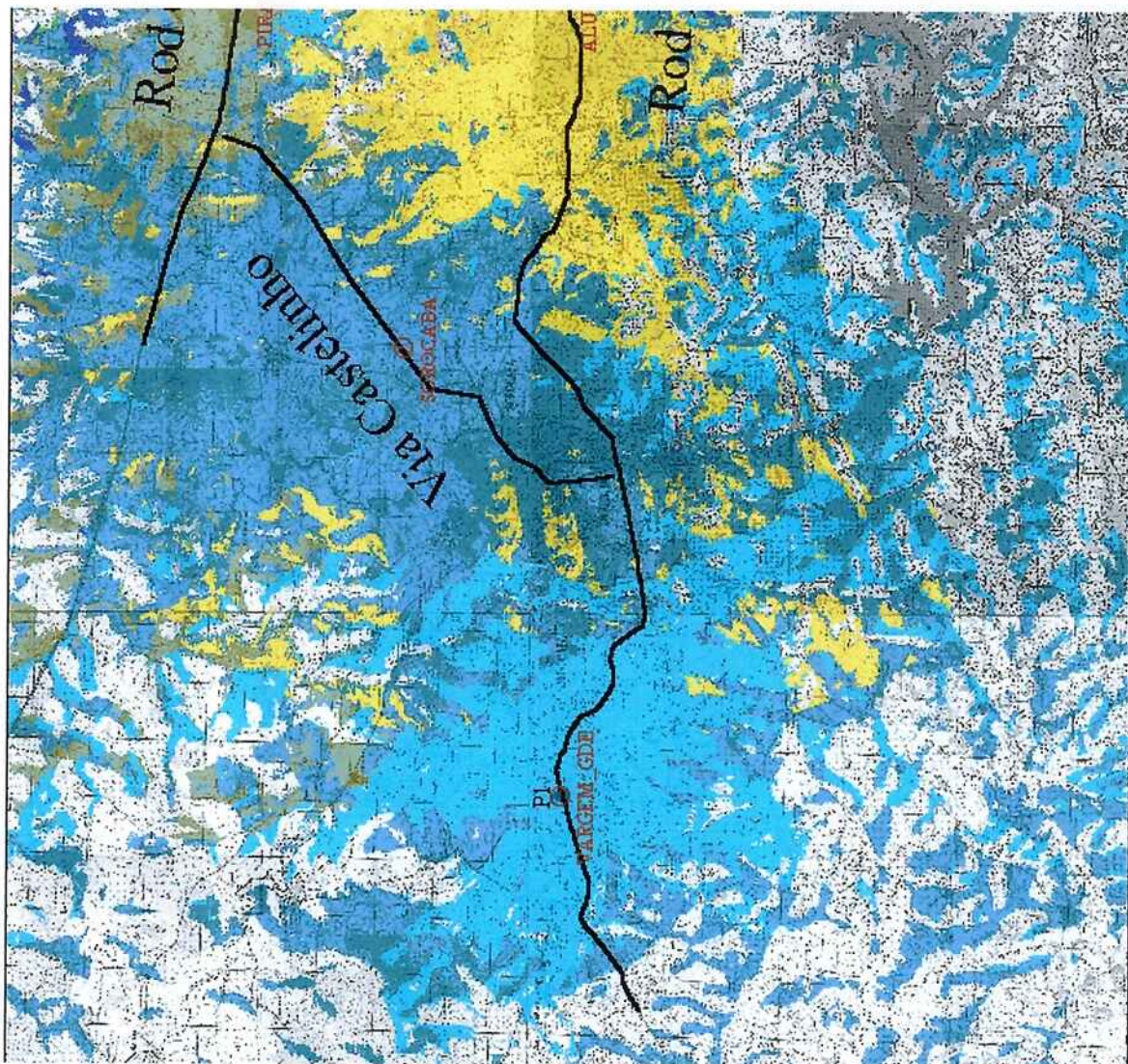
Melhor Servidor

**Notes:**

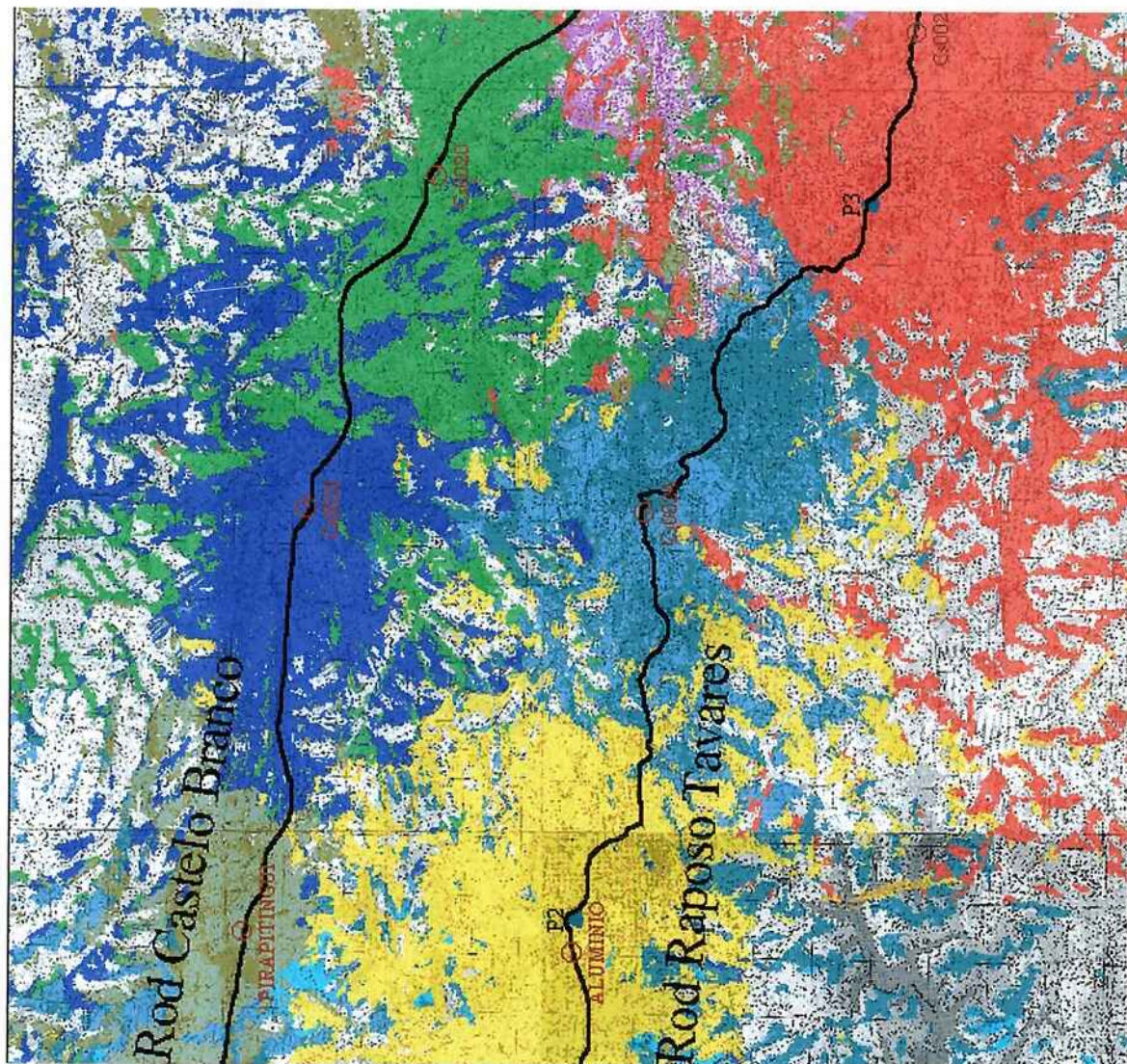
---

1

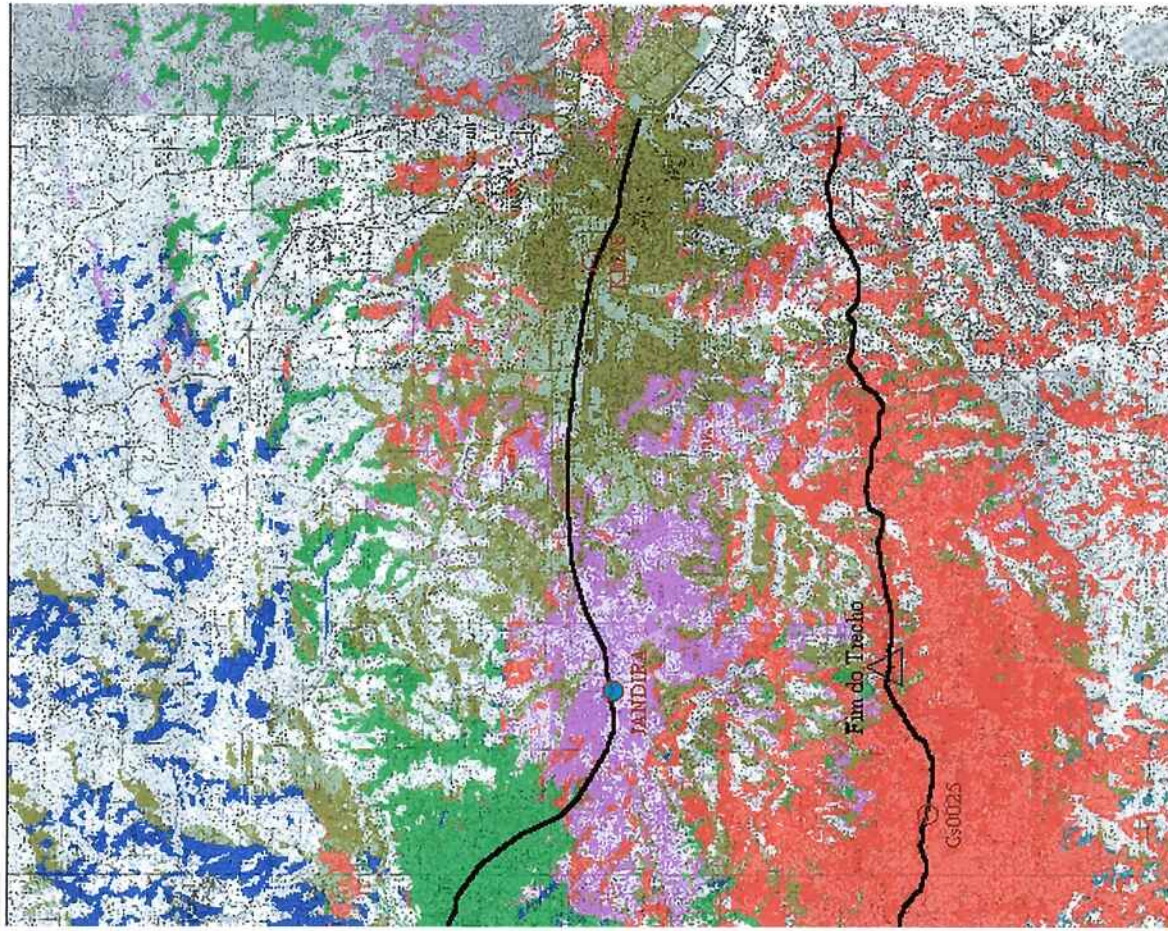












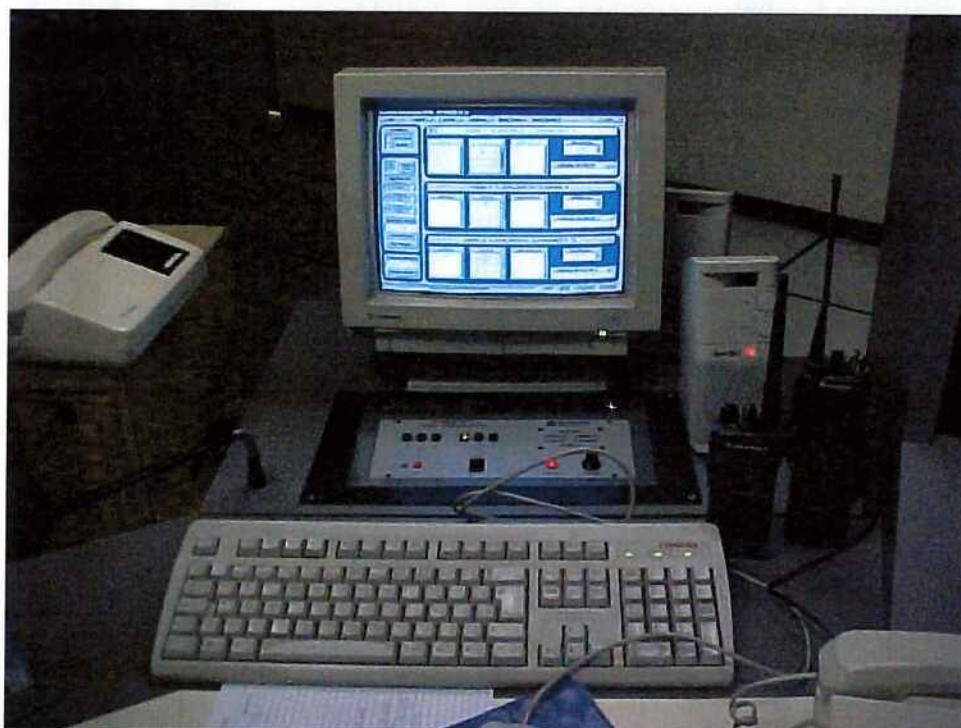
## **ANEXO 5 – FOTOS DAS CONSOLES DE RÁDIO ATUAIS**



## **ANEXO 5 - CONSOLES DE RÁDIO**



**Fotografia do Console de Rádio das linhas E e F**



**Fotografia do Console de Rádio Terra-Trem**