

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**APLICAÇÃO COMERCIAL DO SISTEMA OMNISAT DA
AUTOTRAC E QUALCOMM COM O USO DE TERMINAIS
MÓVEIS E ANÁLISE DE TÉCNICAS DE MÚLTIPLO
ACESSO EM SISTEMAS VIA SATÉLITES**

FLÁVIO SANTOS

ORIENTADOR: PH. D. MARCO ANTONIO BRASIL TERADA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

PUBLICAÇÃO: PPGENE.DM - 356/08

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO - 2008

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**APLICAÇÃO COMERCIAL DO SISTEMA OMNISAT DA
AUTOTRAC E QUALCOMM COM O USO DE TERMINAIS
MÓVEIS E ANÁLISE DE TÉCNICAS DE MÚLTIPLO
ACESSO EM SISTEMAS VIA SATÉLITES**

LINHA DE PESQUISA: Taxa de rejeição sistêmica em sistemas de comunicação sem fio.

FLÁVIO SANTOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

MARCO ANTONIO BRASIL TERADA, Dr., ENE/UnB
(ORIENTADOR)

FRANKLIN DA COSTA SILVA, Dr., ENE/UnB
(EXAMINAR INTERNO)

GEORGES AMVAME NZE, Dr., ENE/FACULDADE DO GAMA/UnB
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA, DEZEMBRO DE 2008

FICHA CATÁLOGRÁFICA

SANTOS, FLÁVIO

Aplicação Comercial do Sistema OMNISAT da AUTOTRAC e QUALCOMM com o Uso de Terminais Móveis e Análise de Técnicas de Múltiplo Acesso em Sistemas Via Satélites.

xxxii, 277p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Engenharia Elétrica, 2008).

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

Departamento de Engenharia Elétrica.

1. Aplicação Comercial Sistema OmniSAT 2. Terminais Móveis Autotrac e Qualcomm

3. Técnicas de Acesso Múltiplo

4. FDMA, TDMA e CDMA

I. ENE/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, Flávio (2008). Aplicação Comercial do Sistema OMNISAT da AUTOTRAC e QUALCOMM com o Uso de Terminais Móveis e Análise de Técnicas de Múltiplo Acesso em Sistemas Via Satélites. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.DM - 356/08, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 277p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Flávio Santos

TÍTULO: Aplicação Comercial do Sistema OMNISAT da AUTOTRAC e QUALCOMM com o Uso de Terminais Móveis e Análise de Técnicas de Múltiplo Acesso em Sistemas Via Satélites.

GRAU: Mestre ANO: 2008

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

Flávio Santos

Rua das Pérolas, 184, B-604, Bosque da Saúde, 78050-090 - Cuiabá-MT - Brasil.

Dedico este trabalho a Deus,
meu pai eterno e autor da minha vida,
ao Espírito Santo, o meu doce intercessor,
e a Jesus Cristo, meu amigo, Senhor, Salvador
e minha única esperança de vida eterna (João 3:16).

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, João Ferreira dos Santos e Maria José P. Santos, pelo amor, educação, apoio, carinho e confiança; e aos meus irmãos e familiares por juntos formarmos uma preciosa família. A minha amada esposa, Karina Volkmann U. Santos, minha melhor metade, companheira, amorosa, e auxiliadora idônea, a quem agradeço pelo amor, suporte e disposição em sempre me apoiar e ajudar em tudo o que preciso, e mamãe da nossa primeira filha, Amanda, que está a caminho, que me trouxe grande alegria e uma motivação a mais para concluir rapidamente esse trabalho. Aos meus amigos e aqueles que direta ou indiretamente me auxiliaram, não só nessa fase, mas em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador, Marco Antônio Brasil Terada, por seus ensinamentos, apoio, e por acreditar em mim. Pela simpatia e disposição em sempre ajudar dos professores e funcionários do departamento de graduação e pós-graduação da UNB - Universidade de Brasília e UFU - Universidade Federal de Uberlândia, onde me graduei em Engenharia Elétrica.

A Autotrac, e em especial ao Nelson Piquet Souto Maior, visionário e presidente da companhia, que acreditou, investiu e trouxe mais que uma nova tecnologia, mas também um novo mercado ao Brasil. Também aos meus grandes amigos da família Autotrac, meus orientadores naturais, obrigado pela amizade e companheirismo de todos vocês, a quem devo tudo o que aprendi nessa fantástica companhia chamada Autotrac.

Finalmente a Deus, porque sem ele eu nem existiria. Por sua graça ilimitada em me sondar e realizar os meus sonhos e desejos mais profundos do meu coração. Eu te Amo, Deus!

RESUMO

APLICAÇÃO COMERCIAL DO SISTEMA OMNISAT DA AUTOTRAC E QUALCOMM COM O USO DE TERMINAIS MÓVEIS E ANÁLISE DE TÉCNICAS DE MÚLTIPLO ACESSO EM SISTEMAS VIA SATÉLITES.

Autor: Flávio Santos

Orientador: Marco Antônio Brasil Terada

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

Brasília, Dezembro de 2008

Este trabalho se propõe a apresentar o sistema OmniSAT de comunicação móvel de dados e rastreamento de veículos da Autotrak, aplicado ao mercado de frotas de veículos. Concebido nos Estados Unidos pela *Qualcomm Incorporated* como *OmniTRACS*, implementa além de segurança e logística, comunicação móvel bidirecional aplicada também ao mercado de governo e *utilities* que se utilizam da integração com os seus sistemas computacionais incluindo operações de acesso à base de dados. Inicialmente, descrevem-se os sistemas de comunicações satelitais e as técnicas de acesso múltiplo FDMA, TDMA e CDMA, seguido da análise comparativa entre esses sistemas, mostrando suas vantagens, eficiências e contribuindo com simulações numéricas e gráficas. Também se apresenta os produtos e aplicações que utilizam como meio de comunicação as redes celulares. É introduzido o conceito do sistema de posicionamento global através de satélites GPS. Com o objetivo de validar as aplicações e o sucesso do sistema OmniSAT no Brasil e Mercosul, são tratados aqui os aspectos mercadológicos e comerciais de seus produtos e serviços, incluindo-se às informações os números e dados estatísticos.

ABSTRACT

COMMERCIAL APPLICATION OF AUTOTRAC AND QUALCOMM'S OMNISAT SYSTEM WITH THE USE OF MOBILE TERMINALS AND ANALYSES OF MULTIPLE ACCESS TECHNIQUES IN SATELLITES SYSTEMS

Author: Flávio Santos

Supervisor: Marco Antônio Brasil Terada

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

Brasília, December 2008

The purpose of this work is to show the OmniSAT system of data mobile communication and tracking vehicles of Autotrak, applied to vehicles fleet market. The OmniTRACS system was developed in the United States by Qualcomm Incorporated and implements, besides security and logistic, also bi-directional mobile communications applied to government and utilities markets, which use integration with computational systems including operations such as access to databases. Initially, it is described the satellites communications systems and FDMA, TDMA e CDMA multiple access techniques, followed by a comparative analysis with numeric and graphics simulations between these systems showing their advantages, efficiencies and contributions. It is also showed the products and applications that use data communications over the network of mobile phones. The concepts of global positioning systems are introduced through GPS satellites. With the purpose of validating the applications and success of the OmniSAT system in the Brazilian and Southern Common markets, the commercial aspects of the products and services are discussed, including statistical data and illustrative case examples.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - INTRODUÇÃO AOS SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES SATELITAIS	4
2.1 - BREVE HISTÓRICO DAS COMUNICAÇÕES SATELITAIS.....	4
2.2 - UM SONHO FUTURISTA	5
2.3 - OS PIONEIROS.....	6
2.4 - CRONOLOGIA DO USO DE SATÉLITES EM COMUNICAÇÕES.....	8
2.5 - O SBTS (SISTEMA BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES POR SATÉLITE).....	12
2.6 - SATÉLITES DE COMUNICAÇÕES NO BRASIL – ANO 2007.....	13
2.6.1 - Satélites Geoestacionários.....	13
2.6.1.1 - Empresas detentoras de direito de exploração de satélites brasileiros	13
2.6.1.2 - Empresas detentoras de direito de exploração de satélites estrangeiros	14
2.6.1.3 - Bandas	15
2.6.1.4 - Satélites não-geoestacionários.....	16
2.7 - ANTENAS	16
2.7.1 - Características gerais das antenas	16
2.7.2 - A estabilização dos satélites	18
2.7.3 - Reutilização de freqüência e regiões de maior intensidade de sinal de transmissão.....	19
2.7.4 - Parâmetros relevantes de um satélite	20
2.7.5 - Antenas refletoras.....	22
2.8 - TRANSPONDERS	23
2.8.1 - O subsistema de comunicações.....	23
2.8.2 - Diagrama em blocos básicos em um <i>transponder</i>	23
2.8.3 - Diagrama em bloco simplificado do sistema de comunicação.....	24
2.8.4 - Faixas de freqüências empregadas e serviços oferecidos.....	28
2.8.5 - Alocação de freqüências de serviços de comunicação via satélite.....	29
2.8.6 - Plano de freqüências, freqüências centrais	29
2.8.7 - Unidades de medidas.....	30
2.8.8 - Outros parâmetros	31

2.9 - ÓRBITAS DOS SATÉLITES DE COMUNICAÇÕES.....	32
2.9.1 - Órbita geostacionária: GEO: (<i>Geostationary Earth Orbit</i>).....	32
2.9.2 - Órbita Molniya	33
2.9.3 - Órbita baixa LEO (<i>Low Earth Orbit</i>).....	33
2.9.4 - Órbita muito baixa LLEO (<i>Little Low Earth Orbit</i>)	33
2.10 - AS REDES VIA SATÉLITE.....	34
2.10.1 - VSATS: Uma breve descrição da tecnologia.....	34
2.10.2 - A cristalização do mercado.....	35
2.10.3 - VSATS no Brasil.....	38
2.10.4 - Redes mundiais	39
2.11 - RETARDO (<i>DELAY</i>) EM COMUNICAÇÕES VIA SATÉLITE	44
2.11.1 - O Problema	44
2.11.2 - A solução.....	45
2.11.3 - Alguns detalhes adicionais	45
2.11.4 - O caso das VSATS	47
2.11.5 - Conclusão sobre o retardo em comunicações via satélite	47
2.12 - PROPAGAÇÃO ATMOSFÉRICA EM SISTEMAS SATELITAIS	47
2.12.1 - Propagação Terra-Espaço (uplink).....	48
2.12.2 - Propagação Espaço-Terra (downlink).....	51
3 - ACESSO MÚLTIPLO	52
3.1 - DEFINIÇÕES PRELIMINARES	52
3.2 - LEIS DE TRÁFEGO	54
3.3 - ROTEAMENTO DE TRÁFEGO	57
3.3.1 - Uma portadora por enlace (Figura 3.4 (a))	59
3.3.2 - Uma portadora por estação transmissora (Figura 3.4 (b)).....	59
3.3.3 - Comparação	59
3.4 - O PRINCÍPIO DO ACESSO MÚLTIPLO	60
3.4.1 - Acesso múltiplo para um <i>transponder</i> repetidor particular	60
3.4.2 - Acesso múltiplo para um satélite repetidor.....	63
4 - ACESSO MÚLTIPLO POR DIVISÃO DE FREQUÊNCIA (FDMA)	64
4.1 - ESQUEMAS DE TRANSMISSÃO	64
4.1.1 - FDM / FM / FDMA (Figura 4.1 (a)).....	65

4.1.2 - TDM / PSK / FDMA	66
4.1.3 - SCPC / FDMA (figura 4.3 (c))	67
4.2 - INTERFERÊNCIAS ENTRE CANAIS ADJACENTES	68
4.3 - INTERMODULAÇÃO.....	68
4.3.1 - Definição de produtos de intermodulação.....	68
4.3.2 - Característica de transferência de um amplificador não linear em operação com multi-portadoras.....	70
4.3.3 - Ruído de intermodulação.....	72
4.3.4 - A razão entre a potência da portadora e a densidade espectral da potência do ruído de intermodulação (C/N ₀) _{IM}	72
4.4 - A RAZÃO ENTRE A POTÊNCIA DA PORTADORA E A DENSIDADE ESPECTRAL DE POTÊNCIA DO RUÍDO EM UM ENLACE DE ESTAÇÃO PARA ESTAÇÃO.....	73
4.4.1 - Expressões	73
4.4.2 - A influência do <i>back-off</i>	74
4.5 - <i>THROUGHPUT</i> DE FDMA	75
4.6 - <i>CROSSTALK</i> COMPREENSÍVEL	77
4.7 - CONCLUSÃO SOBRE A TÉCNICA DE ACESSO MÚLTIPLO POR DIVISÃO DE FREQUÊNCIA (FDMA).....	77
4.8 - OFDM/OFDMA (ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING / MULTIPLE ACCESS).....	78
4.8.1 - Princípio Básico do OFDMA	78
4.8.2 - Vetor de alocação OFDMA.....	79
5 - ACESSO MÚLTIPLO POR DIVISÃO DE TEMPO (TDMA)	80
5.1 - GERAÇÃO DO <i>BURST</i>	81
5.2 - ESTRUTURA DO <i>FRAME</i>	83
5.3 - RECEPÇÃO DO <i>BURST</i>	85
5.4 - SINCRONIZAÇÃO	87
5.4.1 - Movimentos residuais de um satélite geoestacionário.....	87
5.4.2 - Relação entre o começo de um <i>frame</i> na transmissão e na recepção	88
5.4.3 - Sincronização de <i>loop</i> fechado.....	91
5.4.4 - Sincronização de <i>loop</i> aberto	92
5.4.5 - Aquisição da sincronização.....	93

5.5 - <i>THROUGHPUT</i> DE TDMA	93
5.5.1 - Definição	93
5.5.2 - Considerações sobre a duração do <i>frame</i>	95
5.5.3 - Considerações sobre os tempos guarda e preâmbulo.....	96
5.5.4 - Exemplo	97
5.6 - LEVANTAMENTO DOS GRÁFICOS PARA ANÁLISE E CONCLUSÕES DO <i>THROUGHPUT</i> DE TDMA A PARTIR DA VARIAÇÃO DOS VALORES NA ESTRUTURA DO <i>FRAME</i> DO PADRÃO INTELSAT/EUTELSAT.....	97
5.6.1 - Levantamento dos dados e gráficos	97
5.6.2 - Conclusões dos gráficos levantados	112
5.7 - CONCLUSÕES.....	112
6 - ACESSO MÚLTIPLO POR DIVISÃO DE CÓDIGO (CDMA)	114
6.1 - TRANSMISSÃO EM SEQUÊNCIA DIRETA	114
6.1.1 - Princípio	114
6.1.2 - Ocupação espectral.....	116
6.1.3 - Realização do acesso múltiplo	117
6.1.4 - Proteção contra interferência entre sistemas.....	118
6.1.5 - Proteção contra trajetórias múltiplas.....	119
6.2 - TRANSMISSÃO POR SALTO FREQUÊNCIA (FH-CDMA)	119
6.2.1 - Princípio	119
6.2.2 - Ocupação espectral.....	121
6.2.3 - Realização do acesso múltiplo	122
6.2.4 - Proteção contra interferência	122
6.3 - GERAÇÃO DE CÓDIGO (SINAIS) PSEUDO-ALEATÓRIOS.....	122
6.4 - SINCRONIZAÇÃO	124
6.4.1 - Aquisição da seqüência	125
6.4.2 - Rastreamento	126
6.5 - <i>THROUGHPUT</i> DE CDMA.....	127
6.5.1 - Número máximo de acessos	127
6.5.2 - Expressão do <i>throughput</i>	128
6.5.3 - Exemplo	128
6.6 - LEVANTAMENTO DO GRÁFICO DO <i>THROUGHPUT</i> DE CDMA A PARTIR DOS DADOS DO EXEMPLO (SEÇÃO 5.5.3).....	129

6.6.1 - Levantamento dos dados, planilha e gráfico.....	129
6.7 - CONCLUSÃO.....	131
7 - COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE ACESSO MÚLTIPLO	
ESTUDADOS (FDMA, TDMA e CDMA).....	133
7.1 - INDICAÇÕES GERAIS.....	133
7.2 - VANTAGENS DO CDMA ENTRE OS ACESSOS MÚLTIPLOS FDMA E TDMA.....	134
7.3 - ACESSO MÚLTIPLO POR DIVISÃO DE CÓDIGO ANALIZADO	136
7.3.1 - Capacidade do sistema de Acesso Múltiplo por Divisão de Código.....	137
8 - O SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL – GPS	141
8.1 - INTRODUÇÃO AO GPS – <i>GLOBAL POSITIONING SYSTEM</i>	141
8.2 - TRANSMISSÃO E CÁLCULO DE POSIÇÃO.....	146
8.3 - FATORES QUE AFETAM A PRECISÃO DO SISTEMA	148
8.4 - DGPS – DIFFERENTIAL GPS - GPS DIFERENCIAL – EXATIDÃO MÁXIMA	151
8.5 - GPS PARA LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO.....	151
8.6 - WAAS – <i>WIDE AREA AUGMENTATION SYSTEM</i> – SISTEMA DE ÁREA AMPLIADA	152
8.7 - SELECIONANDO UM RECEPTOR GPS	153
8.7.1 - Principais tipos de receptores.....	154
8.7.1.1 - Receptores de sequenciamento.....	154
8.7.1.2 - Receptores de potência limitada de um canal	154
8.7.1.3 - Receptores de canal único	155
8.7.1.4 - Receptores de multiplexação rápida de um canal	155
8.7.1.5 - Receptores de seqüenciamento de dois canais	155
8.7.1.6 - Receptores contínuos	156
8.7.2 - Outras considerações.....	157
8.8 - APLICAÇÕES DOS RECEPTORES GPS	157
8.9 - LIMITAÇÕES DOS RECEPTORES GPS	158
9 - O SISTEMA OMNITRACS DA QUALCOMM.....	159
9.1 - O SISTEMA OMNITRACS.....	159

9.2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....	162
9.3 - DESCRIÇÃO DO TERMINAL MÓVEL	163
9.4 - DESCRIÇÃO DO SINAL MODULADOR DO <i>LINK</i> DE RETORNO.....	164
9.5 - DENSIDADE DE POTÊNCIA DO <i>LINK</i> DE RETORNO.....	165
9.6 - DESCRIÇÃO DO SINAL MODULADOR DO <i>LINK</i> DE ENVIO.....	167
10 - O SISTEMA OMNISAT DA AUTOTRAC.....	169
10.1 - O QUE É O SISTEMA OMNISAT DA AUTOTRAC	169
10.2 - COMO FUNCIONA	169
10.3 - O SISTEMA OMNISAT NO MUNDO.....	170
10.4 - EVOLUÇÃO DO SISTEMA	170
10.5 - AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	171
10.6 - ESTRUTURA FISICA	172
11 - O MERCADO DA AUTOTRAC E SEUS NÚMEROS.....	174
11.1 - OS TIPOS DE MERCADO.....	175
11.1.1 - Mercado tradicional	175
11.1.2 - Mercado especial	175
11.2 - CLIENTES E CASOS DE SUCESSO	177
11.2.1 - <i>Cases Transportadoras</i>	178
11.2.1.1 - Atlas Transportes.....	178
11.2.1.2 - DM transporte e logística internacional - Eldorado do Sul/RS.....	179
11.2.1.3 - Vicunha	179
11.2.1.4 - Marbo Logística Integrada	180
11.2.1.5 - Expresso Figueiredo - Belo Horizonte/MG	180
11.2.1.6 - Jolivan Transportadora.....	181
11.2.1.7 - Ouro Verde Transporte e Locação Ltda. - Ponta Grossa/PR	182
11.2.2 - <i>Cases Indústrias</i>	182
11.2.2.1 - Bergamaschi - Chapecó/SC.....	182
11.2.2.2 - Procter & Gamble - São Paulo/SP.....	182
11.2.3 - <i>Cases Cargas Frigorificadas</i>	183
11.2.3.1 - Grupo Friboi - Regiões Centro-Oeste e Sudeste.....	183
11.2.4 - <i>Cases Distribuidoras de Combustíveis</i>	184
11.2.4.1 - Simarelli Distribuidora de Derivados de Petróleo Ltda. - Cuiabá/MT ...	184

11.2.5 - Cases Petroquímicas	184
11.2.5.1 - Braskem.....	184
11.2.6 - Cases gases industriais	185
11.2.6.1 - White Martins - Rio de Janeiro/RJ.....	185
11.2.7 - Cases empresas de navegação.....	185
11.2.8 - Cases ferrovias	186
11.2.8.1 - América Latina logística	187
11.2.8.2 - Ferrovia Centro-Atlântica (FCA).....	188
11.2.9 - Cases operadores logísticos.....	189
11.2.9.1 - Cotia Penske Logistics	189
11.2.10 - Cases Utilities.....	190
11.2.10.1 - CEB (Companhia Energética de Brasília) - Brasília/DF.....	190
11.2.10.2 - CEMIG.....	191
11.2.11 - Cases governo.....	192
11.2.11.1 - Zefaz-AM.....	192
11.2.11.2 - Secretaria de Segurança Pública e Defesa da Cidadania do Ceará	193
11.3 - GERENCIAMENTO LOGÍSTICO.....	195
11.3.1 - O que é gerenciamento logístico.....	195
11.3.2 - Características de gerenciamento logístico	195
11.3.3 - Vantagens operacionais do gerenciamento logístico	196
11.3.4 - Vantagens financeiras do gerenciamento logístico.....	196
11.4 - GERENCIAMENTO DE RISCO.....	197
11.4.1 - O que é gerenciamento de risco.....	197
11.4.2 - Características do gerenciamento de risco.....	197
12 - A TECNOLOGIA	198
12.1 - TECNOLOGIA CDMA.....	199
12.2 - SATÉLITE BrasilSAT/PanAmSAT.....	199
12.3 - GPS.....	200
12.4 - CENTRAL DE COMUNICAÇÃO (HUB)	200
12.5 - COMO FUNCIONA A TECNOLOGIA AUTOTRAC.....	201
12.6 - ELETRÔNICA EMBARCADA	202
12.6.1 - O MCT.....	202
12.7 - PRINCIPAIS ACESSÓRIOS DISPONÍVEIS COMERCIALMENTE	203

12.7.1 - OBC	203
12.7.2 - Sensores	204
12.7.2.1 - Sensor de ignição	204
12.7.2.2 - Sensor de velocidade	204
12.7.2.3 - Sensor de violação do sistema.....	205
12.7.2.4 - Sensor de porta do baú	205
12.7.2.5 - Sensor de temperatura	205
12.7.3 - Atuadores	205
12.7.3.1 - Bloqueio do veículo	206
12.7.3.2 - Trava do baú.....	206
12.7.3.3 - Sirenes	206
12.7.3.4 - Imobilizador de veículo.....	206
12.7.3.5 - Chave de portas	206
12.7.3.6 - <i>Code</i>	206
12.7.3.7 - Kit acionamento para válvulas de tanque de combustível	206
12.7.4 - Periféricos.....	207
12.8 - SOFTWARE INTELIGENTE.....	207
13 - PRODUTOS E SERVIÇOS AUTOTRAC.....	208
13.1 - CATEGORIAS DOS PRODUTOS E SERVIÇOS AUTOTRAC	208
13.1.2 - Autotrac Satélite.....	209
13.1.2.1 - Vantagens	209
13.1.3 - Autotrac Caminhoneiro.....	210
13.1.3.1 - Vantagens	211
13.1.3.2 - Site Autotrac Caminhoneiro.....	212
13.1.4 - Autotrac Frotista.....	213
13.1.4.1 - Características permitidas	214
13.1.4.2 - Vantagens para o frotista.....	215
13.1.5 - Autotrac Celular	216
13.1.5.1 - Características	217
13.1.5.2 - Vantagens	217
13.1.5.3 - Diferenciais do Autotrac celular	217
13.1.5.4 - Topologia da rede de comunicação de dados	218
13.1.5.5 - Principais características técnicas.....	219

13.1.6 - Autotrac Dtaxi.....	219
13.1.6.1 - Principais ganhos que as cooperativas têm ao utilizar o Autotrac Dtaxi	221
13.1.7 - Autotrac Auto.....	222
13.1.7.1 - Diferenciais.....	223
13.2 - PRODUTOS – <i>HARDWARE</i> – EQUIPAMENTOS EMBARCADOS.....	223
13.2.1 - Descrição do <i>hardware</i> do terminal móvel satelital - MCT	223
13.2.1.1 - Evoluções do MCT	224
13.2.1.2 - MCT comum	224
13.2.1.3 - MCT IGPS	225
13.2.1.4 - MCT Banda C	225
13.2.1.5 - MCT Banda Ku	226
13.2.2 - Especificações da caixa preta	226
13.2.2.1 - Especificações da caixa preta comum:.....	226
13.2.2.2 - Especificações caixa preta IGPS	227
13.2.3 - Antena de comunicação	228
13.2.3.1 - Antena comum	228
13.2.3.2 - Antena IGPS.....	229
13.2.3.3 - Antena IMCT banda Ku	230
13.2.4 - Terminal	230
13.2.4.1 - Características	230
13.2.4.2 - Terminal DU	231
13.2.4.3 - Terminal EDU	232
13.2.5 - Receptor de GPS.....	232
13.2.5.1 - Utilização do GPS	233
13.2.6 - Botão de pânico.....	234
13.2.6.1 - Funcionalidade	234
13.2.7 - <i>Pager</i>	234
13.2.7.1 - Funcionalidade	235
13.2.8 - OBC – <i>On board computer</i> ou computador de bordo.....	235
13.2.8.1 - Topologia da rede do OBC.....	236
13.2.8.2 - Finalidade	236
13.2.8.3 - Versões do OBC.....	237
13.2.9 - Descrição do <i>hardware</i> do terminal móvel Autotrac celular	241

13.2.10 - Descrição do <i>hardware</i> do terminal móvel Autotrac Auto.....	242
13.3 - PRODUTOS - <i>HARDWARE</i> – ACESSÓRIOS EMBARCADOS	243
13.3.1 - Descrição dos acessórios embarcados - Sensores.....	243
13.3.1.1 - Sensor de ignição	243
13.3.1.2 - Sensor de velocidade	243
13.3.1.3 - Sensor de RPM.....	244
13.3.1.4 - Sensor de violação de sistema.....	244
13.3.1.5 - Sensor de porta do báu	245
13.3.1.6 - Sensor de temperatura	245
13.3.1.7 - Sensor de carona ou porta de cabine	246
13.3.1.8 - Sensor de desengate cavalo/carreta	246
13.3.1.9 - Sensor de chuva.....	246
13.3.2 - Descrição dos acessórios embarcados - Atuadores.....	247
13.3.2.1 - Bloqueio do veículo	247
13.3.2.2 - Trava porta de baú fracionados e frigorificada	247
13.3.2.3 - Chave de porta.....	248
13.3.2.4 - Code – Trava de 5ª roda	248
13.3.2.6 - Acionamento de alarmes e sirenes	253
13.3.2.7 - Módulo de voz.....	253
13.3.2.8 - Imobilizador de freio	253
13.3.3 - Módulo refrigerador.....	254
13.3.4 - Kit móvel satelital	254
13.4 - SERVIÇOS	256
13.4.1 - Instalação.....	256
13.4.1.1 - Área para instalação	257
13.4.2 - Pós-vendas	258
13.4.3 - Serviço de Atendimento ao Cliente (SAC)	259
13.4.4 - <i>Hotline</i> - 0800 70 12345	259
13.4.5 - Serviço de Atendimento Externo (SAE)	259
13.4.6 - Web Services	259
13.4.6.1 - Site oficial	260
13.4.6.2 - Treinamento	260
13.4.6.3 - <i>Home office</i>	263
13.4.6.4 - <i>Home office</i> caminhoneiro	263

13.4.6.5 - Mercado segurador	264
13.4.6.6 - Relacionamento com o investidor	264
13.4.6.7 - LogCenter	265
13.4.6.8 - Supervisor suporte	266
13.4.6.9 - O <i>software</i> supervisor <i>CLIENT</i>	267
13.4.6.10 - Supervisor web	270
13.4.6.11 - Supervisor telemetria	272
14 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	274
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	276

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Empresas detentoras de direito de exploração de satélites brasileiros [2].	13
Tabela 2.2 - Empresas detentoras de exploração de satélites estrangeiros.....	14
Tabela 2.3 - Faixas de frequência das bandas [3].....	15
Tabela 2.4 - Empresas detentoras de direito de exploração de satélites estrangeiros [2]....	16
Tabela 2.5 - Alocação de frequências.....	29
Tabela 2.6 - Informações sobre os satélites A1 e A2.	30
Tabela 2.7 - Sistemas de comunicação militar [1].....	42
Tabela 3.1 - Faixa de frequências utilizadas em comunicações via satélite.....	53
Tabela 3.2 - Roteamento de tráfego	58
Tabela 5.1 - Planilha utilizada no cálculo do <i>Throughput</i> de TDMA.	100
Tabela 6.1 - O desempenho de uma rede de acesso em CDMA usando um <i>transponder</i> de 36 MHz e chaveamento por mudança de fase binária (BPSK). Cada portadora tem a capacidade de um canal de telefone de 64 kbit/s.....	128
Tabela 6.2 - Planilha utilizada no cálculo do <i>throughput</i> de CDMA	130
Tabela 9.1 - Densidade de potência do <i>link</i> de retorno do sistema OmniTRACS.	166
Tabela 9.2 - Densidade de potência do <i>link</i> de envio do sistema OmniTRACS	168
Tabela 13.1 - Área de instalação da rede de autorizadas Autotracs.....	257

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Satélites como esferas refletoras passivas [1].....	6
Figura 2.2 - Tipos de antenas [1].....	17
Figura 2.3 - Fotos de satélites Brasilsat [1].....	19
Figura 2.4 - (a) e (b) – Regiões de maior intensidade de sinal de transmissão dos Satélites B1 e B2 sobre o Brasil.....	20
Figura 2.5 - Diagrama em bloco básicos de um <i>transponder</i> [5].....	23
Figura 2.6 - Diagrama em bloco simplificado do sistema de comunicação dos satélites A1 e A2 [5].....	24
Figura 2.7 - Faixas de <i>transponders</i> [5].	26
Figura 2.8 - Enlace de comunicação por satélite composto pelo enlace de subida e pelo enlace de descida [5].....	27
Figura 2.9 - O Mundo dividido em três regiões pela UIT, para se determinar as faixas de frequência [6].....	28
Figura 2.10 - Rede VSAT TDM/TDMA Típica [9].....	35
Figura 2.11 - Rede VSAT DAMA/SCPC Típica [9].....	38
Figura 2.12 - Atenuação em espaço livre para satélites geo-estacionários [14].....	48
Figura 2.13 - Posição da estação terrena em relação ao satélite [14].....	49
Figura 2.14 - Perdas atmosféricas [14].....	50
Figura 3.1 - Rede de Comunicações [15].	52
Figura 3.2 - Plano de frequências [15].	52
Figura 3.3- Um canal do satélite cobrindo uma região visível do Brasil [15].....	54
Figura 3.4 - Roteamento de tráfego. (a) Uma portadora por enlace. (b) Uma portadora por estação transmissora [13].....	59
Figura 3.5 - O princípio do acesso múltiplo. (a) Acesso múltiplo por divisão de frequência (FDMA) [13].	61
Figura 3.6 – (b) Acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA) [13].	62
Figura 3.7 - (c) Acesso múltiplo por divisão de código (CDMA) [13].....	62
Figura 3.8 - Combinação dos três tipos fundamentais de acesso múltiplo dentro de tipos de acesso híbrido [13].	63

Figura 4.1 - Configurações de transmissões FDMA. (a) FDM/FM/FDMA [15].....	65
Figura 4.2 - Configurações de transmissões FDMA. (b) TDM/PSK/FDMA [15].....	66
Figura 4.3 - Configurações de transmissões FDMA. (c) SCPC/FDMA [15].....	67
Figura 4.4 - Sistema FDMA de 3 estações com roteamento “uma portadora por estação transmitindo” [15].	67
Figura 4.5- O espectro de um <i>transponder</i> FDMA e a interferência entre canais adjacentes [15].	68
Figura 4.6 - Produtos de intermodulação para o caso de 2 sinais sinusos (portadoras não-moduladas). (a) Amplitudes iguais, (b) e (c) Amplitudes desiguais [15].....	70
Figura 4.7- Características de transferência de um amplificador não-linear em operação multi-portadora [15].	71
Figura 4.8 - Espectro do ruído de intermodulação gerado por várias portadoras FDM/FM/FDMA [15].	72
Figura 4.9 - Variação de (C/No) IM como uma função de <i>back-off</i> e o número de portadoras [15].....	73
Figura 4.10 – Variação de (C/N ₀) _U , (C/N ₀) _D e (C/N ₀) _{IM} e (C/No) _T como uma função da entrada <i>back-off</i> IBO [15].....	75
Figura 4.11 - Eficiência de uma transmissão FDMA [15].	76
Figura 4.12 - Princípio básico da OFDM.	78
Figura 4.13 - Modulação em paralelo na OFDM usando Transformada Rápida de Fourier.	79
Figura 4.14 - Vetor de alocação OFDMA.	79
Figura 5.1 - Operação de uma rede de acordo com o princípio de acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA) [15].....	80
Figura 5.2 - Geração do <i>burst</i> . R_i = taxa do usuário (bit/s), R_b = taxa de informação do multiplex (bit/s) = $\sum R_i$, R = taxa em cada <i>burst</i> (bit/s), T_B = duração do <i>burst</i> (s), T_F = duração do <i>frame</i> (s) [15].	81
Figura 5.3 - Estrutura do <i>Frame</i> (Padrão INTELSAT/EUTELSAT) [15].	84
Figura 5.4 - Recepção do <i>burst</i> [15].	85
Figura 5.5- A evolução do volume ocupado pelo satélite geostacionário no curso de um período orbital (24h) [15].	88
Figura 5.6 - Transmissão do <i>burst</i> ao longo da <i>frame</i> ; cada estação n situa seu <i>burst</i> ao nível do satélite com um atraso d_n ($n = 1,2, \dots, N$) em relação ao <i>burst</i> de referência que	

define o começo da <i>frame</i> . A seta vertical na estação <i>n</i> indica o começo da <i>frame</i> em transmissão (SOTF _n) para esta estação [15].	89
Figura 5.7 - A relação do tempo entre o começo do SOTF _n da <i>frame</i> transmitida e o começo da SOFR _n da <i>frame</i> receptora [15].	90
Figura 5.8 - Sincronização de <i>loop</i> fechado; a estação <i>n</i> observa a posição do seu <i>burst</i> e, conseqüentemente, corrige o tempo de transmissão [15].	91
Figura 5.9 - Sincronização de <i>loop</i> aberto [15].	92
Figura 5.10 - A eficiência do sistema TDMA INTELSAT/EUTELSAT; o valor 100 % indicado para um único acesso corresponde à capacidade da portadora única que passa através do <i>transponder</i> , sendo transmitido continuamente [15].	96
Figura 5.11 - Estrutura do <i>frame</i> que é utilizado para o levantamento dos gráficos [15]. ..	98
Figura 5.12 - Taxa de Bit do <i>Frame</i> R = 100 Mbits/s	101
Figura 5.13 - Taxa de Bit do <i>Frame</i> R = 120,8 Mbits/s	101
Figura 5.14 - Taxa de Bit do <i>Frame</i> R = 150 Mbits/s	102
Figura 5.15 - Taxa de Bit do <i>Frame</i> R = 100, 120,8 e 150 Mbits/s	102
Figura 5.16 - Duração do <i>Frame</i> TF = 1 ms.....	103
Figura 5.17 - Duração do <i>Frame</i> TF = 2 ms.....	103
Figura 5.18 - Duração do <i>Frame</i> TF = 3 ms.....	104
Figura 5.19 - Duração do <i>Frame</i> TF = 4 ms.....	104
Figura 5.20 - Duração do <i>Frame</i> TF = 5 ms.....	105
Figura 5.21 - Duração do <i>Frame</i> TF = 1, 2, 3, 4 e 5 ms.....	105
Figura 5.22 - Num. de Bits no preâmbulo p = 250 bits	106
Figura 5.23 - Num. de Bits no preâmbulo p = 400 bits	106
Figura 5.24 - Num. de Bits no preâmbulo p = 560 bits	107
Figura 5.25 - Num. de Bits no preâmbulo p = 700 bits	107
Figura 5.26 - Num. de Bits no preâmbulo p = 850 bits	108
Figura 5.27 - Num. de Bits no preâmbulo p = 250, 400, 560, 700 e 850 bits	108
Figura 5.28 - Tempo guarda g = 30	109
Figura 5.29 - Tempo guarda g = 80	109
Figura 5.30 - Tempo guarda g = 128	110
Figura 5.31 - Tempo guarda g = 180	110
Figura 5.32 - Tempo guarda g = 230	111
Figura 5.33 - Tempo guarda g = 30, 80, 128, 180 e 230	111

Figura 6.1 - Seqüência direta (DS-CDMA), codificação NRZ e modulação PSK [15]....	115
Figura 6.2 - O espectro da portadora em DS-CDMA junto com o espectro que a portadora teria, se modulada pela mensagem $m(t)$ [15].....	117
Figura 6.3 - Salto de freqüência (<i>Frequency hopping</i>) (FH-CDMA) [15].....	120
Figura 6.4 - Distribuição espectral em FH-CDMA para $R_h \ll R_b$. [15].....	121
Figura 6.5 - Seqüência pseudo-aleatória. (a) Geração. (b) Função de autocorrelação. (c) Densidade espectral de potência [15].	123
Figura 6.6 - Uso de um registrador de deslocamento com “ <i>feedback</i> ” p/ gerar a seqüência PN 1110010 [15].	123
Figura 6.7 - Princípio básico de uma seqüência PN em um sistema de espalhamento espectral [15].	124
Figura 6.8 - O princípio de aquisição de código em um sistema DS-CDMA [15].	125
Figura 6.9 - O princípio do rastreamento de código em um sistema DS-CDMA [15].....	126
Figura 6.10 - <i>Throughput</i> CDMA.	131
Figura 6.11 - Sistema de Acesso Múltiplo por Divisão de Código em uma transmissão por espalhamento espectral [15].	131
Figura 7.1 - Comparação do <i>Throughput</i> para as diferentes técnicas de acesso múltiplo. Um <i>Throughput</i> de 100 % corresponde a capacidade considerando somente um acesso (uma única portadora dentro de um único <i>transponder</i>) [15].	134
Figura 7.2 - Ilustração da primeira camada de co-células para <i>cluster</i> com $N = 7$. Quando o móvel está localizado no limite de uma célula (ponto X), está sujeito ao pior caso de interferência co-canal no <i>link</i> direto. As distâncias do desenho foram obtidas por simples aproximações [15].	138
Figura 8.1 - O segmento espacial de satélites GPS.	142
Figura 8.2 - Satélite NAVSTAR.	142
Figura 8.3 - Determinação da Latitude, Longitude e Altura por triangulação.	146
Figura 8.4 - GPS Diferencial para levantamentos topográficos.	151
Figura 9.1 - Diagrama em blocos do sistema OmniTRACS.	160
Figura 9.2 - Diagrama em blocos do terminal móvel.	163
Figura 9.3 - OmniTRACS - Ganho da antena na transmissão (Azimute de corte).	166

Figura 9.4 - Densidade de potência do <i>link</i> de retorno do sistema OmniTRACS comparado com a referência para tráfego de entrada de dados nas redes tipo VSAT padrão FCC.....	167
Figura 9.5 - Máscara de coordenação para o <i>link</i> de envio OmniTRACS comparado com máscaras de coordenação de vídeo.....	168
Figura 10.1 - Demonstração gráfica do sistema OmniSAT.....	170
Figura 11.1 - Grandes clientes do mercado de transportes e logística, indústrias e grandes empresas de consumo e <i>utilities</i>	177
Figura 12.1 - Topologia da rede de comunicação OmniSAT.....	201
Figura 12.2 - O MCT.....	203
Figura 12.3 - Computador de Bordo.....	203
Figura 13.1 - Imagens do Site Caminhoneiro com tela inicial, pesquisa de veículos, consulta de mensagens e informações, histórico de contratações e opção de envio para contratação.....	213
Figura 13.2 - Site Autotrac Frotista.....	216
Figura 13.3 - Topologia de rede de comunicação de dados do Autotrac Celular.....	218
Figura 13.4 - <i>Software</i> de despacho de corridas do Dtáxi.....	222
Figura 13.5 - O MCT - Terminal de comunicação móvel.....	224
Figura 13.6 - O MCT Comum.....	224
Figura 13.7 - O MCT IGPS.....	225
Figura 13.8 - O MCT Banda C.....	225
Figura 13.9 - O MCT Banda Ku.....	226
Figura 13.10 - Caixa Preta Comum.....	227
Figura 13.11 - Caixa preta IGPS.....	228
Figura 13.12 - Antena Comum.....	229
Figura 13.13 - Antena IGPS.....	229
Figura 13.14 - Antena IMCT Banda Ku.....	230
Figura 13.15 - Terminal DU.....	231
Figura 13.16 - Terminal EDU.....	232
Figura 13.17 - A - Koden, B – Marconi, C - Talon e D – Trimble.....	233
Figura 13.18 - Botão de Pânico.....	234

Figura 13.19 – Pager.....	235
Figura 13.20 - Topologia da rede OBC e respectivos acessórios sensores e atuadores. ...	236
Figura 13.21 - O OBC – <i>On Board Computer</i> – Computador de Bordo.....	237
Figura 13.22 - O OBC Versão 01.....	238
Figura 13.23 - O OBC Versão 02.....	239
Figura 13.24 - OBC Versão 03.....	240
Figura 13.25 - O OBC Versão 04.....	241
Figura 13.26 - Terminal Dual – Autotrac Celular.	241
Figura 13.27 - Componentes básicos de comunicação formam produto Autotrac Celular.	242
Figura 13.28 - Componentes básicos de comunicação formam produto Autotrac Auto...	243
Figura 13.29 - Sensor de velocidade.	244
Figura 13.30 - Sensor de RPM.	244
Figura 13.31 - Sensor de porta de baú.....	245
Figura 13.32 - Sensor de temperatura.....	245
Figura 13.33 - Sensor de carona.	246
Figura 13.34 - Sensor de desengate.....	246
Figura 13.35 - Sensor de chuva.	246
Figura 13.36 - Bloqueador do veículo.....	247
Figura 13.37 - Trava de porta do baú.	248
Figura 13.38 - Chave de porta.	248
Figura 13.39 - O Code – Trava de 5ª roda.....	249
Figura 13.40 - 5ª Roda de uma carreta.	249
Figura 13.41 - Veículo tanque, painel de controle, escotilhas e válvulas de fundo.	250
Figura 13.42 - Instalação painel controle, sensores/travas escotilhas/válvulas de fundo..	251
Figura 13.43 - Válvula de fundo eletro-pneumática.....	252
Figura 13.44 - Sensor de escotilha instalado.	252
Figura 13.45 - Sirene.	253
Figura 13.46 - Imobilizador de freio.	253
Figura 13.47 - Instalação do módulo refrigerador.....	254
Figura 13.48 - Kit móvel satelital.....	255
Figura 13.49 - Itens do módulo principal - A - Antena de Comunicação, B - Suporte de fixação da antena de comunicação, C - Cabo para antena de comunicação, D - Terminal de dados, E - Cabo de Alimentação auxiliar e F - Cabo auxiliar de dados.....	255

Figura 13.50 - A - Baterias recarregáveis e B – Carregador de baterias.	256
Figura 13.51 - Site oficial da Autotrac (www.autotrac.com.br).....	260
Figura 13.52 - CVT – Centro Virtual de Treinamento.	262
Figura 13.53 - O Site <i>Home-Office</i>	263
Figura 13.54 - Site <i>Home-Office</i> Caminhoneiro.....	264
Figura 13.55 - Site Autotrac Mercado Segurador.	264
Figura 13.56 - Site Autotrac Relacionamento com o Investidor.	265
Figura 13.57 - A Plataforma operacional LogCenter.	265
Figura 13.58 - Telas do acompanhamento e detalhes da Viagem.	266
Figura 13.59 - Tela do site Supervisor suporte.....	267
Figura 13.60 - Tela do Supervisor WEB.	270
Figura 13.61 - Telas do Supervisor WEB - Tela inicial, relatório de posições, histórico de mensagens de retorno e mapa.	272

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

A	- Intensidade de tráfego ou carregamento resultante
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	- Autotracc Caminhoneiro
<i>Acel</i>	- Área de cada célula
ACK	- <i>Acknowledgment</i>
ALL	- América Latina Logística
AM	- Amplitude Modulada
AM-DSB	- <i>Amplitude Modulation – Double-sideband</i>
AM-SSB	- <i>Amplitude Modulation – Single-sideband</i>
ANASPA	- <i>National Space Development Agency of Japan</i>
AOR	- <i>Atlantic Ocean Region</i>
AOR-E	- <i>Atlantic Ocean Region – East</i>
AOR-W	- <i>Atlantic Ocean Region – West</i>
ARABSAT	- <i>Arab Satellite Communications Organization</i>
AS	- <i>Selective Availability</i>
ASK	- <i>Amplitude Shift Keying</i>
ATM	- <i>Asynchronous Transfer Mode</i>
BC	- Largura de faixa equivalente por canal
BER	- <i>Bit Error Rate</i>
B _n	- Largura de Banda do Receptor
Bps	- Bits por segundo
BPSK	- <i>Binary Phase Shift Keying</i>
BSC	- <i>Binary Synchronous Communication</i>
B _t	- Largura de faixa total de transmissão ou recepção
C	- Número de canais de comunicações providos
C/A	- <i>Coarse Acquisition</i>
CAC	- Central de Atendimento ao Consumidor
CD	- Centro de Distribuição
CDC	- Canal de controle e atraso
CDMA	- <i>Code Division Multiple Access</i>
CEB	- Companhia Energética de Brasília

CEMIG	- Companhia Energética de Minas Gerais
CFN	- Companhia Ferroviária do Nordeste
CIOPS	- Centro Integrado de Operações de Segurança
CORD	- Centros de Operação Regional de Distribuição
CVT	- Centro Virtual de Treinamento
Cxy	- Capacidade igual ao número de canais telefônicos produzidos
D	- Atraso médio previsto para toda/qualquer chamada em um sistema
DAMA	- <i>Demand Assigned Multiple Access</i>
dBi	- Ganho da antena em Decibéis
dBm	- Nível de potência do transmissor em Decibéis
dBw	- Unidade em Decibéis da Potência Isotrópica Irradiada Efetiva
DC	- <i>Direct Current</i>
DFS	- Densidade Fluxo de Saturação
DGPS	- GPS Diferencial
DIAT	- Departamento de Instalação e Assistência Técnica
D_1	- Distância da 1-ésima célula da interferência ao aparelho celular
DS	- <i>Direct Sequency</i>
DSI	- Interpolação digital da fala
DSSS	- <i>Direct Sequency Spread Spectrum</i>
DTH	- <i>Direct to Home</i>
EB	- Energia de Bit
ECT	- Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos
EGNOS	- <i>Euro Geostationary Navigation Overlay Service</i>
EHF	- <i>Extremely High Frequency</i>
EIRP	- Potência Isotrópica Irradiada Efetiva
EMBRATEL	- Empresa Brasileira de Telecomunicações
EMI	- <i>Electromagnetic Interference</i>
ERB	- Estação Rádio Base
ET	- Estação Terrena
EUTELSAT	- <i>European Satellite System</i>
FCA	- Ferrovia Centro Atlântica
FCC	- <i>Federal Communication Commission</i>
FDM	- <i>Frequency Division Multiplexing</i>
FDMA	- <i>Frequency Division Multiple Access</i>

FEC	- <i>Forward Error Correction</i>
FH	- <i>Frequency Hopping</i>
FHSS	- <i>Frequency Hopping Spread-Spectrum</i>
FI	- Freqüência Intermediária
FIM	- Produtos de Intermodulação
FM	- Freqüência Modulada
FPF	- Filtro passa faixa
FSA	- Ferrovia Sul Atlântico
FSK	- <i>Frequency Shift Keying</i>
G	- Ganho
GEIPOT	- Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
GEO	- <i>Geostationary Earth Orbit</i>
GoS	- Grau de serviço
GPS	- <i>Global Position System</i>
GSM	- <i>Global System for Mobile Communications</i>
HF	- <i>High Frequency</i>
HUB	- Estação central de grande porte
I	- Potência de cada canal
I_0	- Intensidade de referência
I_1	- Potência de cada célula no sinal desejado
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Amambiente e dos Recursos Naturais
Renováveis	
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
IBO	- <i>Input Back-off</i>
INMARSAT	- <i>International Mobile Satellite Organization</i>
Inmet	- Instituto Nacional de Meteorologia
INTELSAT	- <i>International Telecommunications Satellite</i>
INTERSPUTNIK	- <i>International System and Organization of Space Communications</i>
IOR	- <i>Indian Ocean Region</i>
J	- Número de canais por célula
k	- Total de canais
Lat	- Latitude
LEO	- <i>Low Earth Orbit</i>
LLEO	- <i>Little Low Earth Orbit</i>

Long	- Longitude
LORAN	- <i>Long Range Navigation</i>
LPF	- Filtro passa-baixa
LPI	- <i>Low Probability of Interception</i>
MCPC	- <i>Multiple Channel Per Carrier</i>
MCT	- <i>Mobile Communication Terminal</i>
MSAS	- <i>Multi-functional Satellite Augmentation System</i>
MSS	- <i>Mobile Satellite Service</i>
N	- Número de estações
N0	- Nível de ruído
N ₁	- Número de células interferindo no sinal desejado
NAVSTAR-GPS	- <i>Navigation Satellite with Time and Ranging – Global Positioning System</i>
Nmáx	- Número de Máximo de Acessos
NMF	- <i>Network Management Facility</i>
NRZ	- <i>Non Return to Zero</i>
O.S.	- Ordem de Serviço
OBC	- <i>On Border Computer</i>
OBO	- <i>Output Back-off</i>
OmniSAT	- Marca comercial Autotrac Comércio e Telecomunicações S.A.
OmniTRACS	- Marca Comercial da <i>Qualcomm Incorporated</i>
PCN	- <i>Personal Communication Networks</i>
PDCA	- <i>Plan Do Check Action</i>
Pi n	- Potência de uma portadora (de 'n') na entrada do amplificador em operação multiplicadora
Pi ¹	- Potência da Portadora na entrada do amplificador
PIB	- Produto Interno Bruto
PM	- <i>Phase Modulation</i>
PN	- <i>Pseudo Noise</i>
Po IMX	- Potência do produto de intermodulação de ordem "X" na saída do amplificador em operação multi-portadora
Po n	- Potência de uma portadora (de 'n') na saída do amplificador em operação multiplicadora

P_o^1	- Potência da Portadora na saída do amplificador (o=saída) em operação com uma única portadora
POR	- <i>Pacific Ocean Region</i>
PPS	- <i>Precise Positioning System</i>
PRN	- <i>Pseudo-Random Code</i>
PSK	- <i>Phase Shift Keying</i>
QoS	- Qualidade de serviço
Qualcomm	- <i>Quality Communications</i>
R	- Capacidade de transferência total da rede
r	- Distância entre o aparelho celular do usuário e a estação rádio-base
R _b	- Capacidade de cada portadora
R _b	- Taxa de informação do multiplex
RB ₁	- <i>Burst</i> de referência da estação 1
R _c	- Taxa de Chip
R _{call}	- Número de chamadas por unidade de tempo
RF	- Rádio Frequência
RG	- Registro Geral
R _i	- Taxa do usuário
RPM	- Rotações por minuto
S	- Potência do sinal
S/A	- <i>Selective Availability</i>
SAE	- Serviço de Atendimento Externo
S-Aloha	- <i>Aloha</i> Segmentado
sat	- Valor de quantidade considerado na saturação
SBTS	- Sistema Brasileiro de Telecomunicações por Satélite
SC	- <i>Service Channel</i>
SCPC	- <i>Single Channel Per Carrier</i>
SDLC	- <i>Synchronous Data Link Control</i>
SHF	- <i>Super High Frequency</i>
SIDM	- Sistema Informatizado DM
SISCOMIS	- Sistemas de Comunicações Militares por Satélite
SOTFn	- Começo da transmissão do <i>frame</i>
SPS	- <i>Standard Positioning System</i>
SSMA	- <i>Spread Spectrum Multiple Access</i>

SSPDC-CE	- Secretaria de Segurança Pública e Defesa da Cidadania do Ceará
T_B	- Duração do <i>burst</i>
TBx	- <i>Burst</i> de tráfego da estação x
Tcall	- Duração de uma comunicação
TDM	- <i>Time Division Multiplexing</i>
TDMA	- <i>Time Division Multiple Access</i>
T_F	- Duração do <i>frame</i>
<i>Throughput</i>	- Eficiência de uma transmissão em acesso múltiplo
TMS	- <i>Transportation Management System</i>
TR1	- <i>Transponder 1</i>
TR3	- <i>Transponder 3</i>
TVRO	- <i>Television Receive Only</i>
T_{xy}	- Demanda de transferência de informações estação x para estação y
UCC	- Unidade de Comunicação Celular
UCV	- Unidade de Comunicação Veicular
UHF	- <i>Ultra High Frequency</i>
UIT	- União Internacional de Telecomunicações
URSS	- União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
USB	- <i>Universal Serial Bus</i>
USSR	- União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
UW	- Palavra única
VSAT	- <i>Very Small Aperture Terminal</i>
WAAS	- <i>Wide Area Augmenttation System</i>
Γ	- Eficiência espectral da modulação

1 - INTRODUÇÃO

Falar sobre telecomunicações remete a um passado distante onde a comunicação sempre desempenhou um papel fundamental na evolução do mundo. Mas o mundo evoluiu muito, principalmente nas últimas décadas do século passado. As aplicações dos sistemas de telecomunicações também vêm evoluindo na mesma velocidade, desde que técnicas e métodos de acesso, que antes eram conhecidas somente no meio militar, se tornaram objeto de estudo no meio acadêmico e se tornaram usuais.

Esse é o caso do método de acesso FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), o qual permite a comunicação entre vários usuários ao mesmo tempo, dividindo o espectro em frequências, do TDMA (*Time Division Multiple Access*), que cede o meio de comunicação por um pequeno intervalo de tempo para cada usuário, e do CDMA (*Code Division Multiple Access*), onde todo o espectro de frequências está disponível a todos, por todo o tempo, porém separando os usuários através de um código que é misturado aos sinais dos mesmos.

Diante desse cenário a indústria de telecomunicações crescia, os países se integravam comercialmente, porém os continentes não se integravam, devido ao alto custo envolvido na interligação dos mesmos. Então surgiram os satélites, para cobrir exatamente essa lacuna que precisava desaparecer.

Com essa rápida evolução, as pesquisas e desenvolvimentos se acentuavam no campo das comunicações móveis. Surgiram então os telefones móveis e a rede celular, sendo primeiramente analógica e posteriormente digital. Em um intervalo de pouco mais de 10 anos, tornou-se impossível imaginar uma sociedade sem telefone celular.

Hoje, somente se comunicar não é o suficiente, mas a mobilidade (capacidade de se locomover e usar dispositivos que são operados a distância e sem fio) surge como um novo conceito em comunicações móveis e se torna algo essencial à comunicação do homem e a própria evolução tecnológica. É preciso se comunicar em qualquer lugar, a qualquer hora, de qualquer forma, trocando qualquer informação em todas as direções e volumes

necessários. Estamos no mundo globalizado, onde a integração de informações é decisória nos processos e na alta competitividade envolvida no mundo dos negócios.

Tal cenário de mobilidade e tecnologia abre um leque de oportunidades nunca imaginado anteriormente. É aqui que se encontra o principal objetivo desse trabalho que é apresentar a aplicação comercial do sistema OmniTRACS da americana Qualcomm Incorporated, batizado no Brasil com o nome OmniSAT, que é propriedade da Autotrac Comércio e Telecomunicações S/A, a qual utiliza terminais com comunicação móvel satelital. Inicia-se o estudo apresentando as técnicas fundamentais de acesso múltiplo FDMA, TDMA e CDMA em sistemas via satélites, evoluindo no assunto através da análise comparativa dessas técnicas onde se avaliou comparativamente suas vantagens e eficiência, e contribuindo com simulações da variação dos valores em um exemplo de cálculo do *throughput*, levantando-se dados e gráficos analíticos. Apresenta-se aqui também a aplicação do sistema de comunicação móvel da Autotrac utilizando como meio de comunicação as redes celulares atualmente existentes. Tais sistemas, nos meios satelital e celular, implementam segurança e logística apurada ao mercado de transportes e comunicação bidirecional com possibilidade de consultas a banco de dados nos ambientes móveis, desde empresas privadas até órgãos governamentais, empresas de energia elétrica e semelhantes, conhecidas como *utilities*.

No capítulo 2 faz-se uma introdução aos sistemas de comunicações satelitais. No capítulo 3 apresentam-se as definições preliminares às leis de tráfego, interferências entre canais, o roteamento de tráfego das informações e o princípio do acesso múltiplo. No capítulo 4 aprofunda-se o estudo na técnica de acesso múltiplo por divisão de frequência (FDMA) e apresenta-se o *Throughput* de FDMA. No capítulo 5 discute-se a técnica de acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA), apresenta-se o *Throughput* de TDMA com um exemplo prático, levantando-se os gráficos e analisando o *throughput* a partir da variação dos valores na estrutura do *frame* TDMA padrão Intelsat/Eutelsat. No capítulo 6 estuda-se a técnica de acesso múltiplo por divisão de código (CDMA), da transmissão em seqüência direta à geração dos códigos pseudo-aleatórios, aquisição da seqüência e rastreamento. Também se apresenta o *Throughput* de CDMA e simula-se a variação dos valores em um exemplo de cálculo do *throughput*, levantando-se dados e gráficos analíticos. No capítulo 7 faz-se a comparação analítica entre os sistemas de acesso múltiplos estudados (FDMA, TDMA e CDMA), apresentando as vantagens, eficiência e gráficos de *throughput*. No

capítulo 8 descreve-se a fundamentação teórica do sistema de posicionamento global GPS, seu funcionamento, influências no meio, erros, exatidões e tipos de equipamentos.

A partir do capítulo 9 descreve-se o sistema OmniTRACS da Qualcomm, o terminal móvel e os *links* de envio e retorno. No capítulo 10 apresenta-se o sistema OmniSAT da Autotrac, a topologia da rede de dados, características e evolução. No capítulo 11 dá-se uma visão geral do mercado da Autotrac e seus números incluindo os casos de sucessos em clientes. No capítulo 12 fundamenta-se a tecnologia utilizada pelo sistema OmniSAT. No capítulo 13 apresenta-se um estudo completo dos produtos e serviços oferecidos pela Autotrac. Finalmente, no capítulo 14, consolida-se a conclusão final do trabalho e são indicados pontos possíveis de continuidade de pesquisas futuras.

2 - INTRODUÇÃO AOS SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES SATELITAIS

2.1 - BREVE HISTÓRICO DAS COMUNICAÇÕES SATELITAIS

Após a Segunda guerra mundial, houve uma enorme demanda de comunicações, principalmente entre EUA e Europa. Nesta época, a indústria de telecomunicações crescia e investia pesadamente no desenvolvimento de novas técnicas e equipamentos. Nos países europeus e nos EUA, as comunicações eram intensas (no caso europeu, já eram internacionais). Os países da Europa se integravam comercialmente, via telecomunicações, enquanto os EUA estavam ficando isolados. Os únicos meios de transmissão de longa distância que existiam entre os continentes eram: o rádio-HF, cuja propagação é ionosférica, o rádio-enlace em visibilidade e os cabos metálicos (submarinos) [1].

- **Rádio-HF:** utiliza a reflexão na ionosfera. A propagação em HF era utilizada para cobrir grandes distâncias, porém apresentava dois grandes limitadores: a variação constante das condições de propagação e, conseqüentemente, da qualidade das ligações e a faixa bastante limitada, que impossibilitava a transmissão de grandes entroncamentos telefônicos e de sinais de faixa mais larga, como TV, por exemplo. O rádio HF apresentava baixa capacidade, má qualidade e péssima confiabilidade. Baixa capacidade, porque se admite na faixa propagável, somente 4 a 6 canais de voz, em FDM por AM-DSB ou AM-SSB; baixa qualidade devido aos caprichos naturais da ionosfera, que provocam desvanecimento total ou seletivo. Para transmissões telegráficas automáticas, estes fenômenos eram destrutivos, obrigando a repetições inconvenientes das mensagens ou espera de melhores condições de propagação; péssima confiabilidade porque ou se davam as condições acima citadas, ou as comunicações eram interrompidas por longas horas (ou até dias), devido às condições ionosféricas;
- **Rádio-enlace em visibilidade:** utilizados em rotas terrestres com alcance limitado. Os enlaces em microondas, por exemplo, permitem escoar grande canalização (banda larga), porém apresentam alcance limitado a cerca de 50 km (devido à curvatura da Terra);

- **Cabos metálicos:** muito utilizados em aplicações submarinas, os cabos apresentam sérias limitações nos casos de aplicações multiponto; sendo também vulneráveis a danos físicos intencionais ou acidentais, além do reparo ser, em geral, caro e demorado (em especial no caso de cabos submarinos transoceânicos). Porém o cabo submarino apresentava muito mais qualidade, confiabilidade e capacidade de transmissão que o rádio.

Assim, os satélites conseguiram cobrir uma lacuna existente, provendo, como repetidor ativo no espaço visível em vasta extensão territorial, uma ampla gama de serviços. A primeira grande vantagem do satélite em comunicações ponto a ponto (em particular comunicações intercontinentais), foi a conexão de duas estações distantes, sem repetidores em terra. Além disto, os sistemas de comunicação por satélite se mostraram bastante adequados às redes ponto - multiponto e a diversas outras aplicações, em função da grande flexibilidade de cobertura, conectividade, canalização e configuração de rotas oferecidas.

Principalmente nos EUA, a demanda pelas comunicações internacionais pressionava o Governo, empresas, cientistas e engenheiros a darem uma rápida solução ao problema.

Grandes laboratórios privados e de grandes universidades se empenhavam na busca de novos meios de transmissão. A instalação de muitos cabos submarinos, para atender a crescente demanda, resultaria em investimentos que encareceriam as comunicações, face aos preços internacionais europeus. Novamente o esforço de guerra veio em auxílio.

2.2 - UM SONHO FUTURISTA

Em 1926, um físico americano, Robert Hutchings Goddard, lançou um pequeno foguete de combustível líquido. Segundo os americanos, Goddard, em 1926, abriu caminho para a era espacial. Mas, durante a segunda Guerra Mundial, os alemães se destacaram na invenção, construção e utilização de foguetes (infelizmente para fins bélicos). Wernher Von Braun, cientista alemão, foi para os EUA no fim da guerra e continuou com o desenvolvimento, agora de grandes foguetes, que podiam levar cargas apreciáveis a grandes alturas, no início da década de 1950 [1].

A imaginação corria solta nesses “anos dourados”. Escritores de ficção científica se ligavam a laboratórios de pesquisa de ponta, na busca de inspiração para suas histórias. Um deles, Arthur C. Clark, em uma de suas publicações (1945), sugeriu e previu exatamente os modernos satélites para telecomunicações. Para Clark, para cobrir as grandes distâncias, bastariam 3 satélites geoestacionários cobrindo todo o globo terrestre, que descreveriam órbitas equatoriais circulares em torno da Terra com período de 24 horas, de modo a acompanhar o movimento de rotação da Terra sincronamente. Assim, para um observador parado na superfície da Terra, o satélite pareceria imóvel. Ele detalhou em quais pontos da Terra seria possível o lançamento, detalhou o próprio lançamento e a que altitude deveria ficar o satélite, de modo a permanecer parado no céu. Descreveu também as estações de terra para a comunicação via satélite, dentre outras informações [1].

2.3 - OS PIONEIROS

Os satélites começaram a ser lançados, sendo o *Sputnik* russo um pioneiro lançado em 1957. A reação americana foi imediata, lançando os primeiros satélites como esferas refletoras passivas, ver Figura 2.1, do sinal de rádio.

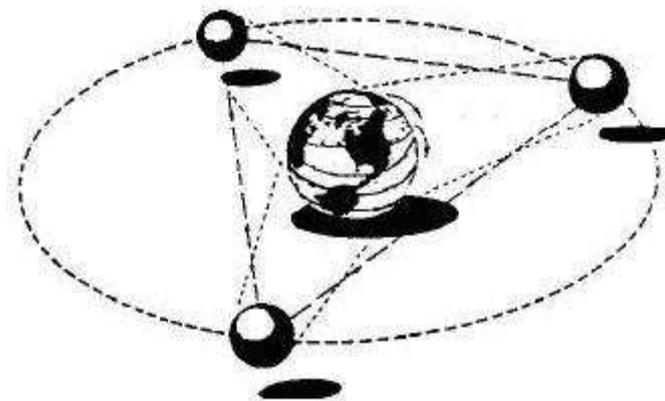


Figura 2.1 - Satélites como esferas refletoras passivas [1].

Em seguida apareceram os satélites ativos, destacando-se o *Early Bird* (INTELSAT I) lançado em 1965, como primeiro satélite de comunicações comerciais usado para transmitir ao vivo imagens da missão Apollo 11. Logo após foi lançado o INTELSAT II em 1967 e uma série deles nos anos seguintes. Com o lançamento do *Early Bird*, as empresas de cabos submarinos tentaram bloquear os satélites, até junto ao governo americano.

Com a baixa dos custos astronômicos dos primeiros satélites, eles puderam competir comercialmente com estes cabos. A transmissão de TV intercontinental foi um golpe fatal nos cabos submarinos, que não podiam transmitir tal faixa de frequências.

Antes de 1963 os satélites eram de baixa altura e percorriam o céu, de horizonte a horizonte em pouco tempo. Isto não era satisfatório para as comunicações, as quais só seriam possíveis enquanto o satélite fosse visível. Necessário seria parar o satélite no céu. Logo chegaram as duas condições, já conhecidas desde o tempo de Newton:

- 1- A força com que a Terra atrai o satélite deve ser equilibrada pela reação à força centrífuga, provocada pelo movimento de translação do satélite ao redor da Terra;
- 2- O movimento de translação do satélite tem de acompanhar o movimento de rotação da Terra, de tal forma que ele fique sempre sobre o mesmo ponto da superfície do planeta.

Estas duas condições são satisfeitas a uma altitude de 35.800 km onde se deve estabelecer a órbita circular de um satélite estacionário também denominado de “geoestacionário”.

Atualmente cerca de 7.500 satélites orbitam a Terra. Alguns, geoestacionários (36.000 km de altura) para telecomunicações (repetidores de sinal que fornecem serviços de: sinais de comunicação, difusão de TV, telefonia, telex, redes de dados, navegação, etc.) e, outros (a maioria), são de baixa altitude (200 km à 20.000 km) que servem para diversos propósitos, como alguns abaixo:

- Satélites de sensoriamento remoto, que coletam dados da superfície da Terra, onde se incluem solo, água, vegetação, rochas e combinações destes;
- Satélites de observação astronômica, utilizados na pesquisa do espaço exterior;
- Satélites militares, geralmente utilizados com objetivos secretos;
- Satélites espões, que mudam sua órbita constantemente e que podem distinguir objetos na superfície terrestre com 25 cm de comprimento, através de lentes especiais. Isto significa que podem ler as manchetes de um jornal;
- Satélites meteorológicos, para monitoramento da atmosfera, que fotografam nuvens, detectam a formação de furacões, chuvas, ventos, etc.;

- Satélites de observação que detectam, por sensores infravermelhos, o lançamento de mísseis, espaçonaves, tráfego aéreo, queimadas, etc.;
- Satélites de prospecção, que através de sensores próprios detectam petróleo e diversos tipos de minerais;
- Satélite de posicionamento, como o GPS (*Global Position System*), que fornece a posição exata de um receptor, sendo sensível a uns 2 metros de mudança desta posição;

2.4 - CRONOLOGIA DO USO DE SATÉLITES EM COMUNICAÇÕES

A seguir são apresentados os principais marcos na história das comunicações por satélite:

1957 - Lançamento do satélite artificial soviético Sputnik I (não era na verdade um satélite de comunicações, na medida em que não retransmitia mensagens, apenas transmitia mensagens pré-gravadas na direção Espaço - Terra);

1960 - Lançamento dos satélites-balão ECHO I e II (USA). Eram repetidores passivos, que permitiam a comunicação entre estações terrenas na faixa de 1 e 2,5 GHz, através da reflexão na superfície metalizada (plástico *mylar* coberto com fina camada de alumínio) de um balão de 30m de diâmetro colocado em órbita circular de 1.600 km.

Problema: alta potência de transmissão necessária nas estações em terra;

1960 - Primeiras experiências com satélites repetidores ativos: Courier, em 2 GHz, órbita de 1000 km;

1962 - Lançamento dos primeiros satélites operando na banda C (6/4GHz), ainda em órbitas de baixa altitude (TELSTAR - I e RELAY - I).

Obs.: A esta época já existia tecnologia para colocar artefatos em órbita síncrona, porém considerava que o atraso envolvido (aproximadamente 0,25 s por salto) seria inaceitável;

1963 - Lançamento do primeiro satélite geoestacionário (300 circuitos telefônicos ou uma portadora de TV) SYCOM II;

1964 - Grande impulso em comunicações via satélite: criado o INTELSAT (*International Telecommunications Satellite Consortium*) pelo governo de vários países, para gerenciar uma constelação de satélites de comunicação e prover serviços de teledifusão, foi privatizada em 18 de julho de 2001. Nos anos 60 foi a pioneira no fornecimento deste então nascente serviço de transmissão de imagens televisivas e telefonia;

1965 - Lançamento do *Early Bird* (INTELSAT I), primeiro satélite geoestacionário comercial (240 circuitos telefônicos ou 1 canal de TV; antena com feixe toroidal; 1,5 anos de vida útil);

1965 - Lançamento do MOLNYA - I, soviético, um satélite em órbita elíptica, não geoestacionário;

1967 - Lançamento do INTELSAT II (240 circuitos telefônicos + 1 canal de TV; ainda antena com feixe toroidal; 3 anos de vida útil);

1968-70 - INTELSAT III é lançado (1.500 circuitos telefônicos; 4 canais de TV; 5 anos de vida útil. Primeiro satélite com antenas “despun”, isto é, estacionárias em relação à Terra enquanto o corpo do satélite permanecia em rotação);

1971 - Lançamento do primeiro INTELSAT IV (7 anos de vida útil; 1.400 circuitos telefônicos, 2 canais de TV);

1971 - Estabelecimento da organização INTERSPUTINIK (USSR + 9 nações do bloco soviético);

1972 - Lançamento do ANIK I canadense, primeiro satélite doméstico no mundo ocidental;

1974 - Com o WESTAR I, iniciou-se as comunicações domésticas via satélite também nos USA;

1974 - Início das operações do Sistema Brasileiro de Comunicações via satélite (4 estações), utilizando o INTELSAT;

1974 - Lançamento do SYNPHONIE I: Francês, primeiro satélite geoestacionário estabilizado em 3 eixos;

1975 - INTELSAT IV-A: Reutilização de frequência por separação de feixes de cobertura (20 *transponders*, mais de 6.000 circuitos telefônicos + 2 canais de TV);

1975 - Lançamento do primeiro satélite geoestacionário soviético (STATSIONAR);

1976 - Lançamento do MARISAT (USA), primeiro satélite dedicado a comunicações móveis marítimas;

1977 - Estabelecimento da Organização EUTELSAT, por 17 administrações europeias, devotada a promover comunicações regionais (Europa) via satélite;

1978 - Lançamento do satélite europeu OTS, primeiro satélite de comunicações na banda Ku (14/11 GHz);

1979 - Estabelecimento do INMARSAT, organização dedicada à comunicação móvel marítima global via satélite;

1980 - Lançamento do 1º INTELSAT V, com 10 anos de vida útil, 12.000 circuitos telefônicos com operação FDMA e TDMA + TV, operando tanto na banda C (6/4 GHz). como na banda Ku (14/11GHz), 4 vezes reutilização de frequências através de discriminação espacial e de polarização;

1982 - É aprovado pelo Ministério das Comunicações, a contratação, instalação e operação de um enlace espacial próprio para o SBTS (Sistema Brasileiro de Telecomunicações por Satélite);

1983 - Lançamento do satélite japonês CS-II, primeiro satélite de comunicações doméstico na banda Ka (30/20 GHz);

1983 - Primeiro lançamento do ECS (EUTELSAT), com capacidade para cerca de 12.000 circuitos telefônicos com operação TDMA + TV, operando em 6/4 e 14/11 GHz. Reutiliza frequência por isolamento espacial e polarização dupla;

1985 - Lançamento do BRASILSAT A1, primeiro satélite do SBTS (24 *transponders*, dupla polarização, polarização linear, cerca de 20.000 circuitos telefônicos e TV, 10 anos de vida útil);

1986 - Lançamento do BRASILSAT A2;

1990 - Lançamento do primeiro INTELSAT VI, reutilizando 6 vezes (isolamento espacial + isolamento de polarização) uma mesma frequência. (10 anos de vida útil; 38 *transponders* na banda C e 10 na banda Ku. Capacidade de 120.000 circuitos de voz + 3 TVs);

1994 - Lançamento do BRASILSAT B1, com 27 *transponders* de 36MHz e 1 *transponder* de 33MHz na banda C e 1 *transponder* de 6MHz na banda X;

1995 - Lançamento do BRASILSAT B2, com 27 *transponders* de 36MHz e 1 *transponder* de 33MHz na banda C e 1 *transponder* de 6MHz na banda X;

1995 - Aprovado a compra e lançamento de mais um satélite brasileiro, o BRASILSAT B3.

1998 - Lançamento, em 04 de fevereiro, do BRASILSAT B3;

2000 - Lançamento, em agosto, do BRASILSAT B4;

2004 – Lançamento, em março, do Estrela do Sul - *Loral Skynet*, e em Junho do Amazonas – Hispamar;

2003 – Lançamento, em outubro, do segundo Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-2)

2005 – Lançamento, em fevereiro, do Satélite Star One C12.

2007 – Previsão do lançamento dos Satélites Star One C1 e C2.

2008 – Previsto Lançamento do terceiro Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-3).

2.5 - O SBTS (SISTEMA BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES POR SATÉLITE)

Para atender a demanda sempre crescente, principalmente no que diz respeito aos sinais de vídeo, a EMBRATEL contratou, em dezembro de 1995, o fornecimento e lançamento de mais um satélite para a segunda geração. Este satélite, denominado BRASILSAT B3, foi lançado com sucesso em 04/02/98 e teve seus testes de aceitação em órbita concluídos satisfatoriamente em 28/02/98. Além disso, o SBTS passou a ter condições de atender países do Mercosul, graças a maior abrangência de cobertura do satélite BRASILSAT B2. O satélite BRASILSAT A1, alugado a uma empresa americana, não faz mais parte do SBTS. O satélite B3 (também chamado de SBTS B3), foi colocado em órbita em 04/02/1998 a 84°W, e faz parte de um contrato da Embratel com a Hughes, grande fabricante americano de equipamentos voltados para aplicações via satélite. Ele possui 28 *transponders* de 36 MHz, não possui *transponders* de aplicação militar (Banda X), tem 20% a mais de potência de sinal que os B1 e B2, e potência total de 18 watts. Já o satélite B4, o primeiro satélite brasileiro a ter sua cobertura estendida por toda a América do Sul, foi lançado em agosto de 2000 a 92°W e cobre todo o território nacional e é operado pela Star One AS, possui também 28 *transponders*, dos quais 4 em banda C estendida e suas frequências autorizadas são: enlace terra-espaco de 5850 a 6425 MHz e espaco-terra de 3625 a 4200 MHz [1].

O SBTS conta com a capacidade do INTELSAT para uso doméstico de modo a ampliar a oferta de *transponders* no mercado, especialmente na Banda Ku (12 a 14 GHz). Adicionalmente, a EMBRATEL agregou ao SBTS capacidade em Banda Ku oferecida pelo satélite NAHUEL, como parte de um convênio com a empresa Nahuelsat da Argentina.

O Star One C1 está previsto para ser lançado em 2007 pelo foguete Ariane 5, devendo ser posicionado no slot 65° de longitude oeste. Baseado na plataforma Spacebus 3000B3 da

Alcatel *Space*, este será o primeiro satélite da série C, equipado com 37 *transponders* nas bandas C e Ku e 1 *transponder* na Banda X. O C1 irá fornecer Internet de alta velocidade e capacidade multimídia para a América do Sul. Já o C2, também baseado na plataforma Spacebus 3000B3, será lançado em 2007 e posicionado a 65° oeste. Sua carga útil será composta por 44 *transponders*, sendo 28 na banda C, 16 na banda Ku e 1 na banda X. O satélite C2 irá substituir o Brasilsat B2 na banda C para a transmissão direta de TV na América do Sul, México e Flórida (EUA) e fornecerá nova capacidade otimizada na banda Ku para telefonia e transmissões de *trunking* sobre duas áreas: Brasil e México. Ambos os satélites contarão com *transponders* na banda X, de uso exclusivo das forças armadas, que substituirão aqueles existentes a bordo do Brasilsat B1 e B2, componentes do Sistemas de Comunicações Militares por Satélite (SISCOMIS), do Ministério da Defesa [1].

A Star One já iniciou também a construção dos satélites Star One C3 e C4 para pelo menos substituir a capacidade na Banda C dos satélites Brasilsat B3 e B4, de 28 *transponders* cada, e provavelmente lançar capacidade adicional na Banda Ku.

2.6 - SATÉLITES DE COMUNICAÇÕES NO BRASIL – ANO 2007

Abaixo temos a relação dos satélites brasileiros e estrangeiros autorizados a operar no Brasil, suas banda e posição orbital e empresas detentoras de direito de exploração de satélite brasileiro e estrangeiro de acordo com site da Anatel atualizado diariamente.

2.6.1 - Satélites Geoestacionários

2.6.1.1 - Empresas detentoras de direito de exploração de satélites brasileiros

Tabela 2.1 - Empresas detentoras de direito de exploração de satélites brasileiros [2].

OPERADOR DE SATÉLITE	SATÉLITE	BANDA	POSIÇÃO ORBITAL	EM OPERAÇÃO
Hispamar	AMAZONAS	C e Ku	61,0° W	Sim
Loral Skynet	ESTRELA DO SUL	Ku	63,0° W	Sim
Star One	BRASILSAT-B1	C e X	70,0° W	Sim
	BRASILSAT-B2	C e X	65,0° W	Sim
	BRASILSAT-B3	C	84,0° W	Sim
	BRASILSAT-B4	C	92,0° W	Sim

	STAR ONE-C1	Ku e Ka	65,0° W	Não
	STAR ONE-C2	Ku	70° W	Não

2.6.1.2 - Empresas detentoras de direito de exploração de satélites estrangeiros

Tabela 2.2 - Empresas detentoras de exploração de satélites estrangeiros.

OPERADOR (REP. LEGAL)	SATÉLITE	BANDA	POSIÇÃO ORBITAL	EM OPERAÇÃO
Columbia Communications Corporation (Star One)	AMC-12	C	37,5° W	Sim
Embratel France Telecom (Radiomar) Morviazspudnik (Omnalink) Stratos (Jabursat)	INMARSAT - 3 AOR EAST	L e C	15,5° W	Sim
Telenor Xantic	INMARSAT - 3 AOR WEST-2	L e C	54,0° W	Sim
Eutelsat	W1	Ku	10,0° W	Sim
	ATLANTIC BIRD 1	Ku	12,5° W	Sim
	ATLANTIC BIRD 2	Ku	8,0° W	Sim
	ATLANTIC BIRD 3	C e Ku	5,0° W	Sim
Hispasat (Hisparmar)	HISPASAT - 1C	Ku	30,0° W	Sim
	HISPASAT - 1D	Ku	30,0° W	Sim
Intelsat	IS 705	C e Ku	50,0° W	Sim
	IS 801	C	31,5° W	Sim
	IS 805	C	55,5° W	Sim
	IS 901	C	18,0° W	Sim
	IS 903	C	34,5° W	Sim
	IS 905	C	24,5° W	Sim
	IS 907	C	27,5° W	Sim
	IA-8	C e Ku	27,5° W	Sim
Loral Orion - (Loral Skynet)	TELSTAR 12	Ku	15,0° W	Sim

Nahuelsat	NAHUEL 1	Ku	72,0° W	Sim
New Skies	NSS-806	C e Ku	40,5° W	Sim
	NSS-7	C e Ku	21,5° W	Sim
Panamsat	PAS 1R	C e Ku	45,0° W	Sim
	PAS-3R	C	43° W	Sim
	GALAXY III C	Ku	95,0° W	Sim
	PAS-9	Ku	58,0° W	Sim
Satmex	SATMEX 5	C e Ku	116,8° W	Sim
SES	AMC - 4	Ku	101,0° W	Sim
Telesat - (Star One)	ANIK F1	Ku	107,3° W	Sim

2.6.1.3 - Bandas

As denominações para as bandas utilizadas correspondem as faixas, ou partes das faixas, apresentadas na tabela 2.3, ressaltando que hoje há uma preferência em se designar as bandas utilizando as frequências e não as letras, devido a dificuldade de uniformização das faixas de frequências das mesmas no mundo todo, ou até mesmo em um mesmo hemisfério ou em regiões envolvendo países diferentes.

Tabela 2.3 - Faixas de frequência das bandas [3].

BANDA	ENLACE DE DESCIDA	ENLACE DE SUBIDA	APLICAÇÕES (SATÉLITES)
L	1530 - 1559 MHz	1626,5 - 1660,5 MHz	- Sistemas móveis e radiodifusão
S	2000 - 2700 MHz	2000 - 2700 MHz	- Sistemas móveis e radiodifusão
C e C estendida	3625 - 4200 MHz	5850 - 6425 MHz	- Sistemas fixos - Embratel
X	7315 - 7375 MHz	7965 - 8025 MHz	- Aplicações militares
Ku	10,95 - 11,2 GHz	13,75 - 14,5 GHz	- Sistemas fixos - Serviços espaciais - DTH (“Direct to Home”, TV, Internet)

Ka	11,45 - 12,2 GHz 17,7 - 21,2 GHz	27 - 31 GHz	etc.....) - Radiodifusão - Sistemas fixo e móvel (GEO e não-GEO)
Q	33 - 50 GHz	33 - 50 GHz	- Serviços e pesquisas espaciais - ISLs - Sistemas fixos
V	50 - 75 GHz	50 - 75 GHz	- Serviços e pesquisas espaciais - ISLs - Sistemas fixos

2.6.1.4 - Satélites não-geoestacionários

Tabela 2.4 - Empresas detentoras de direito de exploração de satélites estrangeiros [2].

EMPRESA	SISTEMA	EM OPERAÇÃO
Telespazio	ORBCOMM	Sim
Globalstar	GLOBALSTAR	Sim
Iridium	IRIDIUM	Nova autorização concedida em 12/07/06 ato 59.572

2.7 - ANTENAS

2.7.1 - Características gerais das antenas

As antenas do satélite dependem das frequências em que ele opera e do formato do país que ilumina. As transmissões mais comuns, em telecomunicações, se dão em faixas em torno das frequências de 4 GHz e 6 GHz, denominadas “banda C”. O sinal de subida é na faixa de 5,9 a 6,4 GHz, (chamado sinal de 6 GHz). O sinal de descida é na faixa de 3,7 a 4,2 GHz (chamado sinal de 4 GHz). Há outras faixas, como por exemplo a banda Ku, em 14 GHz para subida e 12 GHz para descida. Esta faixa é muito utilizada para TV e para comunicação de dados. Nela as transmissões já são em potências maiores para compensar as atenuações provocadas pelas chuvas e, como vantagem, as antenas a bordo e em terra podem ser menores. Os tipos de antenas são mostradas na figura 2.2 [1].

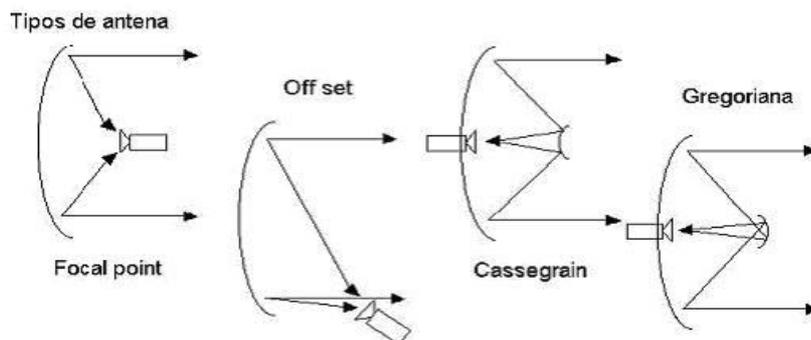


Figura 2.2 - Tipos de antenas [1].

Existem também as bandas L e S em 1 e 2 GHz para comunicações móveis. Além das antenas para os serviços de telecomunicações, existem antenas para telemetria e telecomando. Nos satélites brasileiros: A1, A2, B1, B2, B3 e B4 há antenas de comunicações formadas por 5 ou 7 cornetas (tipo de antena de microondas, que parece mesmo uma pequena corneta) que focalizam o sinal de rádio num refletor parabólico a bordo, o qual produz um feixe que cobre todo o Brasil, diminuindo rapidamente sua intensidade na direção dos países limítrofes e do oceano Atlântico. Existe outra antena, que transmite e recebe em todas as direções, para telemetria e telecomando.

Caso o satélite perca a sua altitude normal, a antena ainda receberá sinais de correção. O Brasilsat iniciou com dois satélites, A1 e A2, substituídos por outra geração, os B1 e B2. Para cada satélite, existe uma antena terrena de controle construída com precisão, sobre latitude e longitude também precisamente determinadas [1].

Esta antena envia um fino feixe de rádio, que é captado pelo satélite e que o mantém em posição e atitude corretas. Se houver um pequeno desvio de atitude, o satélite “sente” modificação na recepção desse feixe e informa a necessidade de se acionarem os foguetes de atitude, de modo a voltar à posição normal.

Estes foguetes são comandados da Terra, depois de complicada rotina, para determinar o tempo e o instante de acionamento.

Este fino feixe de rádio funciona como um cabresto, mantendo firme o satélite na sua posição. Se houver interrupção deste feixe, o satélite poderia ficar à deriva por algum tempo. Para evitar este problema, existem dois sensores de infravermelho (calor) que

detectam a Terra, a qual se mostra mais quente que o fundo gelado do universo. Se houver uma variação de atitude estes sensores a indicam, o que determina o acionamento dos pequenos foguetes para a correção. Desta forma, o satélite é mantido em posição e voltado para a Terra. Para auxiliar estes dois sensores, há ainda um a mais, que detecta o Sol, compondo assim, três sensores de atitude. A preocupação com a altitude ocorre pois se o satélite se inclinar ou assumir outra posição no espaço, suas irradiações vão cobrir outras áreas e não só o Brasil. Este fato além de perturbar as comunicações desejadas pode, também invadir o espaço de outros países, o que não é conveniente [1].

2.7.2 - A estabilização dos satélites

Outro aspecto é o da estabilização do satélite. Nos casos do Brasilsat, eles são cilindros com 2,8m de diâmetro, com 8,5m de altura e peso, na Terra, de 1.750 kgf. Se você tem uma daquelas latas de lixo cilíndricas, cuja tampa sobe pela pressão de um pedal, você estará vendo a miniatura deste satélite, onde a tampa aberta é o refletor parabólico [1].

Para a estabilização, quanto às inclinações, ele é posto a girar a 60RPM (rotações por minuto).

Portanto, a parte superior interna do satélite, onde estão os *transponders* e as antenas, bem como o refletor parabólico, deve girar em sentido contrário, com a mesma rotação, de modo a sempre focalizar o Brasil. Este giro contrário é produzido por um motor elétrico denominado “motor de desrotacionamento”.

É interessante notar que a parte do satélite, que faceia o Sol, é submetida a temperaturas da ordem de 250° C , a face oposta, à temperatura de -200° C. Com o giro do satélite, apesar da inércia térmica, suas partes são submetidas ciclicamente a grandes variações de temperatura.

As peças estruturais são construídas com ligas metálicas leves, de grande resistência mecânica e com pouquíssima dilatação térmica, de modo a manter a integridade física do satélite. Folhas metálicas finíssimas geralmente douradas, e outros materiais condicionam os equipamentos internos, propiciando isolamento térmica, blindagem eletrostática, proteção

contra partículas de alta energia oriundas do espaço, etc. Fotos de satélites Brasilsat podem ser vistas na figura 2.3 [1].

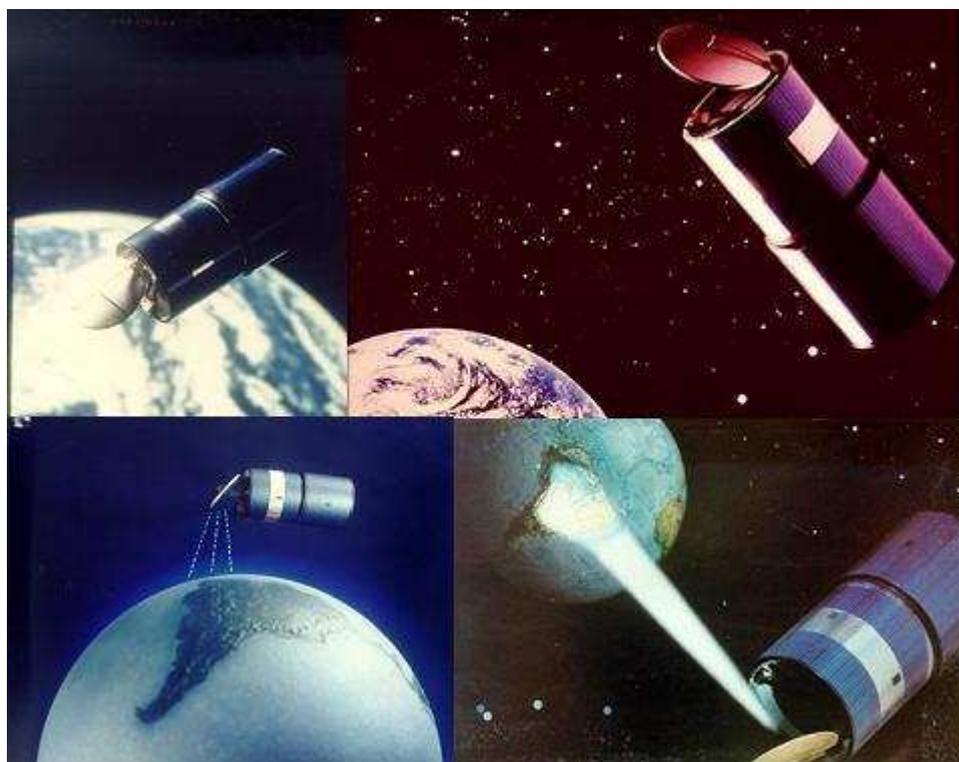
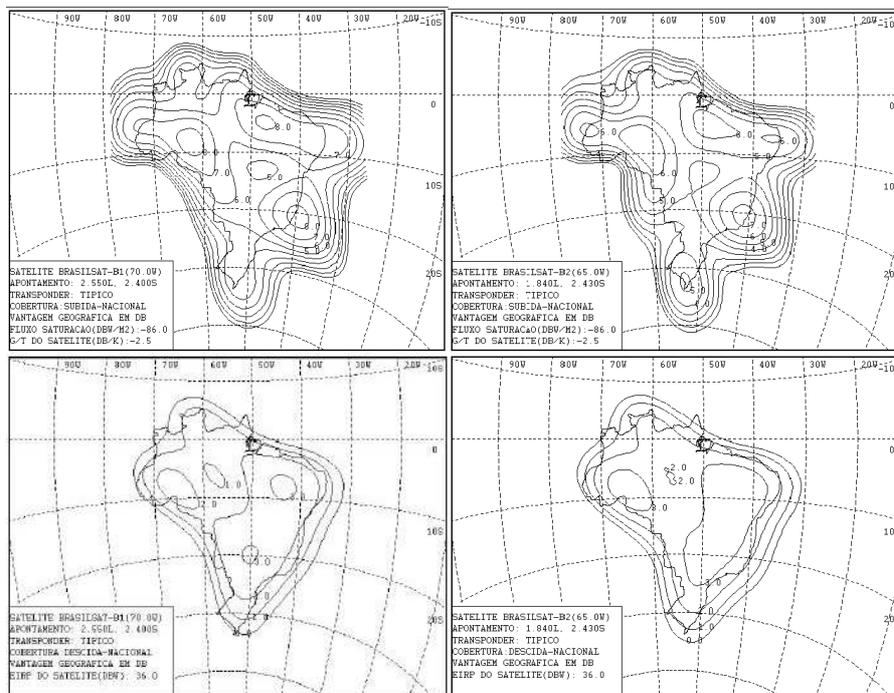


Figura 2.3 - Fotos de satélites Brasilsat [1].

2.7.3 - Reutilização de frequência e regiões de maior intensidade de sinal de transmissão

Em geral, os satélites empregam a reutilização de frequência, isto é, duas portadoras empregam a mesma frequência, mas com polarizações ortogonais. Os satélites Brasilsat A1 e A2 aplicam reutilização de frequência, sendo a canalização de doze *transponders* transmitida em polarização vertical e a dos outros doze em polarização horizontal. Para minimizar interferências, as frequências centrais dos *transponders*, cuja transmissão se dá em polarização vertical, estão desalinhadas das frequências centrais dos *transponders* cuja transmissão se dá em polarização horizontal. A antena é um dos itens mais importantes do satélite, pois é ela que determina quais regiões do globo serão mais favorecidas, recebendo níveis de sinal mais intensos. A maior parte das antenas empregadas é constituída por um refletor parabólico e alimentadores, que são dispostos de modo a se obter a cobertura desejada. Em determinadas aplicações também são empregadas antenas do tipo corneta ou de outros tipos [1].

A figura 2.4 mostra as regiões de maior intensidade de sinal de transmissão dos satélites B1 e B2 sobre o Brasil, também chamada de “pegada” (*foot-print*), e as melhores regiões para transmissão dos sinais da Terra para os satélites. Note, ao lado, a cobertura do satélite B2 sobre o Mercosul, e a melhor região para transmissão sobre a Argentina. As pegadas também servem para configuração de níveis de portadoras das estações terrenas.



(a) [1]

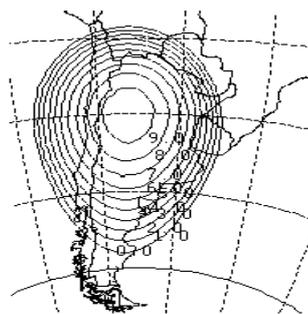


Figura 2.4 - (a) e (b) – Regiões de maior intensidade de sinal de transmissão dos Satélites B1 e B2 sobre o Brasil.

2.7.4 - Parâmetros relevantes de um satélite

Os parâmetros relevantes num satélite para fins de dimensionamento de enlaces, além evidentemente, das características de cobertura do mesmo são:

- 1) Potência Isotrópica Irradiada Efetiva (EIRP) - potência do *transponder* na saturação multiplicada pelo ganho isotrópico da antena de transmissão, ou o nível de potência (em dBm) do transmissor somado ao ganho da antena em dBi. Também se aplica ao transmissor e a antena terrena. Unidade usual: dBw. A variação de EIRP da estação ao longo de um dia deve ser inferior a 2 dB, descontando-se as contribuições da variação da posição do satélite e das condições adversas de tempo, para estações terrenas equipadas com equipamentos instalados em ambiente com controle de temperatura quanto com equipamentos instalados ao relento.

- 2) Densidade Fluxo de Saturação (DFS) - Densidade de fluxo de potência necessário na entrada da antena receptora do satélite para levar o *transponder* à saturação. Unidade usual: dBw/m². Para o caso de portadoras SCPC/PSK, alocadas em *transponders* multiportadoras deverá ser considerado o fluxo de saturação nominal de -86 dBW/m², referido à figura de mérito nominal do satélite. Para outros casos, o fluxo de saturação a ser considerado será um valor na faixa de -78 dBW/m² a -92 dBW/m² em passos de 2 dB, a ser designado pela EMBRATEL em função da demanda do serviço e do *transponder* escolhido;

- 3) Figura de mérito - G/T - razão entre o ganho isotrópico da antena receptora do satélite (G) e a temperatura de ruído do sistema de recepção do satélite referida à saída da antena (T). Unidade Usual: dB/K. Expressão: $G/T = G - 10 \log T$; Lembrando que temperatura de ruído é a temperatura física de um resistor fictício que, ao ser colocado no lugar da antena, gera a mesma potência de ruído que a antena, estando tanto o resistor como a antena casados com a linha de transmissão ou receptor ao qual estão ligados. O ruído que aparece nos terminais da antena é formado pelas contribuições de ruído galáctico, atmosférico, do terreno e por perdas ôhmicas na própria antena. A temperatura de ruído da antena varia em função de sua direção de apontamento e das frequências de operação.

- 4) Reutilização de frequências - Os satélites operam com reutilização de frequências, ou seja, uma frequência utilizada por 2 estações terrenas diferentes e com aplicações diferentes. Isto é possível através dos *Spot beams* e da polarização ortogonal, podendo ser também circular. Uma vez que o Brasilsat reutiliza frequências através da utilização de dupla polarização, a isolação das antenas do satélite entre as duas polarizações

ortogonais é da ordem de 33 dB (30 dB típico) dentro da área de cobertura, tanto na subida como na descida.

2.7.5 - Antenas refletoras

Existem diversos tipos de antenas que se adaptam às diferentes situações de uso, desde um simples monopolo até formas mais complexas como um conjunto de refletores. As antenas refletoras pertencem à família das antenas de abertura. São formadas por superfícies refletoras e um ou mais alimentadores [4].

Motivada essencialmente por aplicações militares, grande parte da teoria relativa à análise e construção de antenas refletoras se desenvolveu na década de 1940. Novas geometrias de antenas com vários padrões de radiação foram estudadas com o objetivo de serem alcançadas, por exemplo, formas eficientes de varredura numa área investigada por um radar.

Posteriormente, a necessidade de se explorar o espaço estimulou a pesquisa por configurações de antenas mais eficientes para aplicações em Radioastronomia. Nos anos que se sucederam, antenas refletoras passaram a ser largamente usadas, porém ainda na forma de modelos com um refletor e um alimentador centrado no foco deste refletor.

Essas antenas são largamente usadas em telecomunicações, empregadas em diversas aplicações como comunicações terrestres, espaciais e via satélite. Em aplicações de alto desempenho, esses sistemas refletores são caracterizados principalmente pelo seu alto grau de eficiência.

Existem inúmeros tipos de antenas refletoras. As mais utilizadas para a comunicação via satélite são as parabólicas convencionais, simétricas ou *offset*.

As antenas refletoras têm como principal característica a alta diretividade. Essas antenas produzem uma espécie de magnificação de abertura ao adequar o campo, inicialmente limitado pelo diâmetro da abertura do alimentador, de forma a fazê-lo radiar por uma área dezenas ou centenas de vezes maior, possibilitando o alcance de maiores diretividades.

O funcionamento de uma antena refletora se baseia na conversão de uma distribuição de energia, usualmente esférica e produzida por algum tipo de irradiador posicionado no foco primário da antena, numa distribuição planar na sua abertura, por meio de sucessivas reflexões ocorridas nas superfícies constituintes do sistema, de acordo com os princípios da óptica geométrica [4].

2.8 - *TRANSPONDERS*

2.8.1 - O subsistema de comunicações

Existem basicamente dois tipos de satélites, os tradicionais que nada mais são do que repetidores ativos que recebem, convertem a frequência, amplificam e retransmitem para a Terra os sinais recebidos sem realmente detectá-los e os satélites regenerativos que além das funções anteriores tem a capacidade de demodular, interpretar e remodular o sinal antes de retransmiti-lo a Terra. Um satélite regenerativo possui um computador de bordo e pode ser visualizado como um roteador em órbita da Terra em um sistema ATM, por exemplo. Para receber e retransmitir o sinal são utilizados circuitos denominados *transponders*, cujo diagrama em blocos está apresentado na figura abaixo. Cada *transponder* é responsável pela recepção e retransmissão de uma determinada banda de frequências, como mostrado na figura seguinte, que representa de forma simplificada o sistema de comunicações de um satélite. Os satélites podem ter de 12 a 90 *transponders*, dependendo do tamanho. Em particular, os satélites Brasilsat A1 e A2 dispõem de 24 *transponders* cada [5].

2.8.2 - Diagrama em blocos básicos em um *transponder*

Podemos ver na figura 2.5 o diagrama em blocos básicos de um *transponder*.



Figura 2.5 - Diagrama em bloco básicos de um *transponder* [5].

Devido aos altos custos envolvidos na colocação em operação de um satélite, este deve possuir a maior confiabilidade possível. Para isso são empregadas redundâncias nas diversas partes que compõem o sistema de comunicações de um satélite.

2.8.3 - Diagrama em bloco simplificado do sistema de comunicação

Vemos na figura 2.6 um diagrama em bloco simplificado do sistema de comunicação dos satélites A1 e A2.

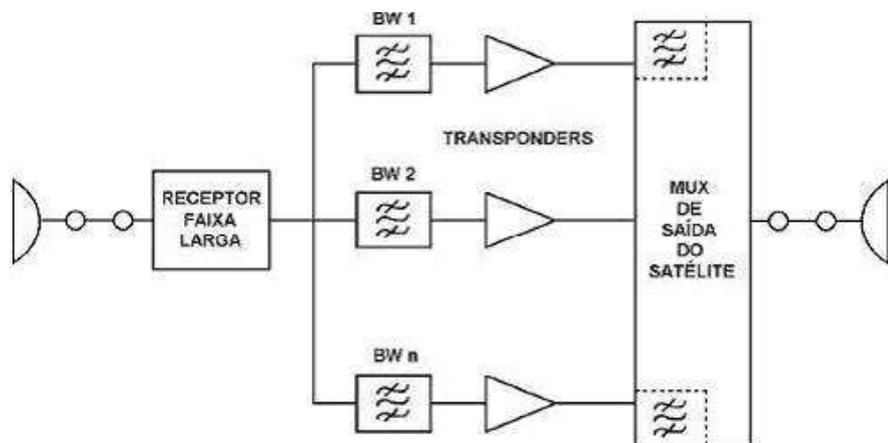


Figura 2.6 - Diagrama em bloco simplificado do sistema de comunicação dos satélites A1 e A2 [5].

As frequências portadoras, emitidas da Terra para o satélite, devem estar dentro da faixa que vai de 5,9GHz a 6,4 GHz. Por isto se diz que o sinal de subida é 6GHz, mas não se confunda: não há uma portadora única em 6GHz. Há uma faixa atribuída aos sinais de subida e esta faixa é de (6,4 a 5,9) GHz = 500MHz.

Então, dentro desta faixa de 500MHz ocorrem as comunicações via satélite. É uma faixa grande, podendo ser encarada como um meio de alta capacidade.

A antena do satélite recebe portadoras nesta faixa e as envia a um receptor de faixa larga, que converte estes sinais para caírem dentro da faixa de descida, entre 3,7 e 4,2 GHz, também 500MHz de faixa.

Agora toda esta faixa de 500MHz é fatiada por 12 FPF (filtro passa faixa) cada um deles tendo um amplificador de potência. Após os sinais destas 12 sub-faixas serem ampliados, eles

são novamente somados, compondo agora a faixa de 3,7 a 4,2GHz, a qual é transmitida de volta para a Terra.

Cada FPF (filtro passa faixa) com seu amplificador é um *transponder*. Portanto, o satélite tem 500MHz de faixa, composto por 12 *transponders* de 36MHz de faixa cada um. Mas, esta faixa foi melhor aproveitada pela utilização da dupla polarização. Isto é, sobem as portadoras, dentro da faixa de 500MHz, em polarização vertical e sobem outras portadoras, dentro da mesma faixa, agora na polarização horizontal. Portanto, podemos ter 24 *transponders* e a capacidade do meio de transmissão dobrou [5].

Não importa se a polarização é vertical ou horizontal, para um satélite no espaço. O que interessa é que uma polarização é perpendicular à outra e as duas são captadas individualmente. Pelas respectivas orientações das antenas e sem interferência mútua.

O Satélite é, então, uma repetidora com faixa equivalente a 1GHz (2 x 500MHz). Os Brasilsat A1 e A2 dispõem de 24 *transponders* de 36 MHz. Nos Brasilsat B1 e B2, o esquema é o mesmo, porém com 28 *transponders* de 36MHz cada.

É muito difícil se construir, com a atual tecnologia, um amplificador de potência com faixa de 500MHz, sem que os sinais interfiram. Além disto, se este amplificador falhar, o satélite estará inútil. Com 24 ou 28 *transponders*, se boa parte deles falhar, ainda se consegue manter as comunicações. O receptor trabalha em potências baixíssimas, com circuitos redundantes e sua probabilidade de falha é praticamente zero.

A Estação Terrena (ET), transmite portadoras predeterminadas, segundo um “plano de encaminhamento”, que caem dentro das faixas dos *transponders* correspondentes. Cada portadora pode ser modulada por uma banda básica telefônica ou outro sinal qualquer e geralmente esta modulação é em frequência. Na figura 2.7 abaixo, a ET transmite três portadoras moduladas, definindo três canais no *transponder* 1 (TR1) e um canal no *transponder* 3 (TR3) [5].

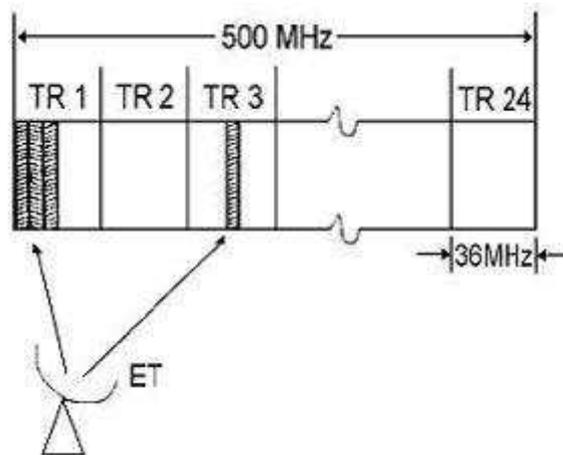


Figura 2.7 - Faixas de *transponders* [5].

As duas flechas que saem da ET, estão apenas ilustrando o endereçamento, em frequência, para os *transponders* e nada tem a ver com o fino feixe de rádio que focaliza o satélite.

É interessante observar que, num tronco de microondas, numa certa direção, uma repetidora é acessada por somente outra adjacente. O satélite é uma só repetidora acessada por uma multiplicidade de ETs. Por isto se diz que a transmissão via satélite se faz por “múltiplo acesso”. Há vários métodos de multiacesso, cada um deles aproveitando, de certa maneira, as frequências disponíveis, para serem transmitidas através dos *transponders*. Os métodos utilizados, são [5]:

FDMA - *Frequency Division Multiple Access*: Acesso múltiplo por divisão de frequência, no qual cada ET tem uma faixa de frequências, onde transmite portadoras designadas para seu uso exclusivo. Cada ET ocupa certas faixas, de certos *transponders*, quer estejam ativadas ou não;

TDMA - *Time Division Multiple Access*: acesso múltiplo por divisão de tempo, no qual as ETs se utilizam da mesma frequência, em tempos diferentes. Quando uma ET não transmite numa certa faixa, outra pode fazê-lo;

CDMA - *Code Division Multiple Access*: acesso múltiplo por divisão de código. Tecnologia similar ao TDMA, porém com codificação dos sinais, promovendo até 3 vezes mais acesso ao satélite que o modo TDMA.

SCPC - *Single Channel Per Carrier*: canal único por portadora, no qual as ETs dispõem de portadoras previamente designadas e cada uma fixada para um único serviço. É um caso particular do FDMA;

MCPC - *Multiple Channel Per Carrier*: múltiplos canais por portadora, no qual as ETs dispõem de portadoras previamente designadas e cada uma fixada para vários serviços, onde os sinais são multiplexados;

As descrições dos dois últimos foram baseadas na tecnologia FDMA.

Vemos na figura 2.8 abaixo um enlace de comunicação por satélite composto pelo enlace de subida e pelo enlace de descida.

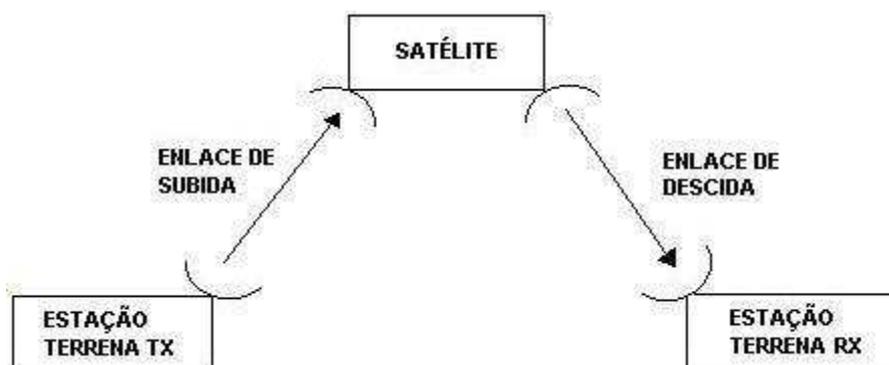


Figura 2.8 - Enlace de comunicação por satélite composto pelo enlace de subida e pelo enlace de descida [5].

O enlace de subida é também chamado de **“inroute”** (rota de entrada) e o enlace de descida, **“outroute”** (rota de saída), ou também **“inbound”** e **“outbound”** ou também **“uplink”** e **“downlink”** sempre tendo o satélite como referência e não as estações terrenas. A implementação do enlace satélite envolve o segmento terrestre com as estações terrenas, e o segmento espacial, correspondente ao satélite propriamente dito. As estações terrenas *interfaceiam* com os circuitos terrestres, adequando o sinal a ser transmitido pelas funções de concentração, multiplexação, codificação, modulação, conversão de frequências, etc. Executando na recepção, onde o processamento é inverso. Já o satélite tem a função de repetição garantindo o retorno do sinal recebido, dentro das características requeridas.

2.8.4 - Faixas de freqüências empregadas e serviços oferecidos

A UIT (União Internacional de Telecomunicações) define, para cada parte do mundo, as faixas de freqüências a serem empregadas pelos diversos serviços de telecomunicações, entre os quais se situam os serviços de comunicação via satélite. Para tal, o mundo foi dividido em três regiões, como mostrado na figura 2.9 abaixo, sendo elas:

- a. Região I - Europa, África, Oriente Médio e Norte da Ásia.
- b. Região II - Américas e Groenlândia.
- c. Região III - Centro, Sul e Leste da Ásia e Oceania.

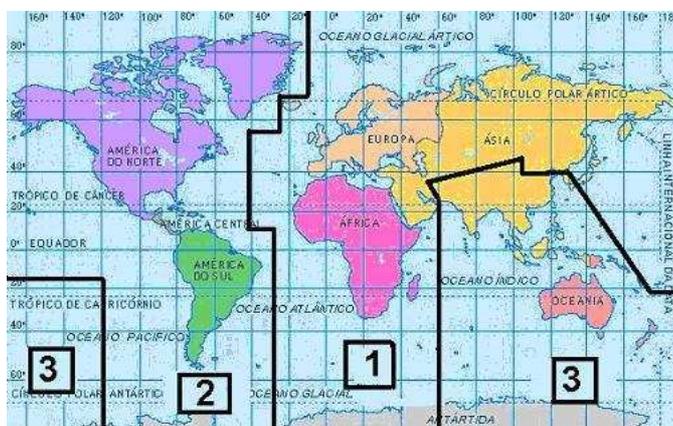


Figura 2.9 - O Mundo dividido em três regiões pela UIT, para se determinar as faixas de freqüência [6].

Os serviços básicos oferecidos atualmente pelas comunicações via satélite são: serviço fixo, serviço móvel e radiodifusão. O serviço fixo compreende transmissão de voz, telegrafia, dados ou vídeo entre duas estações em posições geográficas fixas. Já o serviço móvel inclui a comunicação entre estações móveis (navios, aeronaves ou viaturas terrestres) com estações fixas e a comunicação entre estações móveis (neste caso é comum o emprego de dois enlaces com repetição numa estação terrena fixa). O serviço de radiodifusão está associado à transmissão de qualquer tipo de informação de uma estação fixa para inúmeras estações receptoras, que são, em geral do tipo "receive only" (isto é, não possuem capacidade de transmissão). Entre os principais serviços de radiodifusão via satélite estão incluídos: transmissão de televisão (TVRO), transmissão de áudio de alta qualidade e difusão de dados.

Atualmente os satélites também são utilizados em aplicações como radio-navegação (navegação com auxílio de satélites) e radio-determinação (determinação da posição geográfica de uma microestação localizada em um veículo terrestre, navio ou aeronaves com auxílio de satélites). Por fim, deve-se lembrar que os satélites artificiais encontram diversas aplicações fora do campo das comunicações como previsões meteorológicas, estudos astronômicos, localização, salvamento e muitas outras.

2.8.5 - Alocação de frequências de serviços de comunicação via satélite

A tabela 2.5 apresenta de forma resumida a alocação de frequências para os principais serviços de comunicação via satélite. Na região II da UIT, que engloba o Brasil [6].

Tabela 2.5 - Alocação de frequências.

Designação da Banda	Faixa de Frequências (MHz)	Direção Do Enlace	Serviço
P	121,45 - 121,55 242,95 - 243,05	Descida Subida	Recepção por satélite de Sinais de emergência
L	1.530 - 1.559 1626,5 - 1660,5	Descida Subida	Móvel
S	2.500 - 2.690	Descida	Fixo/radiodifusão
C	3.400 - 4.200 4.500 - 4.800	Descida Descida	Fixo
	5.850 - 7.075 5.000 - 5.250	Subida Não especific.	
X	7.250 - 7.375	Descida	Móvel ou fixo/militar
	7.375 - 7.750	Descida	Fixo/militar
	7.900 - 8.025	Subida	Móvel ou fixo/militar
	8.025 - 8.400	Subida	Fixo/militar
Ku	10.700 - 12.300	Descida	Fixo
	12.700 - 13.250	Subida	
	14.000 - 14.500	Subida	
	11.700 - 12.700	Não especific.	Radiodifusão
	14.500 - 14.800	Descida	Radiodifusão
	17.300 - 18.100		
Ka	18.100 - 20.200	Descida	Fixo
	20.200 - 21.200	Descida	Fixo/móvel
	22.500 - 23.000	Não especific.	Radiodifusão
	27.000 - 29.500	Subida	Fixo
	29.500 - 30.000	Subida	Fixo/móvel
	30.000 - 31.000	Subida	Móvel

2.8.6 - Plano de frequências, frequências centrais

Para os Brasilsat A1 e A2, as frequências centrais dos *transponders*, a largura de faixa e a polarização estão apresentadas na tabela 2.6 [6].

Tabela 2.6 - Informações sobre os satélites A1 e A2.

POLARIZAÇÃO A			POLARIZAÇÃO B				
SUBIDA VERTICAL-DESCIDA HORIZONTAL			SUBIDA HORIZONTAL-DESCIDA VERTICAL				
TPDR	FREQÜÊNCIA CENTRAL (MHz)		LARGURA DE FAIXA (MHz)	TPDR	FREQÜÊNCIA CENTRAL (MHz)		LARGURA DE FAIXA (MHz)
	SUBIDA	DESCIDA			SUBIDA	DESCIDA	
1AE	5866.5	3641.5	33,0	1BE	5885	3660	36,0
2AE	5905	3680	36,0	2BE	5925	3700	36,0
1A	5945	3720	36,0	1B	5965	3740	36,0
2A	5985	3760	36,0	2B	6005	3780	36,0
3A	6025	3800	36,0	3B	6045	3820	36,0
4A	6065	3840	36,0	4B	6085	3860	36,0
5A	6105	3880	36,0	5B	6125	3900	36,0
6A	6145	3920	36,0	6B	6165	3940	36,0
7A	6185	3960	36,0	7B	6205	3980	36,0
8A	6225	4000	36,0	8B	6245	4020	36,0
9A	6265	4040	36,0	9B	6285	4060	36,0
10A	6305	4080	36,0	10B	6325	4100	36,0
11A	6345	4120	36,0	11B	6365	4140	36,0
12A	6385	4160	36,0	12B	6405	4180	36,0

2.8.7 - Unidades de medidas

Vejamos agora algumas das unidades envolvidas nos enlaces satélites. O decibel (dB) é uma medida relativa, obtida da razão entre duas quantidades, sendo usado para uma grande variedade de medições em acústica, física e eletrônica. É uma unidade de medida adimensional semelhante a percentagem. A definição do dB é obtida com o uso do logaritmo [7].

Uma medida pode ser expressa em decibels através da equação:

$$I_{DB} = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (2.1)$$

onde I_0 é a intensidade de referência.

Por exemplo, se I_{DB} é 3 dB então I é 2 vezes maior que I_0 . Já se I_{DB} é 20 dB então I é 100 vezes maior que I_0 . Se I_{DB} é -20 dB então I é 100 vezes menor que I_0 .

As vantagens do uso do decibel são: é mais conveniente somar os valores em decibels em estágios sucessivos de um sistema do que multiplicar os seus fatores de multiplicação,

além disso, faixas muito grandes de razões de valores podem ser expressas em decibels em uma faixa bastante moderada, possibilitando uma melhor visualização dos valores [7].

Em muitas áreas tecnológicas prefere-se particularizar a comparação genérica acima para o caso de um sinal padrão (referencial) com o sinal efetivamente medido. Isso, entre outras vantagens, permite a construção de instrumentos e de painéis registradores de medidas. A desvantagem é que cada escolha de sinal padrão leva a um tipo de decibel. Os mais comuns em antenas são:

dBm - Usado em *transceivers* e *modems*. O sinal de referência é de 1 mW (10^{-3} W), então ficamos com a fórmula:

$$I_{DB} = 10 \log \left(\frac{\text{Saída em mW}}{1 \text{ mW}} \right) \quad (2.2)$$

dBW – Usado em EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*).

$$I_{DB} = 10 \log \left(\frac{\text{Saída em W}}{1 \text{ W}} \right) \quad (2.3)$$

2.8.8 - Outros parâmetros

Podemos destacar outros parâmetros importantes usados para caracterizar antenas e satélites, muito úteis no estudo desses objetos, tais parâmetros são resumidamente explicados abaixo, como por exemplo:

Carrier / Noise = É a relação sinal / ruído. É a diferença, em dB, entre o nível máximo de amplitude que pode ser representado e o ruído do sistema. No caso da relação sinal / ruído, mede-se a intensidade do ruído presente na saída, sem sinal na entrada, e depois a intensidade do maior sinal que pode ser aplicado sem distorção. A diferença entre eles é mostrada em decibéis [1].

EB / N_0 = É a energia de bit / nível de ruído, com um filtro de 1 Hz. O quanto de energia para se interpretar corretamente os 0s e 1s (zeros e uns).

BER = *Bit Error Rate* (Taxa de Erro de Bit). Devido às perdas no enlace, é um parâmetro que define quantos bits errados são recebidos dentro de um conjunto de bits enviados.

Ex.: $1E10^{-7}$ = significa 1 bit errado a cada 10.000.000 de bits enviados.

$1E10^{-6}$ = significa 1 bit errado a cada 1.000.000 de bits enviados.

$1E10^{-9}$ = significa 1 bit errado a cada 1.000.000.000 de bits enviados.

FEC = *Forward Error Correction*. É um processo de codificação, que agrega mais bits aos de informação para detectar erro na transmissão. São adicionados ao enlace pelo conversor *encoder* e pelo conversor *decoder*, e tem as seguintes taxas:

FEC $\frac{1}{2}$ = Significa 1 bit de dados a cada 1 bit de informação enviada, a taxa de transmissão é dobrada, entretanto é a maior faixa de segurança.

FEC $\frac{3}{4}$ = Significa 1 bit de dados a cada 4 bits de informação enviada. Esta taxa é utilizada hoje pelos Brasilsat.

FEC = Significa 1 bit de dados a cada 8 bits de informação enviada. É a taxa menos confiável, e utilizada pelos satélites Intelsat e muitos outros.

O FEC tem três propriedades principais: antecipa, detecta e corrige o erro (de bits), e sua função é resolver problemas de nível (EB / N_0), um problema analógico resolvido por um dispositivo digital.

2.9 - ÓRBITAS DOS SATÉLITES DE COMUNICAÇÕES

2.9.1 - Órbita geostacionária: GEO: (*Geostationary Earth Orbit*)

Esta órbita é situada no plano do equador com altitude de cerca de 36.000 km relativa à superfície da Terra. Caracteriza-se pelo período da órbita dos satélites coincidir com o

período de rotação da Terra (24 horas). Assim, para um observador parado na superfície da Terra, um satélite na órbita geoestacionária parece estático no espaço. Esta característica elimina a necessidade de rastreamento para antenas de média e pequena abertura, pois o apontamento da antena não precisa ser alterado com o passar do tempo [8].

2.9.2 - Órbita Molniya

A URSS apresentava larga extensão territorial leste-oeste e a maioria de seu território, especialmente no norte do país, observa a órbita geoestacionária com baixo ângulo de elevação. Assim, concebeu-se a órbita Molniya, elíptica com perigeu a cerca de 100 km e apogeu a 36.000 km da superfície da Terra. No plano de cada órbita são utilizados cinco satélites, que permanecem operacionais por cerca de cinco horas ao passarem pelo apogeu. Desta forma consegue-se 24 horas contínuas de cobertura [8].

2.9.3 - Órbita baixa LEO (*Low Earth Orbit*)

As órbitas de baixa altitude (LEO) empregadas, se situam tipicamente entre 1.000 km e 2.000 km da superfície da Terra, o que resulta na velocidade angular dos satélites ser superior à velocidade de rotação da Terra. Como consequência, a área de cobertura de um satélite LEO é inferior a área de cobertura de um satélite GEO, além de permanecer visível a um observador parado na superfície da Terra por curto intervalo de tempo. Em contrapartida, em função da distância da sua órbita à superfície da Terra ser de 18 a 36 vezes inferior à de um satélite GEO, isso pelo fato de serem menores, a perda e o retardo de propagação são consideravelmente inferiores. Além disto, seu custo de lançamento é bastante inferior ao de satélites GEO. A maior aplicação de satélites LEO tem sido em sistemas que requerem transmissão de mensagens curtas (enquanto o satélite permanecer visível) e sistemas de comunicações móveis por satélite (MSS - *Mobile Satellite Service*), operando em diversas faixas de frequências [8].

2.9.4 - Órbita muito baixa LLEO (*Little Low Earth Orbit*)

Este tipo de órbita é uma inovação criada no início de 1998, e compreende em satélites em órbitas relativamente baixas, a 775 km da superfície da Terra. Este tipo de órbita é

utilizado pela Globalstar, empresa concorrente da *Iridium* em telefonia celular via satélite, com aparelhos portáteis marca *Qualcomm* [8].

2.10 - AS REDES VIA SATÉLITE

2.10.1 - VSATS: Uma breve descrição da tecnologia

No início dos anos 80, uma companhia americana da Califórnia, a Equatorial, lançou no mercado, com grande sucesso, um sistema de comunicações de dados via satélite unidirecional permitindo a recepção de uma portadora com taxa de informação de 19,2 kbit/s, em antenas parabólicas de apenas 60 cm de diâmetro [9].

Utilizando transmissão satélite em banda C (subida para o satélite em 6 GHz e descida do mesmo a 4 GHz), este feito só foi possível graças ao uso de uma tecnologia de uso militar, até poucos anos antes mantida em sigilo pelo Pentágono. Seu nome: *Spread-spectrum*, ou espectro espalhado em português. Nos sistemas de comunicações convencionais sempre se busca transmitir mais informação em menos faixa de frequências.

Na modulação *spread-spectrum* acontece o oposto. Ao se dividir cada bit em certo número de chips, aumenta-se o espectro de frequências com o intuito de tornar o sinal transmitido mais imune a interferências intencionais, que ocorrem em aplicações militares.

Para a aplicação satélite a que nos referimos, o principal problema, resolvido com o emprego da modulação *spread-spectrum*, foi o do estabelecimento de um enlace com uma antena das proporções mencionadas, num cenário de interferência provocada por satélites adjacentes. Antenas de pequeno diâmetro têm diagramas de radiação bem abertos, o que as torna mais suscetíveis a interferências de satélites adjacentes. A ineficiência em termos de faixa de frequências da modulação *spread-spectrum* foi vantajosamente compensada pelas várias dezenas de milhares de microestações comercializadas para receber, por exemplo, as cotações de *Wall Street*. Vale lembrar que o VSAT não é apenas *spread spectrum* [9].

2.10.2 - A cristalização do mercado

Após este primeiro sistema, a mesma companhia lançou, por volta de 1984, um novo sistema bidirecional, consistindo de uma estação central de grande porte (a 'HUB') ligada a estações remotas, com diâmetros de 1,2m, capacidade de transmissão de até 9,6 kbit/s e capacidade de recepção de 156 kbit/s. Neste sistema tirou-se proveito de outra característica da modulação *spread-spectrum*: sua capacidade de múltiplo acesso.

Este esquema, que leva o nome de CDMA (*Code Division Multiple Access*), permite a identificação de cada estação por código específico inerente ao processo de modulação.

Na figura 2.10 abaixo vemos uma rede VSAT TDM/TDMA típica.

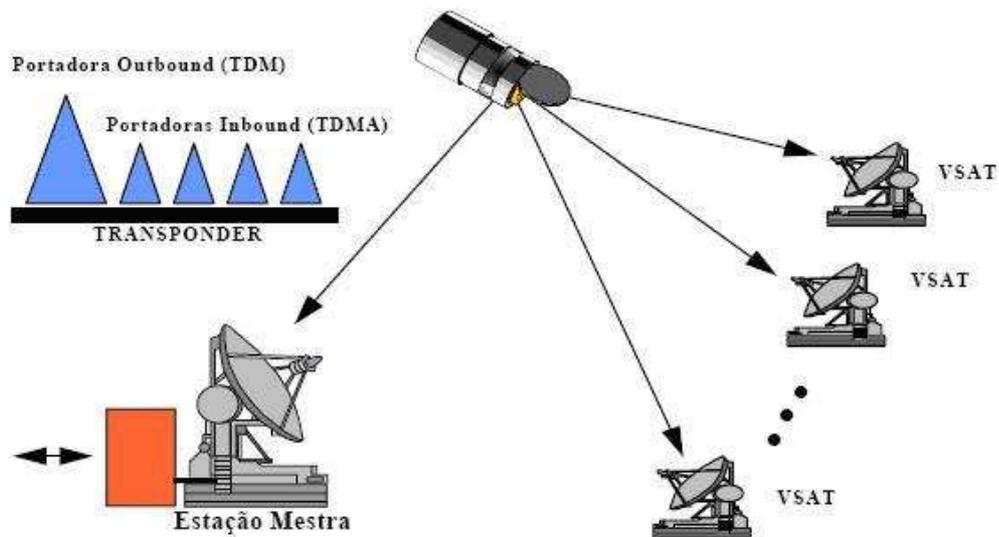


Figura 2.10 - Rede VSAT TDM/TDMA Típica [9].

Por volta de meados da década de 80 apareceu o acrônimo VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) para designar estações terrenas de satélite com antenas de abertura reduzida (tipicamente inferiores a 2,4m de diâmetro). Inicialmente usado apenas por uma empresa fabricante como marca, este nome ganhou posteriormente uso geral na designação de microestação.

Esta companhia desenvolveu um sistema no qual cada VSAT é identificada pela sua frequência de transmissão, esquema que recebe o nome de FDMA (*Frequency Division*

Multiple Access). Paralelamente começaram a surgir sistemas VSAT baseados numa terceira técnica de múltiplo acesso, na qual as VSATS transmitem na mesma frequência, mas em tempos distintos, denominada TDMA. Estes sistemas, entretanto, tinham a novidade de operarem na banda Ku (subida para o satélite em 14 GHz e descida do mesmo em 12 GHz), o que permite o uso de antenas relativamente menores que na banda C e maior rapidez na entrada em operação das microestações. Na banda Ku não é frequente a existência de sistemas de microondas terrestres capazes de interferir ou serem interferidos por transmissões satélites [9].

Fundamentalmente estes sistemas VSAT, nas três tecnologias mencionadas, são sistemas de comunicação de dados por comutação de pacotes, tirando proveito da quase ubiquidade do sinal do satélite, dentro de sua área de cobertura. Em todos os sistemas, no sentido HUB-VSAT, são utilizadas portadoras conduzindo um canal TDM estatístico, tal como numa rede de pacotes terrestre. No sentido contrário, cada esquema de múltiplo acesso define as características do canal *inbound*. Pode-se também transmitir voz digitalizada em redes VSAT, embora este tipo de aplicação consuma relativamente muitos recursos das portadoras *outbound* e *inbound*. As micro-estações são também frequentemente usadas para recepção de vídeo, tanto analógico como digital, através de portadora específica para este fim.

As redes VSAT passaram então a disputar o mercado de comunicação de dados até então ocupado por sistemas terrestres de linhas dedicadas (ponto-multiponto) e de comutação de pacotes, tipicamente com arquitetura de um computador central, ou seu *front-end*, ligado a terminais ou controladoras de terminais, definindo uma topologia em estrela. Atrasos na liberação e baixa qualidade das linhas de comunicação de dados terrestres, muitas vezes a não existência das mesmas e ainda a dificuldade em fazer negócio com mais de um provedor de serviço eram e continuam sendo motivos determinantes na opção por redes VSAT.

O principal inconveniente da transmissão satélite, o retardo de propagação (cerca de 250 ms que inclui a subida e descida do satélite), foi minimizado com códigos corretores de erro poderosos (FEC, *Forward Error Correction*), o que diminui bastante o número de retransmissões de quadros, e com a emulação de protocolos de usuário (SDLC, BSC, BPS, etc.) na HUB e nas VSATS, o que impede a transmissão de *polling* aos terminais através

da rede. Na segunda metade da década de 80, o mercado deu nítida preferência às redes TDMA, basicamente pelo fato de que com esta tecnologia seria possível atender vários tipos de perfis de tráfego de usuário, desde o mais interativo até transferências de arquivos com tráfego *batch*. Com canais *outbound* de até 512 kbit/s e canais *inbound* de até 128 kbit/s, as redes TDMA utilizam, entre outros, um protocolo de múltiplo acesso, criado no início da década de 70 por Norman Abramson (um papa da teoria da informação), o protocolo Aloha, mais tarde melhorado com o Aloha Segmentado (S-Aloha). Estes protocolos servem muito bem a tráfegos interativos. Para tráfegos *batch* pode-se configurar o sistema para um esquema fixo de alocação de tempo para cada VSAT sem disputa, havendo ainda a possibilidade de operação por reserva, o que atende a tráfegos não totalmente contínuos [9].

O esquema CDMA só é interessante para tráfegos interativos e o esquema FDMA é extremamente ineficiente em termos de ocupação de segmento espacial, para tráfegos interativos.

Variações dos sistemas VSAT clássicos (TDM/TDMA, FDMA ou CDMA) descritos acima estão se tornando mais frequentes a cada dia. Sistemas nos quais as VSATS podem conectar-se diretamente entre si, sem necessidade de passagem por estação HUB (sistemas *hubless full-mesh*), já se encontram no mercado, com inúmeras redes, notadamente na Ásia e América Latina. Estes sistemas utilizam esquemas de acesso FDMA ou TDMA, podendo as conexões ser estabelecidas por demanda, modalidade conhecida por DAMA (*Demand Assigned Multiple Access*). Embora hajam exemplos de sistemas VSAT sem HUB por comutação de pacotes, os mais comuns no mercado utilizam comutação de circuitos, com canais do tipo cano de bits (*bit pipe*), sem, portanto emulação de protocolos. Geralmente a solicitação de conexão se dá através de um canal específico com uma estação de supervisão e gerência ou por um esquema de gerência distribuído. Estes sistemas abrigam com maior facilidade tráfegos de voz VSAT-VSAT, por não introduzirem o chamado duplo salto (duas subidas e duas descidas do satélite em um só sentido de transmissão), o que dificulta (mas não impede) a conversação.

Na figura 2.11 abaixo vemos uma rede VSAT DAMA/SCPC típica.

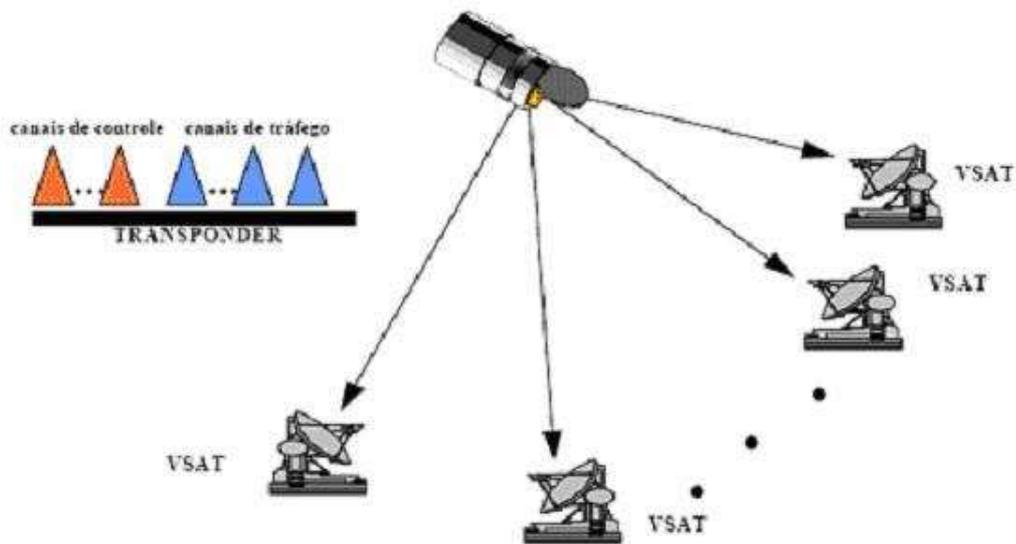


Figura 2.11 - Rede VSAT DAMA/SCPC Típica [9].

2.10.3 - VSATS no Brasil

No Brasil, no final da década de 80, iniciou-se o uso pelo segmento bancário de redes VSAT na modalidade *private HUB*, modalidade na qual o cliente investe na estação HUB, instalada em suas dependências, e nas micro-estações, com transmissão pelo satélite Brasilsat em banda C (Serviço Datasat-Bi Exclusivo da Embratel). Redes com tecnologias FDMA e CDMA foram comercializadas, mas como nos EUA, os sistemas TDMA se impuseram no mercado. Em 1991, a Embratel iniciou a operação de uma estação HUB compartilhada com tecnologia TDMA (Serviço Datasat-Bi Compartilhado) localizada inicialmente no Rio de Janeiro depois transferida para São Paulo. Nesta outra modalidade há um compartilhamento da estação HUB e das portadoras *downlink* e *uplink* entre vários usuários. Já existem também no país VSATs interligadas a estação HUB no exterior (EUA), utilizando satélite em Banda C. Mais recentemente, a Embratel passou a oferecer o Serviço Datasat-bi exclusivo também em banda Ku, embora sem cobertura de todo o território nacional, permitindo a entrada em operação da primeira rede VSAT nessa banda de frequências adquirida por uma grande indústria do setor automotivo. Acordos com países da América Latina estão sendo negociados, o que ampliará a utilização transfronteira de redes VSAT [10].

Com o novo cenário de competição que se configura, aguarda-se um grande aumento no número de redes VSAT operando no país. Deve-se esperar também que a tecnologia se desenvolva no sentido de taxas de bits mais elevadas, adequando-se às novas técnicas de transmissão, protocolos e perfis de tráfego.

2.10.4 - Redes mundiais

Exemplos de Sistemas de Comunicações por Satélite:

A seguir são listados diversos dos principais sistemas de comunicação por satélite em operação [11].

A. Sistemas internacionais:

- 1) INTELSAT (*Internacional Telecommunications Satellite Organization*) - O INTELSAT inicialmente era um consórcio internacional, com 120 países membros, foi privatizado em 2001, que dispõe de uma rede com 16 satélites (em 1990), cobrindo todo o globo terrestre, dividido em três regiões de operação: AOR - *Atlantic Ocean Region*, IOR - *Indian Ocean Region* e POR - *Pacific Ocean Region*.
- 2) INTERSPUTNIK (*International System and Organization of Space Communications*) - O INTERSPUTNIK é uma organização internacional com 15 países membros, provendo serviços de comunicação fixa por satélite a 40 nações (originalmente atendia países do bloco comunista). Para tal são utilizados dois satélites STATIONAR 4, um sobre o Atlântico e outro sobre o Índico.
- 3) INMARSAT (*International Mobile Satellite Organization*) - O INMARSAT inicialmente era uma organização internacional com mais de 60 países membros, mas foi privatizada em 1999, cujo objetivo é a prestação de serviços de comunicação móvel (aeronáutico, marítimo e terrestre) por satélite. Para tal, são utilizados 6 satélites em 4 regiões de operação:

AOR-E -*Atlantic Ocean Region - East*; AOR-W - *Atlantic Ocean Region - West*;
IOR - *Indian Ocean Region*;
POR - *Pacific Ocean Region*, a comunicação com as estações móveis é realizada em banda L (1-2 GHz).

- 4) PANAMSAT - O PANAMSAT foi comprado pela Intelsat e se dedicada às comunicações internacionais. Atualmente o PANAMSAT dispõe de um único satélite (PAS-I) sobre o Atlântico, cobrindo as Américas e a Europa, porém sua segunda geração é composta por três satélites. Proverá cobertura mundial.
- 5) ORION - O ORION é um sistema privado, dedicado à comunicação internacional por satélite entre a América do Norte e a Europa, em operação.

B. Sistemas regionais:

- 1) EUTELSAT - *European Satellite System* - O EUTELSAT é um sistema regional (europeu). Com 26 países membros, que utilizam quatro satélites na banda Ku (14/11 GHz).
- 2) ARABSAT - *Arab Satellite Communications Organization* - O ARABSAT é uma organização da Liga das Nações Árabes que dispõe de dois satélites, operando na banda C (6/4 GHz).
- 3) PALAPA - O PALAPA é um sistema regional cobrindo: Indonésia, Malásia, Tailândia e Filipinas, operando com dois satélites na banda C.
- 4) TELE-X - O TELE-X é um sistema que cobre a Escandinávia (Dinamarca, Noruega, Suécia e Finlândia).

C. Sistemas domésticos estrangeiros:

- 1) Canadá - O sistema de comunicações por satélite doméstico do Canadá é operado pela TELESAT e utiliza satélites denominados ANIK. Sendo 2 na banda C, 3 na

banda Ku e os mais recentes ANIK E (1º lançamento em 1990) nas bandas C e Ku.

- 2) Estados Unidos - Os Estados Unidos dispõem de cerca de 38 satélites, sendo 6 híbridos (bandas C e Ku), 12 na banda Ku e os demais na banda C. Estes satélites são operados por diversas empresas privadas.
- 3) Japão – A ANASPA (*National Space Development Agency of Japan*) dispõe de quatro satélites (CS2a, CS2b, CS3a e CS3b), operando nas bandas C e Ka (20/30 GHz). Existem também outros dois sistemas: JCSAT (2 satélites na banda Ku) e SUPERBIRD (2 satélites nas bandas C e Ka).
- 4) Austrália - Na Austrália é utilizado o sistema AUSSAT, composto por três satélites na banda Ku.
- 5) Índia - O sistema INSAT é composto por dois satélites na banda C.
- 6) México - O México utiliza o sistema MORELOS composto por dois satélites, operando nas bandas C e Ku.
- 7) França - A França utiliza os satélites domésticos TELECOM. Operando nas bandas C, Ku e X. A primeira geração, TELECOM 1 era composta por dois satélites, os quais foram substituídos, desde 1992, pelos satélites TELECOM 2.
- 8) CEI - A CEI utiliza três tipos de satélites para comunicações domésticas: MOLNYA-3, em órbita elíptica com dois *transponders* na banda C, GORIZONT, com seis *transponders* na banda C, e um na banda Ku, e RADUGA, com três *transponders* na banda C.

D. Sistemas militares

Os sistemas de comunicação militar por satélite utilizam faixas de frequências específicas, não compartilhadas por sistemas comerciais, sendo usualmente empregadas as faixas de UHF e a banda X (7/8 GHz). Mais recentemente tem-se verificado a utilização de frequências superiores em EHF.

Na tabela 2.7 são apresentados alguns sistemas de comunicação militar por satélite em operação.

Tabela 2.7 - Sistemas de comunicação militar [1].

PROPRIETÁRIO	REDE	BANDA UTILIZADA
ESTADOS UNIDOS	FLTSATCOM E DSCS	UHF e X
INGLATERRA	SKYNET	UHF e EHF
FRANÇA	SYRACUSE	X
OTAN	NATO	X
CEI	GALS	X
ESPAÑA	SECOMSAT	X
BRASIL	SISCOMIS	X

E. Sistemas com satélites não geoestacionários

- 1) IRIDIUM - Foi um projeto da *Motorola* com 66 satélites (77 inicialmente) LEO, utilizando banda L, lançados em 1997 com o objetivo de fornecer um serviço mundial de telecomunicações por meio de dispositivos portáteis. Foi um fracasso que levou mais de dez anos para ser implementado e que consumiu mais de 20 bilhões de dólares. Um erro fatal da *Motorola*, algo simplesmente inacreditável [12].

Do pouco que se sabe sobre o início deste projeto, é que a esposa de um alto executivo da *Motorola* viajou em férias para fora dos EUA, porém o marido ficou trabalhando e não pode viajar. Naquela época ainda se utilizava o celular analógico, e ela, fora dos EUA, tentava ligar para o marido, tentando utilizar o serviço local (em "roaming"), mas não conseguia fazer a ligação. Ela então, ao regressar para os EUA, comentou com o marido que a *Motorola* deveria desenvolver um celular no qual qualquer pessoa conseguisse fazer e receber ligações em qualquer lugar do mundo, de uma forma rápida e eficiente, mesmo que fosse um local remoto.

Porém como o desenvolvimento demorou muito, a tecnologia celular desenvolveu-se rapidamente, e também a cobertura aumentou de forma espantosa. Desta forma, quando o *Iridium* foi lançado, já se podia fazer e receber ligações

nas grandes cidades do mundo sem grande dificuldade e também já se utilizava o sistema digital, superior em qualidade e facilidades quando comparado ao sistema analógico [12].

- 2) ORBICOMM - Este sistema consiste de 20 satélites pequenos (dois satélites em órbita polar e os demais igualmente espaçados em 3 planos inclinados de 40° em relação ao equador) a são empregados (desde 1993) para determinação de posição e troca de mensagens curtas, serviços de monitoramento e rastreamento, com uma estação central.
- 3) ELIPSAT - O sistema ELLIPSO é constituído por 24 satélites, em 4 órbitas elípticas, provendo radiolocalização e serviços de comunicação por voz.
- 4) LEOSAT - Sistema projetado para comunicação mundial de dados, via receptores portáteis, constituído por 18 satélites operando em VHF (150 MHz).
- 5) STARSYS - O sistema STARNET é constituído por 24 satélites de pequeno porte. Distribuídos em órbita inclinada de 50°/60° utilizando a faixa de VHF (130-150 MHz) e se propõe a oferecer serviços de comunicações bidirecionais e de determinação de posição.
- 6) GLOBALSTAR - O projeto da Globalstar foi lançado em 1991 com a parceria da *Loral Corporation* e da *Qualcomm*. Em 24 de Março de 1994, os dois patrocinadores anunciaram a formação da *Globalstar L.P.* (uma parceria limitada incorporada nos EUA) com participação financeira de outras oito companhias, incluindo a *Alcatel*, *AirTouch*, *Deutsche Aerospace*, *Hyundai* e *Vodafone*. Os primeiros satélites foram lançados em fevereiro 1998, mas a distribuição do sistema foi atrasada com uma série de falhas de lançamento, por exemplo, a notável a perda de setembro 1998 de 12 satélites em um lançamento por uma agência Russa. Em fevereiro de 2000, lançou o último de 52 satélites: 48 satélites e quatro sobressalentes (reduzidos da planta original de oito sobressalentes). Em dezembro de 1999, o sistema começou seu serviço comercial limitado (200 usuários) com os 48 satélites (nenhuns sobressalentes na órbita). Em fevereiro de 2000, começou o serviço comercial com seus 48 satélites e 4 sobressalentes na

América do Norte, na Europa e no Brasil. As órbitas da Globalstar têm uma inclinação de 52 graus.

- 7) GPS - O sistema "*Global Positioning Satellite*", de 10 bilhões de dólares, foi desenvolvido pelo Governo Norte Americano, para uso pelo Departamento de Defesa. O GPS é um sistema de navegação que trabalha no princípio de que no mínimo 3 ou 4 satélites serão visíveis acima do horizonte em cada instante. Medindo o tempo requerido para receber sinais dos satélites, um receptor GPS pode, por triangulação, determinar sua localização e, indiretamente, sua velocidade. Sua precisão é de 17,8m (P-code, exclusivo dos militares), de 30cm (C/A - *coarse acquisition*) ou de 100 metros (S/A - *Selective Availability*, agora disponível para uso civil).

Não devemos deixar de mencionar outras organizações e empresas que utilizam os satélites como principal meio de comunicação a longas distâncias, são eles: bancos e suas agências, inclusive bancos 24hs, supermercados, bolsas de valores, fábricas e suas filiais, laboratórios, jornais, carros de reportagem, militares, centros de pesquisa, e muitos outros.

2.11 - RETARDO (*DELAY*) EM COMUNICAÇÕES VIA SATÉLITE

2.11.1 - O Problema

Em algumas situações se tem afirmado que o retardo de transmissão em comunicações por satélite impede o uso do mesmo para transmissão de dados. Esta afirmação é equivocada, pois o retardo não impede a transmissão de dados em comunicações por satélite.

A diferença básica entre transmissão de dados terrestre e via satélite é o retardo da transmissão. O sinal de rádio, viajando à velocidade da luz, leva cerca de 270 milisegundos para ir da terra ao espaço (satélite geoestacionário posicionado a 36.000 km de altura), e do espaço, de volta à terra. Uma aplicação que requeira uma transmissão e uma resposta associada leva, portanto, 540 milisegundos para ir até o destino e retornar com um "*acknowledgment*" ("ACK"). Na prática, retardos adicionais nas estações terrenas envolvidas acabam levando este retardo total para cerca de 600 milisegundos [13].

2.11.2 - A solução

Um elemento importante em qualquer enlace de dados via satélite é o protocolo utilizado. Ele permite que terminais de dados, que pretendam comunicar-se, façam-no dentro de um conjunto de regras e procedimentos que instruem cada terminal como ele envia seus dados para o outro lado e de que forma tais dados são retransmitidos caso ocorra algum erro.

Existem diversos protocolos tais como X.25, BSC, SNA/SDLC, etc. com suas variações e formas de implementação. O resultado é que se tem uma variedade de formas para se definir um protocolo entre dois dispositivos. Cada protocolo tem seus pontos fortes e fracos e sua adequabilidade.

A maioria dos protocolos tem coisas em comum, como por exemplo, o tamanho das "janelas" e o "*time out*". O que ocorre, é que algumas características que funcionam bem numa aplicação terrestre (com baixo retardo) requerem ajustes para operar satisfatoriamente via satélite.

Portanto, a solução para o problema de retardo de transmissão de dados em comunicações por satélite passa por escolher adequadamente os parâmetros do protocolo utilizado (*tunning*). A menos no caso de aplicações em tempo real que requeiram tempos de resposta totais bastante restritivos, o satélite sempre poderá ser uma solução possível, não sendo impeditivo o retardo de transmissão.

2.11.3 - Alguns detalhes adicionais

Uma das características mais relevantes dos protocolos é o tamanho da "janela". Em alguns protocolos, o terminal de transmissão deve receber um "ACK" do terminal de recepção pacote a pacote.

Somente quando o terminal transmissor souber que o pacote emitido chegou em segurança no seu destino é que ele envia o pacote seguinte. Como, nesse caso, apenas um pacote pode ter um "ACK" (*acknowledgment*), diz-se que o tamanho da janela é igual a um. Esta forma de operar é possível em uma rede terrestre, mas ineficiente em uma ligação via satélite,

pois o terminal emissor gasta muito tempo esperando o "ACK", bloqueando a transmissão de dados.

No caso de comunicações por satélite onde os canais têm baixas taxas de erro, devido ao uso de códigos detectores e corretores de erro (FEC), pode-se muito bem transmitir vários pacotes em seqüência.

Aposta-se que muitas dessas freqüências sejam transmitidas sem que algum erro não corrigido pelo FEC ocorra (o número de pacotes de cada seqüência é chamado de janela). Com isso ganha-se **vazão** ("*throughput*"), que fundamentalmente é o número de bits (bytes ou pacotes) transmitidos (com êxito) na unidade de tempo. Esta forma de operar requer um espaço de memória (buffer) grande o suficiente para permitir armazenar os pacotes que compõem a janela de transmissão [13].

Para comunicações satélite em protocolos como X.25 e SDLC o comprimento de janela utilizado é de 128 pacotes. O protocolo BSC é do tipo *stop-and-wait* (janela 1), o que o torna ineficiente para comunicações satélite.

Como citado anteriormente, outra característica existente em muitos protocolos é o "*time out*".

Quando um terminal transmite dados para um outro, uma cópia do pacote de dados é guardada no buffer do terminal emissor para eventual retransmissão, caso ocorra erro de transmissão. Após um intervalo pré-definido, se não houver um "ACK", o pacote de dados é retransmitido. É claro, portanto, que devido ao retardo inerente à comunicação por satélite o sistema deve ser reajustado para um valor maior se comparado com o caso terrestre. Para ser eficiente, este "*time*" deve ser ajustado para valores que levem em conta o tempo de retardo adicionado ao tempo de transmissão e tempo de processamento envolvidos.

2.11.4 - O caso das VSATS

Nos casos citados anteriormente, consideraram-se aplicações via satélite do tipo "*clear channel*" isto é, não há emulação pelo equipamento satélite de nenhum protocolo. O protocolo está apenas nos terminais do usuário e o canal satélite é visto como um duto por onde trafegam os dados.

Há, porém, uma abordagem diferente, quando se consideram aplicações comumente identificadas como VSATS TDM/TDMA para dados. Neste caso, ao invés de somente adaptar-se o protocolo do usuário para a transmissão via satélite, faz-se uma emulação deste protocolo, agora no equipamento satélite, que permite ao usuário não sentir o retardo do satélite. Cada fabricante tem desenvolvido seus protocolos para resolver esta questão e tais soluções fazem parte da tecnologia oferecida para aquela rede VSAT. Aliás, um dos motivos pelos quais terminais VSATs de tecnologias diferentes não se comunicam entre si é justamente pelo fato de que internamente estas redes utilizam protocolos proprietários.

2.11.5 - Conclusão sobre o retardo em comunicações via satélite

Levar em conta o retardo intrínseco em uma transmissão de dados via satélite é uma boa prática de engenharia e planejamento, que permite uma rede operar eficientemente via satélite. Não há motivo razoável, portanto, para se concluir que transmissão de dados e satélite são coisas incompatíveis. É bom lembrar que há milhares de estações terrenas transmitindo e recebendo dados via satélite em todo o mundo [13].

2.12 - PROPAGAÇÃO ATMOSFÉRICA EM SISTEMAS SATELITAIS

Apresenta-se a seguir conceitos básicos sobre a propagação de ondas eletromagnéticas entre a Terra-Espaço (uplink) e Espaço-Terra (downlink) mostrando os efeitos atmosféricos associados ao meio. Não é nosso objetivo nesse trabalho realizar um estudo destes modelos, mas contribuir com informações auxiliares. Existem modelos regionalizados desenvolvidos por centros de estudo e pesquisa, baseados em mediadas de campo reunidas ao longo de décadas que retratam de maneira bastante fiel essas características.

2.12.1 - Propagação Terra-Espaço (uplink)

Uma vez emitido por meio da antena de transmissão [14], o sinal inicia sua caminhada através da atmosfera e o espaço. Até sua chegada ao satélite, normalmente posicionado a 36.000 km de distância da superfície terrestre em uma órbita geo-estacionária, dependendo é claro da localização da estação transmissora (se logo abaixo da linha do satélite ou em um extremo de cobertura do mesmo) a onda propagada sofrerá diversas intempéries.

A primeira delas é a que estará presente em qualquer condição de propagação, que é a chamada "perda de espaço livre". A mesma diz respeito à perda associada inversamente ao quadrado da distância percorrida por uma onda eletromagnética em um meio como o espaço livre e diretamente à sua frequência de operação.

Este valor é encontrado a partir da equação (2.4):

$$A_o = 92,44 + 20\log D(Km) + 20\log f(GHz) \quad (2.4)$$

Através do gráfico da Figura 2.12 abaixo [14], também é possível obter-se o valor para a atenuação em espaço livre.

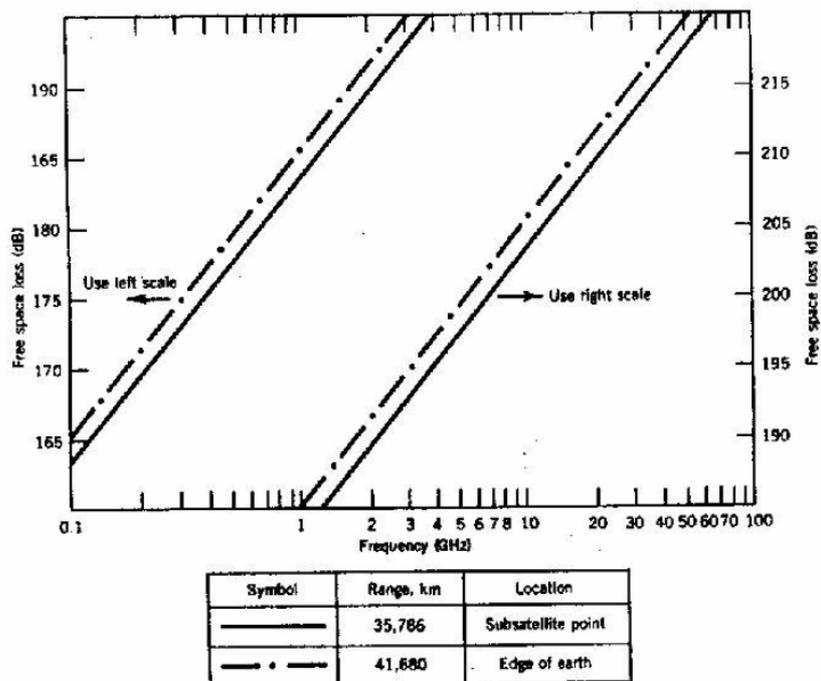


Figura 2.12 - Atenuação em espaço livre para satélites geo-estacionários [14].

É importante que seja observada a posição da estação terrena com relação ao satélite. Caso a estação terrena esteja exatamente sob a projeção do satélite sobre a Terra, a distância a ser considerada é de $h = 35.786$ km. Caso a estação terrena esteja em uma posição tal que a borda de cobertura do satélite recaia sobre ela (no horizonte visto do satélite), a distância a ser considerada é de $H = 41.680$ km. Este segundo caso, fornece uma atenuação de espaço livre maior, obviamente. A Figura 2.13 abaixo torna imediata esta visão.

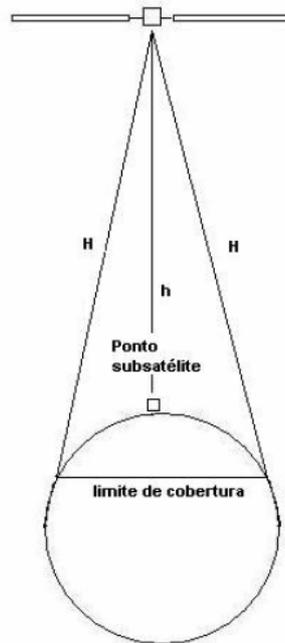


Figura 2.13 - Posição da estação terrena em relação ao satélite [14].

Além desta perda, existem outras que estarão presentes neste tipo de meio como a perda atmosférica. Esta é proveniente das características de composição do meio atmosférico, ou ar. Sabe-se de antemão que o ar é composto por gases diversos, névoa, poluição, vapor d'água e chuva. Estes componentes atenuam o sinal que por eles atravessa, absorvendo sua energia.

Para frequências acima de 10 GHz são significantes as perdas relacionadas à atenuação por chuvas e à absorção por oxigênio e vapor d'água, pois o comprimento de onda para estas frequências passa a ser tão pequeno quanto o tamanho das partículas destes gases e passam portanto, a absorver energia. Os sistemas de comunicação via satélite que operam com frequências na faixa compreendida pela banda Ku, Ka e outras mais altas, consideram estes efeitos em seus cálculos de enlace.

A Figura 2.14 abaixo [14] mostra a atenuação específica (dB/km) associada a estas perdas. A curva que representa o nevoeiro considera uma concentração de $0,1\text{g/m}^3$. Também é apresentada a absorção por gases (oxigênio e vapor d'água).

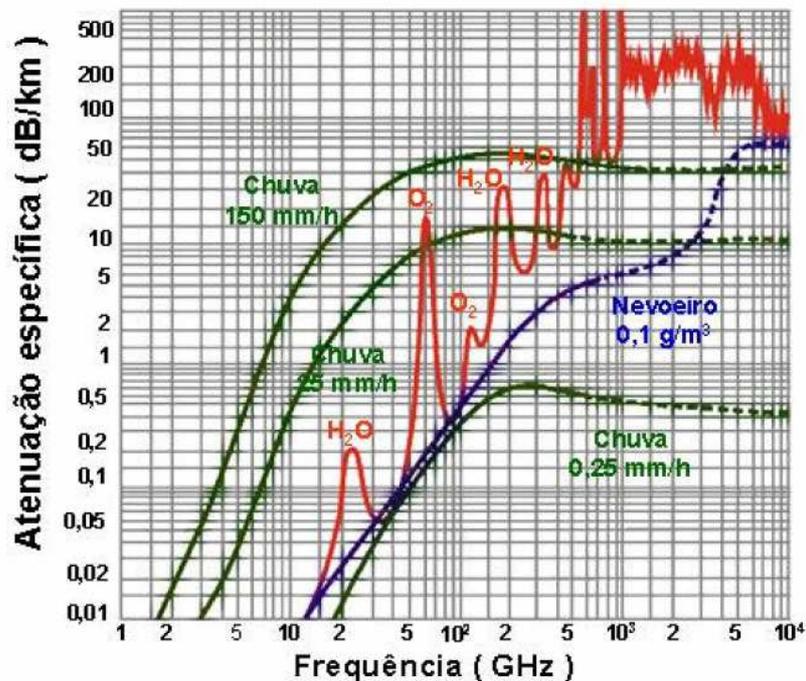


Figura 2.14 - Perdas atmosféricas [14].

Os efeitos provocados pelas chuvas são ainda mais graves como pode ser visto no mesmo gráfico. Em comparação com a atenuação provocada pelos gases, em dB elas podem ser até 1.000 vezes mais agressivas, dependendo é claro de sua intensidade. A Figura 2.14 mostra três níveis de curva representando o efeito das chuvas, para precipitações de 0,25mm/h, 25mm/h e 150mm/h. Porém, o regime de chuvas varia de região para região em torno do planeta e também, obviamente com a época do ano. Para que seja possível realizar um estudo de enlace em uma determinada localidade, é muito importante conhecer o seu regime de chuvas. Diversos modelos são encontrados na literatura e nos órgãos de telecomunicações como a UIT, mas estes são baseados em informações bastante genéricas que por muitas vezes não refletem a verdadeira realidade.

2.12.2 - Propagação Espaço-Terra (downlink)

O sentido de comunicação do downlink é basicamente o inverso do uplink [14]. Os transmissores do satélite geralmente utilizam valores de potência muito abaixo dos utilizados pelas estações terrenas (inclusive por este motivo é que são utilizadas frequências menores para downlink do que para o uplink - 12 GHz e 14 GHz em Banda Ku) e precisam amplificar um quantidade bastante grande de sinais devido à subdivisão de determinada faixa do espectro em diversos transponders ao contrário das estações remotas que manipulam apenas um sinal na transmissão.

Novamente, uma atenuação é então introduzida no enlace devido à propagação em espaço livre e aos efeitos atmosféricos. Vale mencionar, que quanto maior for a região a ser percorrida pelo sinal em presença de chuva por exemplo, maior será a atenuação imposta ao mesmo. É curioso observar também que, pode haver a situação em que uma estação terrena, recebendo ou transmitindo o sinal esteja em uma localidade com bom tempo, mas que durante o percurso das ondas eletromagnéticas, em algum lugar está uma coluna de chuva. Neste caso, apesar da estação não estar diretamente sofrendo a ação das chuvas, o sinal atravessa uma localidade que está tendo este impacto e assim a disponibilidade do enlace cai, às vezes sem se saber exatamente o porquê. O risco de ocorrer este problema é maior com remotas instaladas com baixo ângulo de elevação.

3 - ACESSO MÚLTIPLO

3.1 - DEFINIÇÕES PRELIMINARES

Acesso Múltiplo é definido como as técnicas que permitem diversas estações terrestres, na mesma rede, trocarem informações via o ponto nodal, representado pelo satélite, conforme é mostrado na figura 3.1 abaixo.

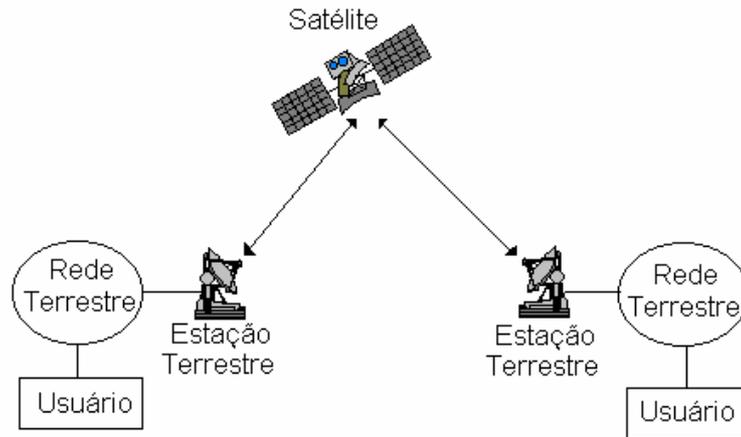


Figura 3.1 - Rede de Comunicações [15].

Entre as antenas de transmissão e recepção está o satélite, que contém um repetidor que geralmente consiste em um ou mais canais, chamados *transponders*, operando paralelamente em diferentes sub-bandas da largura de banda total usada. Os *transponders* são organizados em um plano de frequências na(s) faixa(s) de operação do satélite. A figura 3.2 abaixo apresenta o plano de frequências típico de satélite operando na banda C.

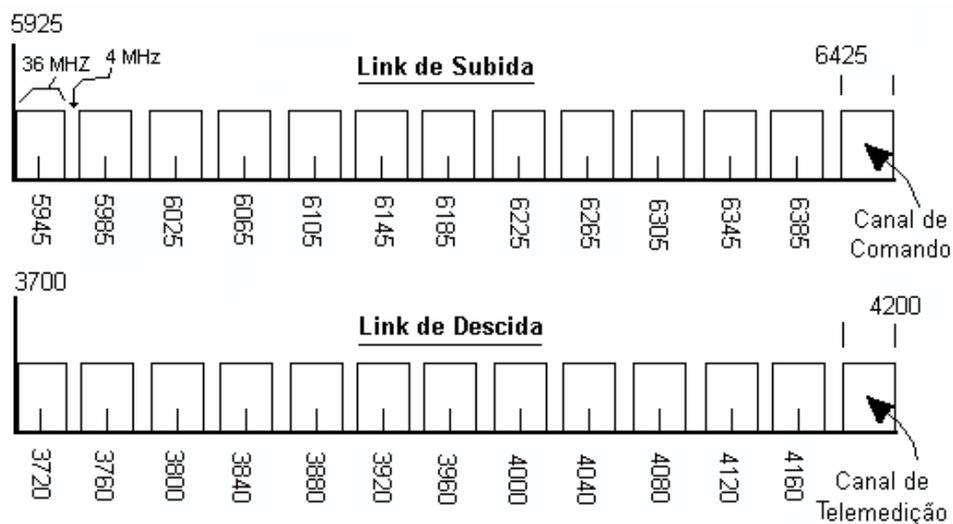


Figura 3.2 - Plano de frequências [15].

A tabela 3.1 abaixo apresenta as faixas de frequências utilizadas em comunicações via satélite:

Tabela 3.1 - Faixa de frequências utilizadas em comunicações via satélite.

BANDA	FAIXA (GHz)
L	1 – 2
S	2 – 4
C	4 – 8
X	8 – 12
Ku	12 – 18
K	18 – 27
KA	27 – 40
Milimétrica	40 – 300

As informações são transferidas entre diversas estações terrestres, o que implica no estabelecimento das diversas ligações simultâneas de estação para estação, no mesmo *transponder* do satélite. Dependendo da solução escolhida (as tratadas nesse estudo serão mostradas adiante), o *transponder* do satélite amplifica uma ou mais portadoras [15].

Somente a rede de satélites de um simples feixe será considerada nos capítulos seguintes. No contexto de satélites de um único feixe (cobertura global – atende a maior área, energia mais espalhada), as portadoras transmitidas por todas as estações da rede acessam a mesma antena de recepção do satélite e essas mesmas estações podem receber todas as portadoras retransmitidas pela antena do satélite. Se o feixe for suficientemente grande (largura do feixe da ordem de 17 graus a fim de se obter cobertura global), um canal de satélite cobre toda a região da Terra visível ao satélite (ex.: o feixe global do Intelsat). Com uma pequena abertura angular o canal do satélite cobre somente uma parte da Terra (região ou país limitado geograficamente, ex.: satélites regionais assim como o EUTELSAT e satélites nacionais como o Telecom 1 e 2). A figura 3.3 abaixo mostra um canal do satélite cobrindo uma região visível do Brasil [15].

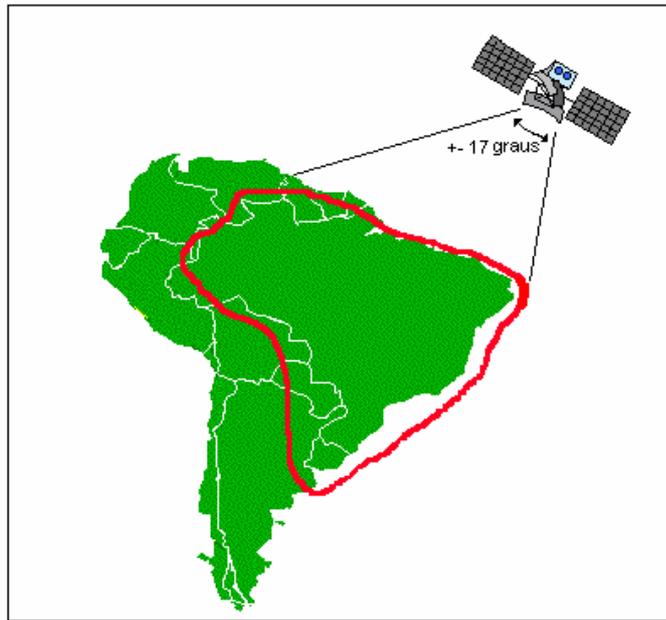


Figura 3.3- Um canal do satélite cobrindo uma região visível do Brasil [15].

A seguir faremos uma revisão rápida das leis estatísticas que regem o tráfego, e analisaremos então sucessivamente os problemas de roteamento de informações e acesso múltiplo pelas três técnicas fundamentais a seguir:

FDMA - Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência

TDMA - Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo

CDMA - Acesso Múltiplo por Divisão de Código

3.2 - LEIS DE TRÁFEGO

A intensidade de tráfego [15] ou carregamento resultante A é definida como:

$$A = R_{call} \cdot T_{call} \quad (3.1)$$

Onde:

R_{call} significa o número de chamadas por unidade de tempo.

T_{call} significa a duração de uma comunicação.

Assumimos que:

- “C” é o número de canais de comunicação providos;
- O número de usuários gerando chamadas é maior que o número de canais de comunicação “C” providos;
- As chamadas bloqueadas não são armazenadas.

Nessas condições, os modelos de Erlang indicam a probabilidade [16] que “n” canais estão ocupados ($n \leq C$):

$$En(A) = \frac{\left(\frac{A^n}{n!}\right)}{\sum_{k=0}^{k=C} \left(\frac{A^k}{k!}\right)} \quad (3.2)$$

Assumindo a condição de que $n = C$, ou seja, a probabilidade de n canais estarem ocupados “n” é igual ao número de canais de comunicação providos “C”, temos:

$$prob.bloqueio = \frac{\left(\frac{A^C}{C!}\right)}{\sum_{k=0}^{k=C} \left(\frac{A^k}{k!}\right)} \quad (3.3)$$

Onde:

Prob.bloqueio = Probabilidade de uma chamada ser bloqueada e perdida;

C = Número de canais de comunicação providos;

A = Intensidade de tráfego ou carregamento resultante;

Nos modelos de Erlang B e C: A probabilidade de bloqueio (ou da perda) é uma função do número de canais de comunicação providos “C”, e a densidade de tráfego ou

carregamento resultante “A” (Rcall.Tcall), conforme mostramos acima. As chamadas estão supostas para acontecerem de acordo com a distribuição de Poisson.

A capacidade de transferência de informação é definida como uma função de demanda e probabilidade de bloqueio aceitável (um valor típico vai de 0,5 a 1,0%).

A equação (3.3) é usada para calcular a probabilidade de uma chamada ser obstruída e perdida.

Para as seguintes entradas $A = 34.683$ e $C = 44$ temos como saída uma probabilidade de bloqueio igual a 0,02 ou 2%.

Erlang C: A probabilidade de se ter uma chamada atrasada por mais do que t segundos (postos em uma fila por mais do que t segundos) é uma função do número dos canais, C, da carga resultante, A (Erlangs) e da duração média de uma chamada, H (segundos). As chamadas chegam de acordo com uma distribuição de Poisson.

Atraso diferente de zero ou $t > 0$ seg. = Probabilidade de uma chamada a ser colocada em uma lista de espera ou probabilidade que uma chamada atrase:

$$prob.cham.atrasada = \frac{A^C}{A^C + C! \left(1 - \frac{A}{C}\right) \sum_{k=0}^{C-1} \frac{A^k}{k!}} \quad (3.4)$$

Probabilidade de uma chamada na lista de espera (chamada atrasada) permanecer mais do que t segundos:

$$prob.cham.fila.mais.que.t.segundos = \frac{-(C - A).t}{H} \quad (3.5)$$

Probabilidade que uma chamada atrase para mais do que t segundos.

$$\text{Prob.cham.atrase.mais que t segundos} = (\text{prob.cham.atrasada}) \cdot (\text{prob.cham.fila.mais.que.t. segundos}) \quad (3.6)$$

Para as seguintes entradas $A = 9$, $t = 10$, $C = 15$, e $H = 104,4$ temos as seguintes saídas:

- Probabilidade que uma chamada atrase: 0,048 ou 4,8%;
- Probabilidade de uma chamada na lista de espera (chamada atrasada) permanecer por mais do que t segundos: 0,563 ou 56,3%;
- Probabilidade que uma chamada atrase para mais do que t segundos: 0,027 ou 2,7%.

O atraso médio previsto para todas e qualquer chamada em um sistema é “D” em segundos:

$$D = \text{chamada.atrasada.prevista} \cdot \frac{H}{(C - A)} \quad (3.7)$$

Para nosso exemplo: $D = 0,839$ segundos.

E a média de atraso(s) para a chamada que é se sabe que está em uma fila usando a equação (3.7) é 17,4 segundos.

Observe que para a mesma probabilidade de bloqueio (Erlang B) e a probabilidade que uma chamada atrase (Erlang C para $t > 0$), o tráfego para Erlang B é maior que para Erlang C. Isso se deve ao fato que em Erlang C o sistema precisa manter controle dos canais enfileirados.

3.3 - ROTEAMENTO DE TRÁFEGO

O problema do roteamento de tráfego [15] está atribuído aos seguintes termos:

Dado uma demanda para tráfego numa rede de N estações, definimos como este tráfego será roteado. Para isso é necessário estabelecer uma capacidade de transferência de informação adequada entre cada par de estações. Essa capacidade é definida como uma

função de demanda e probabilidade de bloqueio aceitável (um valor típico vai de 0,5 a 1,0%). Permita C_{xy} ser a capacidade, expressada como um número de canais telefônicos produzidos ou bit/s, para a demanda de transferência de informações T_{xy} da estação x p/ estação y. O campo de capacidades disponível para trocas entre N estações é descrito por uma matriz de dimensão N com a diagonal principal igual a zero ($C_{xx}=0$). Por exemplo, para uma rede contendo 3 estações ($X = A,B,C$; $Y = A,B,C$):

C_{xy} = Capacidade igual ao número de canais telefônicos produzidos

T_{xy} = Demanda de transferência de informações da estação x para a estação y (bit/s)

N = Número de estações (aqui 3 estações e 1 *transponder*)

Na tabela 3.2 abaixo, a transferência de informações implica na modulação em radiofrequência da portadora retransmitida pelo canal do satélite.

Tabela 3.2 - Roteamento de tráfego

	PARA ESTAÇÃO Y		
DA ESTAÇÃO X	A	B	C
A	-	CAB	CAC
B	CBA	-	CBC
C	CCA	CCB	-

Dois acessos são possíveis e mostrados na figura 3.4 abaixo, para o caso de uma rede com 3 estações A,B e C:

- Estabelecer uma portadora por enlace
- Estabelecer uma portadora por estação transmissora

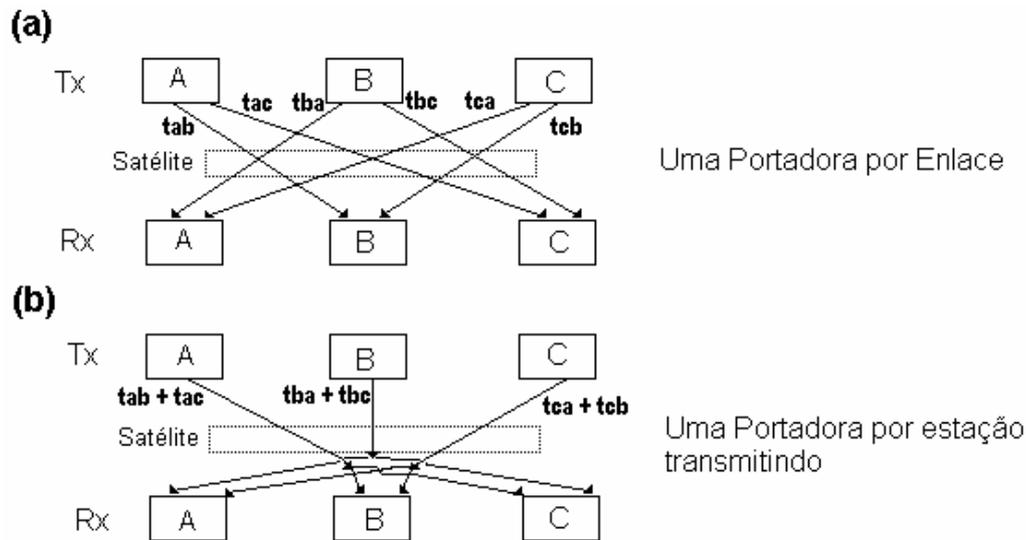


Figura 3.4 - Roteamento de tráfego. (a) Uma portadora por enlace. (b) Uma portadora por estação transmissora [13].

3.3.1 - Uma portadora por enlace (Figura 3.4 (a))

Uma portadora carrega informação de tráfego T_{xy} da estação X p/ a estação Y . O número de portadoras é igual ao número de coeficientes diferentes de zero na matriz acima $N(N-1)$. Os coeficientes da matriz definem a capacidade de cada portadora.

3.3.2 - Uma portadora por estação transmissora (Figura 3.4 (b))

A propriedade de radiodifusão do satélite é usada, possibilitando assim a cada estação receber todas as portadoras transmitidas pelo satélite (para um satélite de único feixe). Nessas condições, pode-se observar que a tarefa de carregar todo o tráfego da estação X para todas as outras estações pode ser designada para uma única portadora. O número de mensagens é igual ao número de estações N . A capacidade de cada portadora é dada pela soma dos coeficientes da fila da matriz acima que corresponde à estação que esteja transmitindo [13].

3.3.3 - Comparação

Pode-se observar que uma portadora por enlace resulta num número maior de portadoras do que uma portadora por estação transmissora, e cada portadora (de uma por enlace) teve uma capacidade menor. Entretanto, a estação receptora recebe somente o tráfego específico

para ela, enquanto no caso de uma portadora por estação transmissora, a estação receptora Y deve extrair o tráfego X para Y da portadora recebida da estação X do tráfego total transmitido pela estação X nessa portadora.

A escolha entre esses 2 acessos é somente econômico. Isso depende de outras considerações, como o número de canais do satélite, a largura de banda do canal do satélite e a técnica de acesso múltiplo usada. Em geral, o fato de que um número maior de mensagens é retransmitido pelo satélite é muito pior do que ter que transmitir mensagens de altas capacidades. O acesso “Uma portadora por estação transmissora” é o mais freqüentemente usado (Figura 3.4 (b)).

3.4 - O PRINCÍPIO DO ACESSO MÚLTIPLO

O problema do acesso múltiplo surge quando diversas mensagens são manejadas simultaneamente por um repetidor de satélite, o qual é um ponto nodal da rede.

Existem 2 aspectos que devem ser considerados:

- Acesso múltiplo para um *transponder* repetidor particular.
- Acesso múltiplo para um satélite repetidor

3.4.1 - Acesso múltiplo para um *transponder* repetidor particular

Para o caso de acesso múltiplo para um *transponder* repetidor particular, cada *transponder* amplifica [17] cada uma das portadoras cujos espectros caem dentro da banda passante no tempo quando o canal está em estado operacional. O recurso oferecido por cada *transponder* pode, portanto, ser representado na forma de um retângulo no plano Tempo/Freqüência. Esse retângulo representa a largura de banda do *transponder* e a sua duração de operação (figuras 3.5 (a, b, c) abaixo).

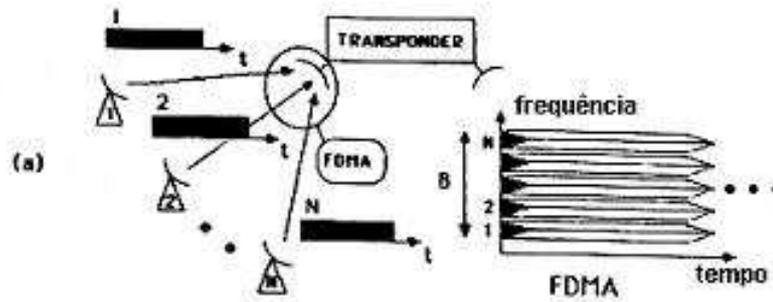


Figura 3.5 - O princípio do acesso múltiplo. (a) Acesso múltiplo por divisão de frequência (FDMA) [13].

Na ausência de preocupações especiais, portadoras ocupam esse retângulo simultaneamente e interferem-se mutuamente. Para evitar essa interferência, é necessário que cada estação terrestre que receba essas portadoras, seja capaz de discriminar as portadoras recebidas.

Essa discriminação pode ser realizada:

Como uma função da locação da energia da portadora no domínio da frequência. Se o espectro de cada portadora ocupa uma diferente sub-banda, o receptor pode discriminar entre portadoras por filtramento.

Esse é o princípio de Acesso múltiplo por divisão de frequência (FDMA), que pode ser visto na figura 3.5 acima.

Como uma função da locação temporal da energia da portadora.

Várias portadoras recebidas seqüencialmente por um receptor podem ser discriminadas por um gatilhamento regular no tempo se elas ocupam a mesma banda de frequência.

Esse é o princípio de Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA), que pode ser visto na figura 3.6, abaixo.

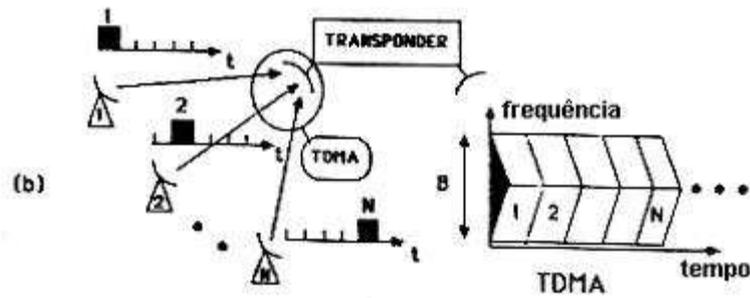


Figura 3.6 – (b) Acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA) [13].

Pela adição de uma “assinatura” que o receptor conhece e é específica para cada portadora. Isso assegura a identificação da portadora mesmo quando todas as portadoras ocupam a mesma banda de frequência simultaneamente. A assinatura é mais frequentemente realizada por meio de códigos pseudo-aleatórios (códigos de pseudo-ruídos PN), daí o nome Acesso Múltiplo por Divisão de Códigos (CDMA). O uso de tais códigos teve como efeito o alargamento considerável do espectro em comparação com aquele o qual teria se modulado somente com a informação útil. É por isso que CDMA é também chamado de acesso múltiplo por espalhamento espectral (SSMA). Veja a figura 3.7 (c), abaixo.

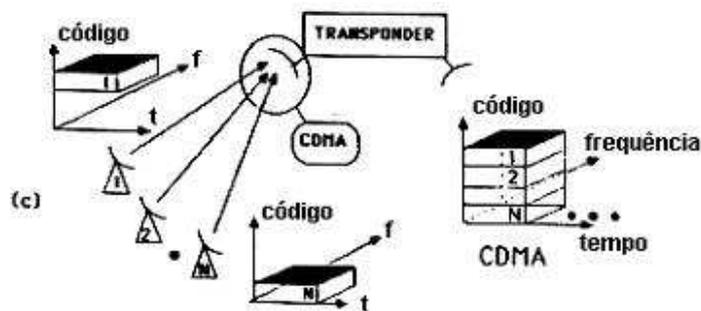


Figura 3.7 - (c) Acesso múltiplo por divisão de código (CDMA) [13].

Vários tipos de acesso múltiplo como definido acima podem ser combinados. A figura 3.8 abaixo mostra as variações de combinações.

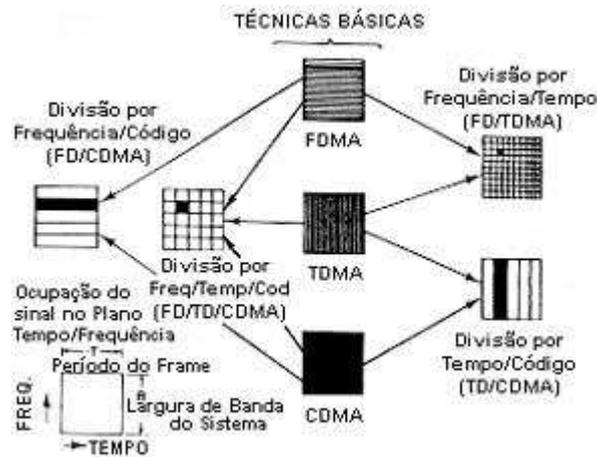


Figura 3.8 - Combinação dos três tipos fundamentais de acesso múltiplo dentro de tipos de acesso híbrido [13].

3.4.2 - Acesso múltiplo para um satélite repetidor

Acesso múltiplo para um *transponder* repetidor particular é prioritário ao acesso múltiplo para um satélite repetidor, pois nesse segundo caso é realizado como uma função de frequência (ou polarização) da portadora. Para cada combinação de portadora existe uma obrigatoriedade de acesso FDMA para o repetidor (isso inclui a discriminação de polarização como equivalência para a discriminação de frequência) juntamente com acesso FDMA, TDMA ou CDMA para cada *transponder*. As combinações correspondentes podem ser vistas na figura 3.8 acima, podendo portanto serem consideradas como representativas de acesso múltiplo para um satélite repetidor. Em todos os casos, a ocupação espectral de uma portadora não deve exceder a largura de banda do *transponder* [13].

4 - ACESSO MÚLTIPLO POR DIVISÃO DE FREQUÊNCIA (FDMA)

Nesse capítulo tratamos especificamente sobre a técnica de Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência (FDMA), sendo que nos capítulos que se seguem tratamos sobre as técnicas Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA), Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA).

No caso do Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência (FDMA), a largura de banda do *transponder* repetidor é dividida em sub-bandas; cada sub-banda é designada para uma portadora transmitida por uma estação terrestre. Com esse tipo de acesso, as estações terrestres transmitem continuamente e o *transponder* transmite várias portadoras de frequências diferentes ao mesmo tempo. É necessário guardar intervalos entre cada banda ocupada por uma portadora, para permitir as imperfeições dos osciladores e filtros. O receptor do *link* de descida seleciona a portadora requerida de acordo com a frequência apropriada. O amplificador de Frequência Intermediária (FI) providencia a filtração.

Dependendo das técnicas de modulação e demodulação utilizadas, vários esquemas de transmissão podem ser considerados. Em cada caso, o *transponder* carrega várias portadoras simultaneamente e a característica de transferência não-linear do *transponder* é a causa do problema maior que é a intermodulação entre as portadoras [15].

4.1 - ESQUEMAS DE TRANSMISSÃO

Antes vamos relembrar algumas definições:

MULTIPLEXAÇÃO: É a técnica que permite a transmissão de mais de um sinal em um mesmo meio físico. Existem duas formas básicas:

FDM (*Frequency Division Multiplexing*) - Multiplexação na Frequência

TDM (*Time Division Multiplexing*) – Multiplexação no Tempo

TÉCNICAS DE MODULAÇÃO (FDM): Técnicas que permitem o *shift* (deslocamento) de frequências. Os sinais são modulados e assim deslocados para outras faixas de frequências. Existem três básicas:

Para sinal Modulador Analógico:

AM (*Amplitude Modulation*) – Modulação por Amplitude

FM (*Frequency Modulation*) – Modulação por Frequência

PM (*Phase Modulation*) – Modulação por Fase

Para Sinal Modulador Digital:

ASK (*Amplitude Shift Keying*) – Modulação por Chaveamento da Amplitude

FSK (*Frequency Shift Keying*) – Modulação por Chaveamento da Frequência

PSK (*Phase Shift Keying*) – Modulação por Chaveamento da Fase

TÉCNICAS DE MODULAÇÃO (TDM): A capacidade (bits/seg) do meio de transmissão excede a taxa média de geração de bits das estações conectadas ao meio físico. Assim é feito o compartilhamento do tempo para a transmissão de informações de vários usuários nesse meio.

Retornando ao assunto, vários esquemas de transmissão correspondem as diferentes combinações de multiplexação e modulações existentes. Abaixo vemos as situações mais comuns.

4.1.1 - FDM / FM / FDMA (Figura 4.1 (a))

Essa combinação é apresentada de acordo com o princípio “uma portadora por estação transmitindo”, conforme mostrado na figura 4.1 (a).



Figura 4.1 - Configurações de transmissões FDMA. (a) FDM/FM/FDMA [15].

Os sinais de banda básica da rede ou usuários são analógicos. Eles são combinados para formar um sinal multiplexado por divisão de frequência (FDM). Esse sinal analógico multiplexado é modulado em frequência por uma portadora que acessa o satélite na frequência particular ao mesmo tempo em que outras portadoras em outras frequências de outras estações. Para minimizar os produtos da intermodulação e conseqüentemente o número de portadoras (veja seção 4.4.2), o roteamento de tráfego é apresentado de acordo com o princípio “uma portadora por estação transmitindo”. O sinal multiplex FDM, portanto, consiste de todos os sinais de frequências destinadas para outras estações.

Na figura 4.2 adiante vemos o exemplo de uma rede de 3 estações.

4.1.2 - TDM / PSK / FDMA

Essa combinação é apresentada de acordo com o princípio “uma portadora por estação transmitindo”, conforme mostrado na figura 4.2 (b).

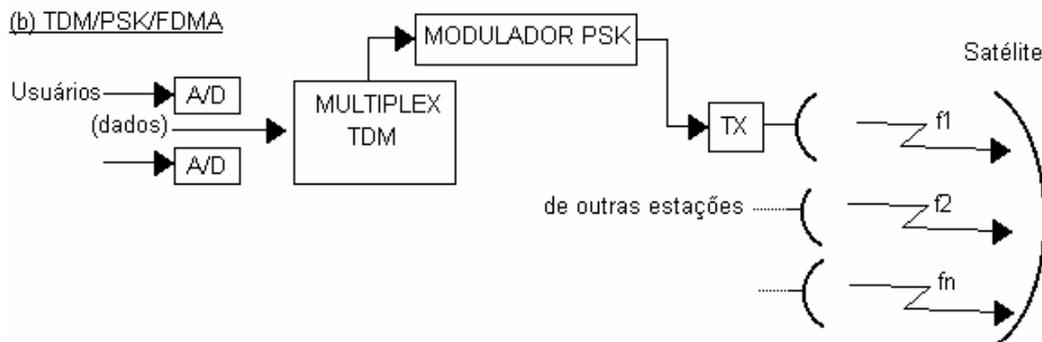


Figura 4.2 - Configurações de transmissões FDMA. (b) TDM/PSK/FDMA [15].

Os sinais de banda básica da rede ou usuários são digitais. Eles são combinados para formar um sinal multiplexado por divisão de tempo (TDM). Os binários correntes representando este sinal multiplexado modulam uma portadora por chaveamento através do deslocamento de fase (PSK) o qual acessa o satélite, em uma frequência particular, ao mesmo tempo em que outras portadoras, em outras frequências de outras estações. Para minimizar os produtos da intermodulação e conseqüentemente o número de portadoras (veja seção 3.4.2), o roteamento de tráfego é apresentado de acordo com o princípio “uma portadora por estação transmitindo”. O sinal multiplex TDM, portanto consiste de todos os sinais temporários destinados para outras estações [15].

4.1.3 - SCPC / FDMA (figura 4.3 (c))

Essa combinação é apresentada de acordo com o princípio “uma portadora por enlace”, conforme mostrado na figura 4.3 (c).

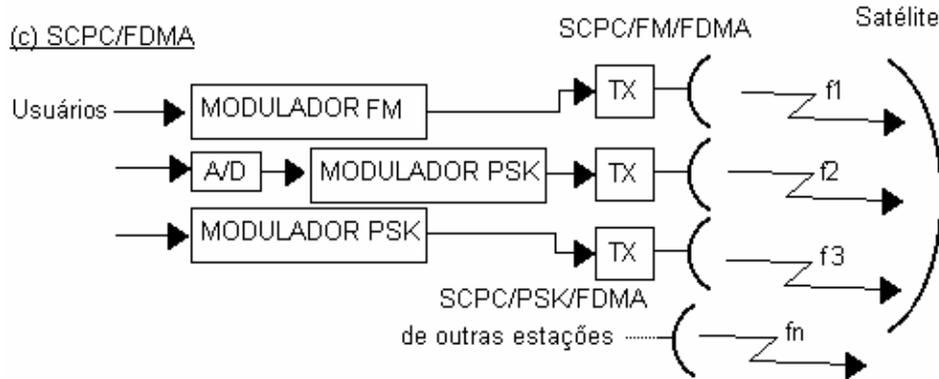


Figura 4.3 - Configurações de transmissões FDMA. (c) SCPC/FDMA [15].

Os sinais de banda básica da rede ou usuários, cada um modulando uma portadora diretamente, dentro de uma ou outra forma analógica ou digital de acordo com a natureza do sinal considerado (SCPC). Cada portadora acessa o satélite, na frequência particular dela, ao mesmo tempo em que outras portadoras em outras frequências da mesma ou outras estações. O roteamento da informação é apresentado de acordo com o princípio “Uma portadora por Enlace”. Na figura 4.4 abaixo vemos o exemplo de uma rede de 3 estações.

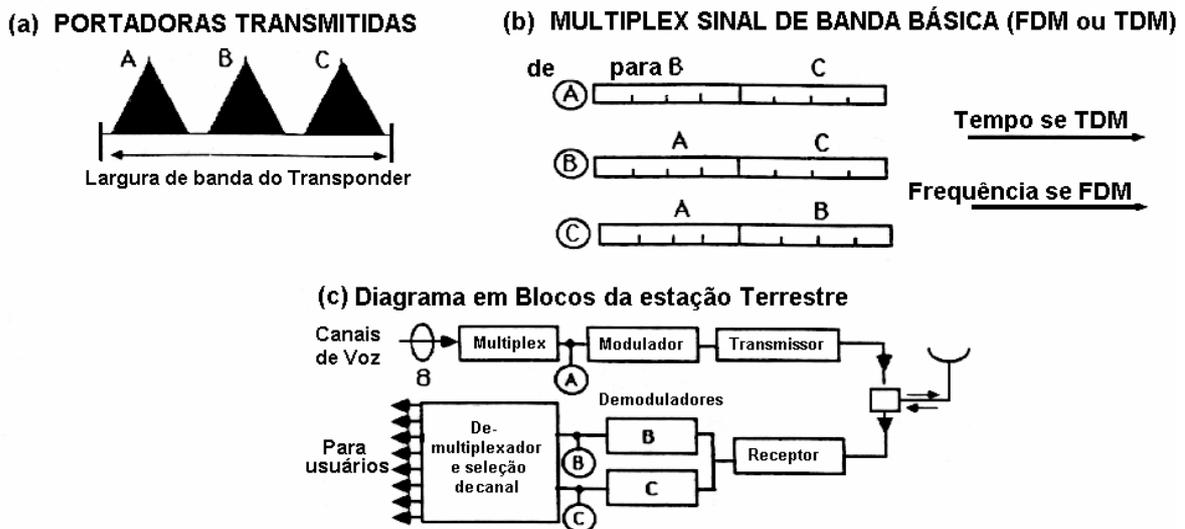


Figura 4.4 - Sistema FDMA de 3 estações com roteamento “uma portadora por estação transmitindo” [15].

4.2 - INTERFERÊNCIAS ENTRE CANAIS ADJACENTES

Como será mostrado na figura 4.5 abaixo, a largura de banda do canal está ocupada por várias portadoras nas diferentes frequências. O canal transmite essas para todas as estações terrestres situadas na área de cobertura da antena do satélite. As portadoras devem ser filtradas pelo receptor em cada estação terrestre e essa filtração é mais fácil quando o espectro das portadoras é separado um dos outros por uma largura de banda guarda. Entretanto o uso de uma largura de banda guarda conduz ao uso ineficiente da largura de banda do canal (*transponder*) e um altíssimo custo operacional, por portadora, do segmento espacial. Existe então, um compromisso técnico e econômico a se fazer. A figura 4.5 mostra um exemplo de interferência entre canais adjacentes.

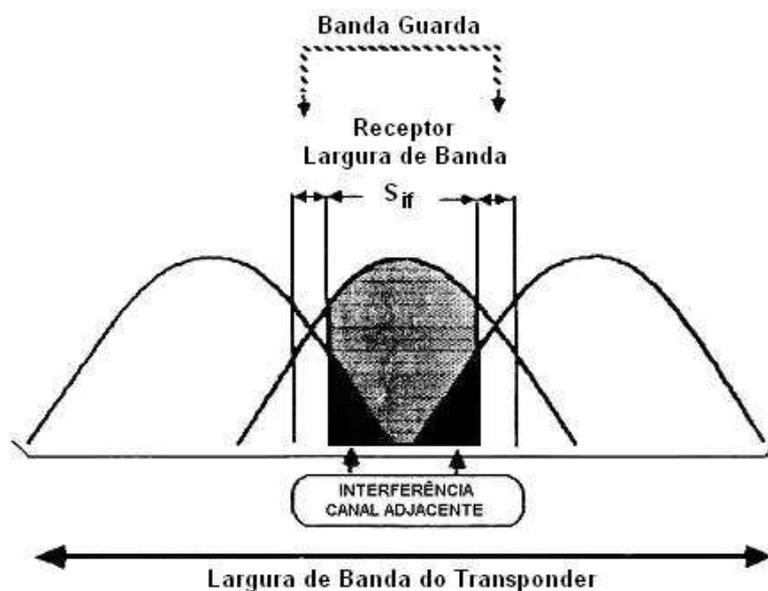


Figura 4.5- O espectro de um *transponder* FDMA e a interferência entre canais adjacentes [15].

4.3 - INTERMODULAÇÃO

4.3.1 - Definição de produtos de intermodulação

Para definirmos Produtos de Intermodulação é preciso antes saber que o canal repetidor do satélite possui uma característica de transferência não-linear. Pela natureza do acesso múltiplo por divisão de frequência, esse amplificador amplifica simultaneamente várias portadoras em diferentes frequências. A estação terrestre tem em si uma amplificação de

potência não-linear, e esse amplificador pode ser alimentado com várias portadoras em diferentes frequências. Em geral, quando ‘N’ sinais sinusos em frequências F_1, F_2, \dots, F_N passam através de um amplificador não-linear, na saída tem-se não somente os ‘N’ sinais nas frequências originais, mas também, sinais indesejáveis chamados “Produtos de Intermodulação”. Esses aparecem nas frequências ‘FIM’, portanto, Produtos de Intermodulação são combinações lineares das frequências de entrada. Portanto:

$$FIM = m_1 f_1 + m_2 f_2 + \dots + m_n f_n \text{ (Hz)} \quad (4.1)$$

Onde: m_1, m_2, \dots, m_n são inteiros positivos ou negativos. A quantidade ‘X’ é chamada de ‘A ordem de um Produto de Intermodulação’:

$$X = |m_1| + |m_2| + \dots + |m_n| \quad (4.2)$$

Quando a frequência central da banda passante do amplificador é larga comparada com a largura de banda, a qual é caso para um *transponder* do satélite repetidor, somente os produtos de intermodulação de ordem ímpar caem dentro da largura de banda do *transponder*. Além disso, a amplitude dos produtos de intermodulação diminui com a ordem do produto. Então na prática, somente produtos de 3ª Ordem, e para uma pequena extensão até 5ª Ordem são significantes.

A figura 4.6 abaixo mostra a geração de produtos de intermodulação de duas portadoras não moduladas nas frequências f_1 e f_2 . Pode ser visto que no caso de portadoras não moduladas de amplitudes desiguais, os produtos de intermodulação são muito maiores nas altas frequências se a portadora de maior amplitude é aquela que foi a mais alta frequência e nas baixas frequências se a portadora de mais alta amplitude é aquela que foi a frequência mais baixa. Isso mostra a vantagem de alocar as portadoras mais potentes nas extremidades da largura de banda do canal.

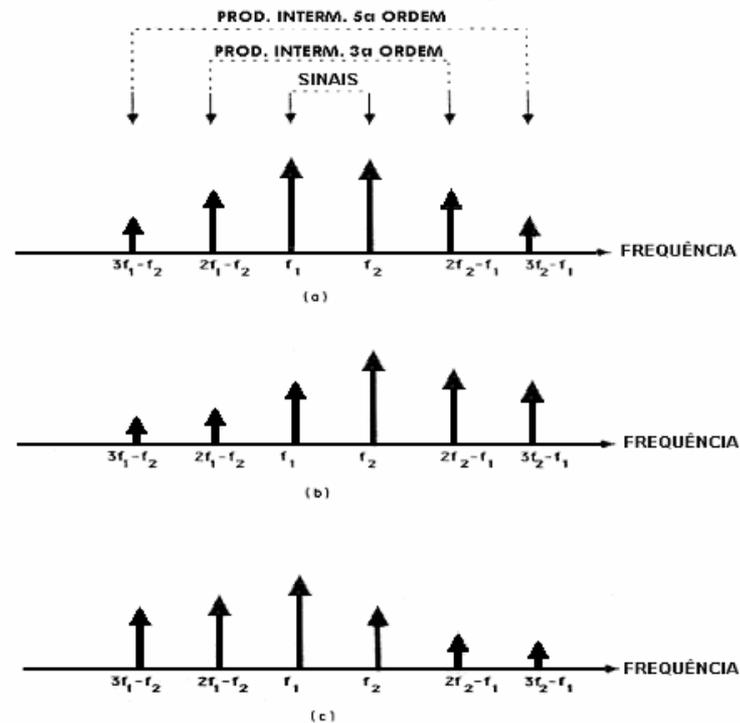


Figura 4.6 - Produtos de intermodulação para o caso de 2 sinais sinusos (portadoras não-moduladas). (a) Amplitudes iguais, (b) e (c) Amplitudes desiguais [15].

4.3.2 - Característica de transferência de um amplificador não linear em operação com multi-portadoras

A figura 4.6 (b) mostra as características de transferência de potência de um *transponder* do satélite repetidor em operação com uma única portadora. Em geral, a forma dessa característica é válida para cada amplificador não linear. Isto é agora necessário para estender este modelo para o caso de multi-portadoras em operação. Para isso, as seguintes notações serão usadas:

(P_i^1) = Potência da Portadora na entrada do amplificador (i = entrada) em operação com uma única portadora.

(P_i^n) = Potência de uma portadora (de 'n') na entrada do amplificador em operação multi-portadora.

(Po^1) = Potência da Portadora na saída do amplificador (o = saída) em operação com uma única portadora.

$(Po n)$ = Potência de uma portadora (de 'n') na saída do amplificador em operação multi-portadora.

$(Po IMX)$ = Potência do produto de intermodulação de ordem 'X' na saída do amplificador em operação multi-portadora.

As expressões de entrada e saída 'Back-off' para o caso de operação multi-portadora é mostrado abaixo:

$$IBO = (Pin)/(Pi^1)_{sat} \quad (4.3)$$

$$OBO = (Pon)/(Po^1)_{sat} \quad (4.4)$$

Nas equações acima, o subscrito 'sat' indica o valor de quantidade considerado na saturação. A figura 4.7 mostra a forma de variação de OBO como uma função de IBO juntos com a variação da razão: $(Po IMX) / (Po^1)_{sat}$.

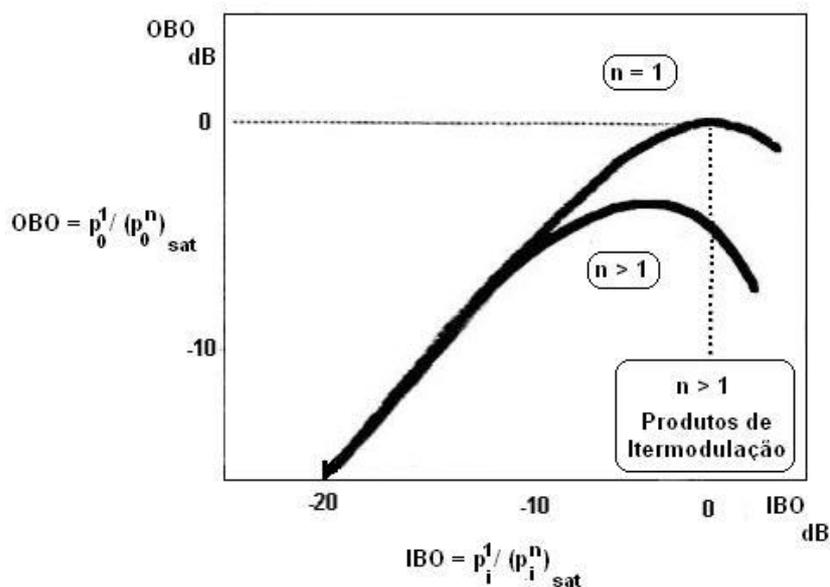


Figura 4.7- Características de transferência de um amplificador não-linear em operação multi-portadora [15].

4.3.3 - Ruído de intermodulação

O surgimento do ruído de intermodulação deve-se ao fato de que quando as portadoras são moduladas, os produtos de intermodulação não são linhas espectrais longas, visto que a potência delas é um espectro demasiadamente dispersado o qual se estende além de uma banda de frequências. Se o número de portadoras é suficientemente alto, superposições do espectro dos produtos de intermodulação conduzem para uma densidade espectral a qual é perceptivelmente constante na amplificação total da largura de banda, e isto justifica o tratamento dos produtos de intermodulação como ruído branco. A figura 4.8 abaixo mostra um exemplo do espectro do ruído de intermodulação em um canal carregando 10 portadoras FDM / FM / FDMA.

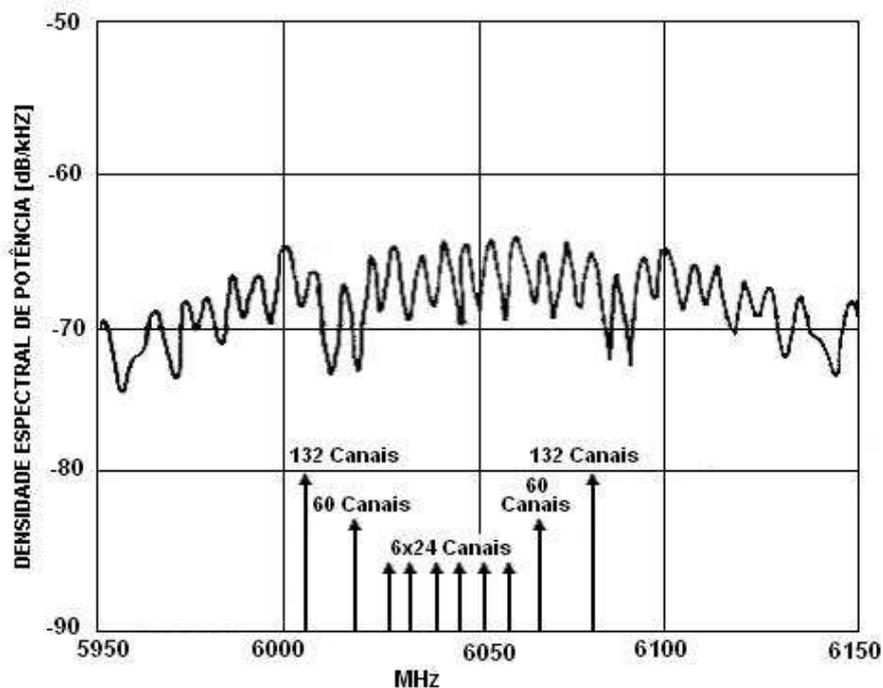


Figura 4.8 - Espectro do ruído de intermodulação gerado por várias portadoras FDM/FM/FDMA [15].

4.3.4 - A razão entre a potência da portadora e a densidade espectral da potência do ruído de intermodulação (C/N₀)_{IM}

A densidade espectral da potência do ruído de intermodulação é denotado por (N₀)_{IM}. O valor dela depende da característica de transferência do amplificador e o número e tipo de

portadoras amplificadas. A razão da potência da portadora e a densidade espectral da potência do ruído de intermodulação $(C/N_0)_{IM}$ pode ser associado com cada portadora na saída do amplificador. Essa razão pode ser deduzida da característica do amplificador do tipo dado na figura 4.8 acima, estimando, por exemplo, $(N_0)_{IM}$ como $(P_o IMX) / B$, onde B é a largura espectral da portadora modulada. Portanto $(C/N_0)_{IM} = (P_o IMX) / B$.

Na figura 4.9 abaixo, mostramos a forma da variação de $(C/N_0)_{IM}$ como uma função de *back-off* e o número de portadoras.

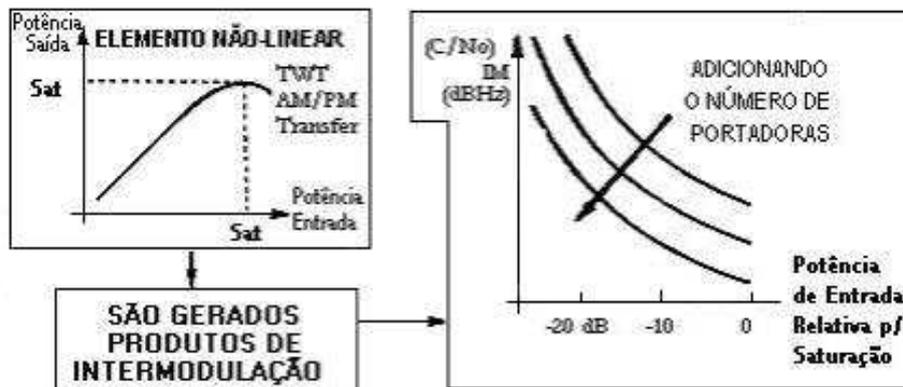


Figura 4.9 - Variação de $(C/N_0)_{IM}$ como uma função de *back-off* e o número de portadoras [15].

Nela pode ser visto que a razão $(C/N_0)_{IM}$ torna-se pequena quando é aproximada à saturação (a característica não-linear é mais severa) sendo o número de portadoras adicionadas (uma adicionada da potência total dos produtos de intermodulação).

4.4 - A RAZÃO ENTRE A POTÊNCIA DA PORTADORA E A DENSIDADE ESPECTRAL DE POTÊNCIA DO RUÍDO EM UM ENLACE DE ESTAÇÃO PARA ESTAÇÃO.

4.4.1 - Expressões

A razão entre a potência da portadora e a densidade espectral da potência do ruído de intermodulação para o enlace de estação para estação completo $(C/N_0)T^{-1}$ é mostrado a seguir:

$$(C/N0)T^{-1} = (C/N0)U^{-1} + (C/N0)D^{-1} + (C/N0)I^{-1} + (C/N0)Im^{-1} \quad (\text{Hz}^{-1}) \quad (4.5)$$

Com:

$$(C/N0)Im^{-1} = (C/N0)Im \times U^{-1} + (C/N0)Im \times D^{-1} \quad (4.6)$$

Onde $(C/N0)IM \times U^{-1}$ e $(C/N0)IM \times D^{-1}$ correspondem-se para a geração de ruídos de intermodulação na estação terrestre e o canal repetidor do satélite transmitindo respectivamente.

Nesse caso as expressões para as razões $(C/N0)U$, $(C/N0)D$ e $(C/N0)IM$ estão sendo usadas com valores de *back-off* de entrada e saída IBO e OBO para a operação do amplificador no modo multi-portadoras com portadoras de igual potência. A potência de saída do amplificador é comum entre as portadoras, o ruído térmico e o ruído de intermodulação para o qual o ruído de interferência para o canal é adicionado. Se as portadoras na entrada e saída do amplificador são de potências desiguais, a potência na saída do amplificador é dividida desigualmente entre portadoras e ruídos. Então o amplificador não tem o mesmo ganho de potência para todas as portadoras e um efeito de captura pode aparecer; portadoras de alta potência adquirem mais potência do que portadoras de baixa potência. Para portadoras de alta potência o valor da razão é maior do que aquela dada pela equação (4.5). Para portadoras de baixa potência, isto é pequena geração de produtos de intermodulação é também observado entre ruído no enlace de subida e as portadoras; este efeito pode ser levado em conta na forma de um incremento no ruído térmico na entrada do canal.

4.4.2 - A influência do *back-off*

A figura 4.10 abaixo mostra a variação de cada um dos termos na equação (4.5) como uma função da entrada *back-off* IBO assumindo que o ruído de interferência equivalente é desprezível. O motivo da direção contrária da variação do termo $(C/N0)IM$ comparado para que das razões $(C/N0)U$ e $(C/N0)D$, o valor de $(C/N0)T$ passe de lado a lado um máximo para um valor nulo de *back-off*. Dois efeitos são então observados, os quais são conseqüências do uso do mesmo canal para amplificar várias portadoras:

A potência total na saída de um canal é menor do que existiria na ausência de *back-off*.

A potência útil por portadora é reduzida pela alocação de parte da potência total para produtos de intermodulação.

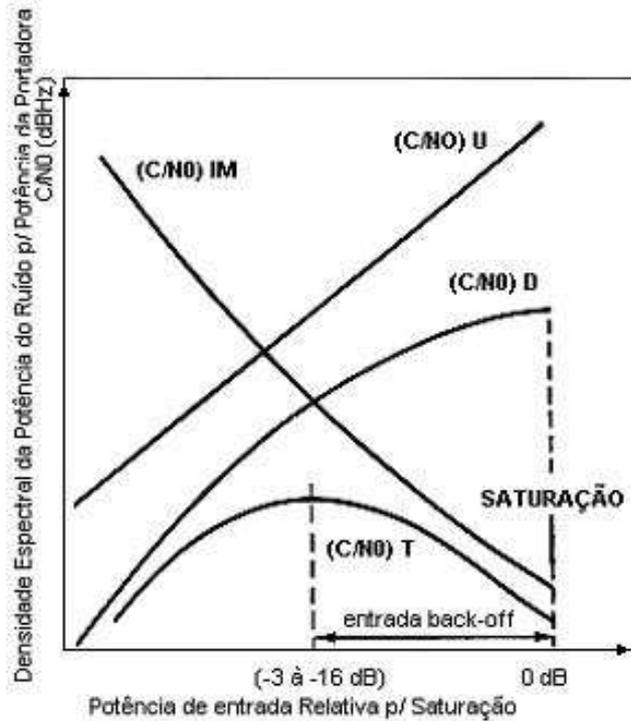


Figura 4.10 – Variação de $(C/N_0)U$, $(C/N_0)D$ e $(C/N_0)IM$ e $(C/N_0)T$ como uma função da entrada *back-off* IBO [15].

4.5 - THROUGHPUT DE FDMA

O *throughput* de FDMA pode ser visto na figura 4.10 acima, o valor de $(C/N_0)T$ é sempre menor que o valor obtido em operação com portadora simples. De outra forma, o valor máximo de $(C/N_0)T$ torna-se pequeno como o *back-off* é incrementado e este é o caso quando o número de portadoras é incrementado.

Na figura 4.11 abaixo temos a variação relativa, com o número de canais telefônicos, da capacidade total do canal do satélite de 36Mhz de largura de banda para cobertura global pelo satélite *Intelsat IV* ou *IVA*.

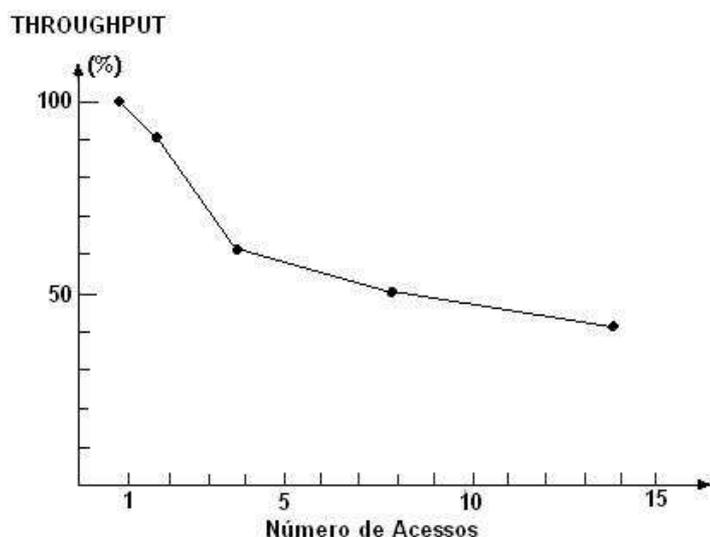


Figura 4.11 - Eficiência de uma transmissão FDMA [15].

A curva indica a variação relativa da capacidade total como um número de canais telefônicos de um *transponder* do *Intelsat* com uma largura de banda de 36 MHz como uma função do número de acessos, que é o número de portadoras do tipo FDM /FM / FDMA. O valor indicado como 100 % representa a capacidade total do multiplexador o qual modula a portadora para o caso de acesso simples para o *transponder*.

O esquema de transmissão é o do tipo FDM / FM / FDMA (seção 4.1.1). As portadoras são moduladas por sinais multiplexados de igual capacidade. Como o número de portadoras adicionadas, a largura de banda alocada para cada portadora deve diminuir e isso leva a uma redução da capacidade da modulação de sinais multiplexados. Como a capacidade total é o produto da capacidade de cada portadora e o número de portadoras, isso poderia ser imaginado que a capacidade total ficaria sensivelmente constante. Porém não é isso, a capacidade total diminui quando o número de portadoras aumenta. Isto resulta no fato de que cada portadora está sujeita a uma redução no valor de $(C/N_0)T$ desde que o *back-off* esteja grande quando o número de portadoras é alto. A curva da figura 4.11, portanto representa a eficiência da transmissão de um sistema FDMA como uma função do número de acessos; isso efetivamente mostra a razão da capacidade do canal real total (a origem de rendimento para o operador da rede) e a capacidade potencial do canal (para o qual o operador da rede paga).

4.6 - CROSSTALK COMPREENSÍVEL

O *crosstalk* compreensível aparece quando uma portadora modulada em amplitude coexiste com uma portadora modulada em frequência. Devido as características de transferência Amplitude-Fase não linear do canal, a modulação em amplitude é transferida para as outras portadoras na forma de modulação em fase parasita e esta é detectada como um sinal compreensível pelo demodulador de frequência do receptor da estação terrestre.

4.7 - CONCLUSÃO SOBRE A TÉCNICA DE ACESSO MÚLTIPLO POR DIVISÃO DE FREQUÊNCIA (FDMA).

Acesso múltiplo por divisão de frequência (FDMA) é caracterizado pelo acesso contínuo para o satélite em uma dada banda de frequência. Esta técnica teve a vantagem de simplicidade e contou com o uso de equipamentos comprovados. Entretanto, ela tem algumas desvantagens:

- Falta de flexibilidade no caso de reconfiguração. Para variações na capacidade de acomodação é necessário trocar o plano de frequências e isto implica na modificação das frequências de transmissão, frequências de recepção e filtros para a largura de banda das estações terrestres.
- Perda de capacidade, quando o número de acessos aumenta. Devido à geração de produtos de intermodulação é necessária para a operação uma potência de transmissão do satélite reduzida (*back-off*).
- É necessário controlar a potência de transmissão de estações terrestres, assim como um caminho que a potência das portadoras na entrada do satélite são a mesma em ordem para prevenir o efeito de captura. Esse controle deve ser executado em tempo real e deve adaptar às atenuações causadas pela chuva no *link* de subida.

Esta é a técnica de acesso mais antiga e permanece bastante usada apesar das desvantagens. Ela tende a ser usada ainda por bastante tempo, devido aos investimentos feitos no passado e reconhecida às desvantagens operacionais as quais incluem a falta de sincronização entre estações terrestres.

4.8 - OFDM/OFDMA (ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING / MULTIPLE ACCESS)

A multiplexação por divisão de frequências ortogonais, ou OFDM, é uma técnica de modulação e transmissão de dados [18] que utiliza sua banda dividida em múltiplas portadoras ortogonais, chamadas subportadoras, para modulação. As subportadoras são chamadas ortogonais por não possuírem sobreposição de frequência, dessa forma não interferindo umas com as outras.

4.8.1 - Princípio Básico do OFDMA

O princípio básico do OFDMA é a conversão de um fluxo de dados serial de taxa de transmissão elevada em múltiplos sub-fluxos paralelos de taxa de transmissão baixa. Por exemplo, um conjunto de símbolos seriais é transformado em um símbolo OFDM, representando dados em paralelo. Após a conversão serial-paralelo, cada sub-fluxo de dados é modulado em uma subportadora, conforme pode ser visto na figura 4.12 abaixo.

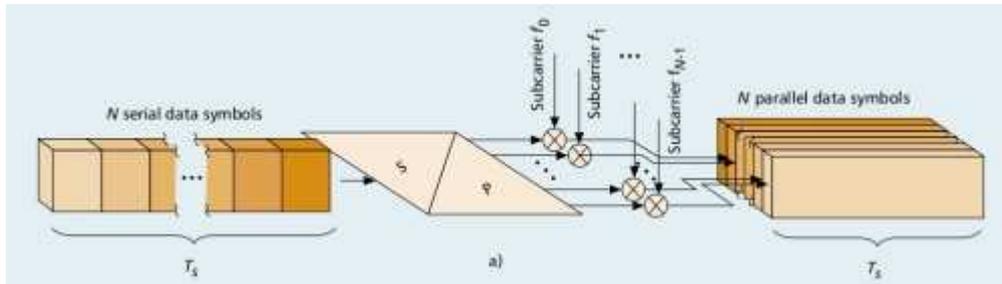


Figura 4.12 - Princípio básico da OFDM.

A principal vantagem do uso de OFDM em relação a técnicas que utilizam uma única portadora é que ela pode obter a mesma taxa de transferência, devido ao paralelismo de subportadoras de taxas baixas, com maior resistência a condições ruins do meio, como atenuação de altas frequências, interferência inter-símbolo, interferência causada por múltiplos caminhos, que são comuns em redes sem fio, devido à reflexão.

A idéia básica de compartilhamento de espectro baseado em OFDM é fazer com que a largura de uma sub-banda do sistema licenciado seja um múltiplo inteiro do espaço Δf usado por cada subportadora do sistema não licenciado. Dessa forma, se o sistema não

licenciado utiliza somente as subportadoras em sub-bandas que estão temporariamente sem uso pelo sistema licenciado, a coexistência espectral entre ambos os sistemas é possível com uma interferência muito baixa. Também é mostrado, conforme visto na figura 4.13 abaixo, que para a realização da modulação em paralelo na OFDM é necessária uma Transformada Rápida de Fourier (FFT – Fast Fourier Transform). Essa operação também é necessária em um sistema de compartilhamento de espectro para analisar a atividade dos usuários licenciado, e portanto, não implicaria em maior custo ou complexidade de operação, já que essa operação seria realizada de qualquer maneira.

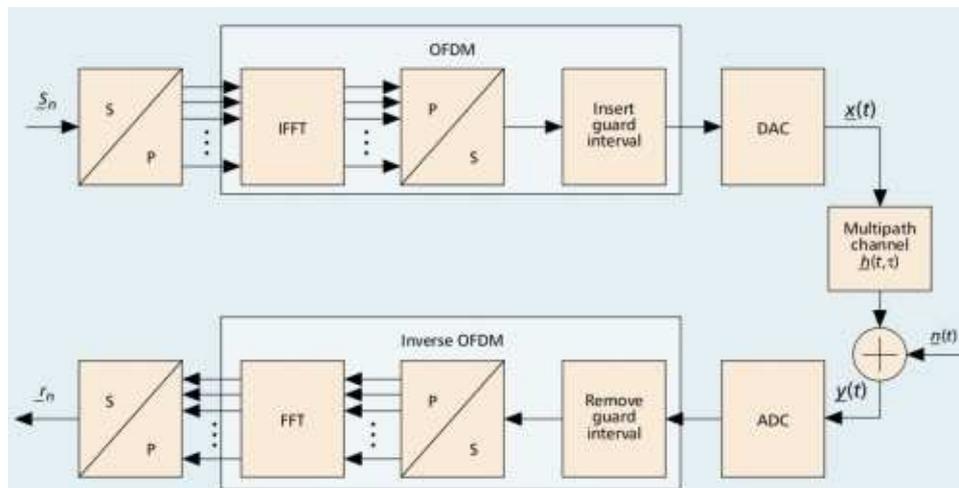


Figura 4.13 - Modulação em paralelo na OFDM usando Transformada Rápida de Fourier.

4.8.2 - Vetor de alocação OFDMA

Um vetor de alocação, figura 4.14 abaixo, nada mais é do que um vetor de bits no qual cada um representa o estado de utilização por usuários licenciados de uma certa faixa de frequência, uma subportadora, no caso de OFDMA. Por exemplo, se um bit correspondente a uma frequência tem valor 1, está sendo utilizada no momento por um usuário licenciado e se o valor é 0, esta frequência pode ser utilizada pelo sistema não licenciado.

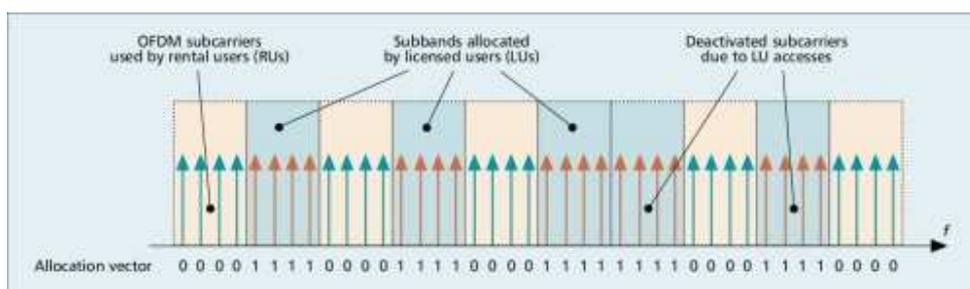


Figura 4.14 - Vetor de alocação OFDMA.

5 - ACESSO MÚLTIPLO POR DIVISÃO DE TEMPO (TDMA)

Nesse capítulo tratamos especificamente sobre a técnica de Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA). A figura 5.1 abaixo mostra a operação de uma rede de acordo com o princípio de acesso múltiplo por divisão de tempo. As estações terrestres transmitem descontinuamente durante um tempo T_B . Esta transmissão é chamada de *burst*. Uma transmissão em *burst* é inserida ao longo de uma estrutura de duração de tempo maior T_F , chamada de período *frame* e isso corresponde a uma estrutura de tempo periódico dentro do qual todas as estações transmitem. Cada portadora, representando um *burst*, ocupa toda a largura de banda do canal. Conseqüentemente, o canal transporta uma portadora de cada vez [15].

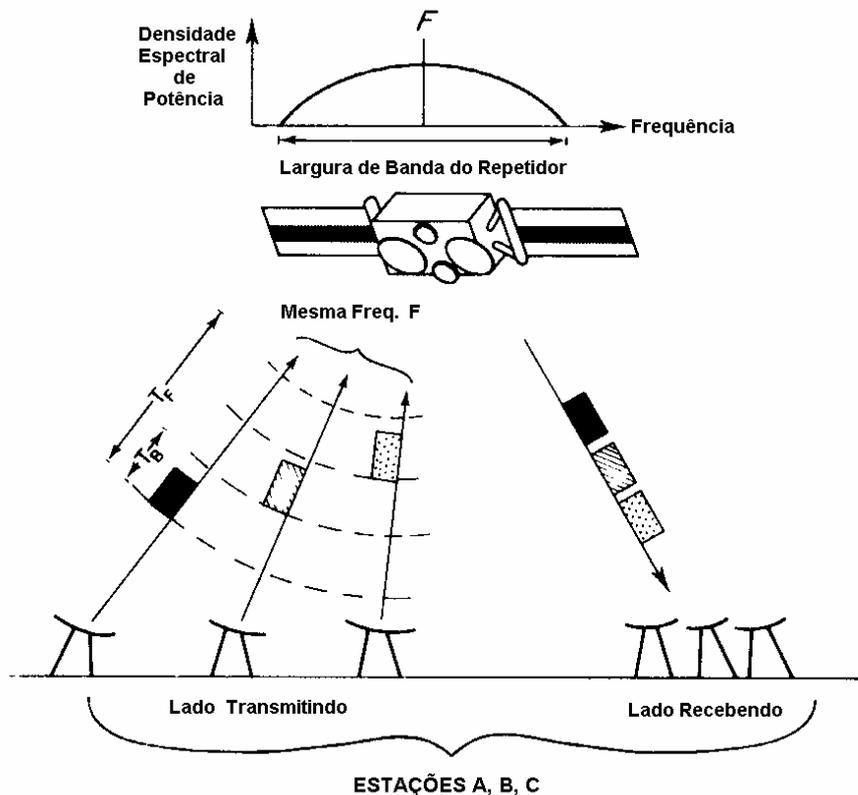


Figura 5.1 - Operação de uma rede de acordo com o princípio de acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA) [15].

5.1 - GERAÇÃO DO BURST

O *burst* corresponde à transferência de tráfego a partir da estação considerada. Esta transferência pode ser feita conforme o método de ‘uma portadora por enlace’; neste caso, a estação transmite $N - 1$ *bursts* por *frame*, em que N é o número de estações na rede e o número de *bursts* P no *frame* é dado por $P = N(N - 1)$. Com o método de ‘uma portadora por estação transmitindo’ a estação transmite um único *burst* por *frame* e o número de *bursts* P na *frame* é igual a N . Assim, cada *burst* viaja na forma de sub-*bursts* de tráfego de estação à estação. Devido à diminuição do *throughput* do *transponder* enquanto o número de *bursts* aumenta (veja seção 5.5), o caminho de ‘uma portadora por estação transmitindo’ é geralmente conservado [15].

A figura 5.2 abaixo ilustra a geração de *burst*.

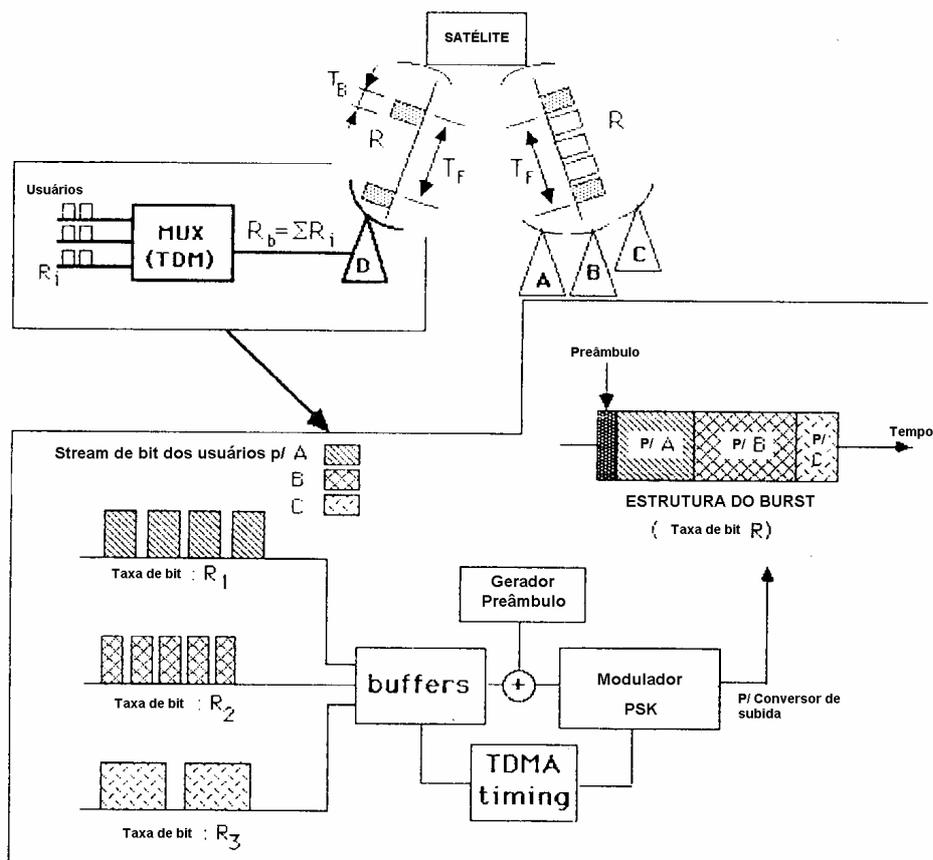


Figura 5.2 - Geração do *burst*. R_i = taxa do usuário (bit/s), R_b = taxa de informação do multiplex (bit/s) = $\sum R_i$, R = taxa em cada *burst* (bit/s), T_B = duração do *burst* (s), T_F = duração do *frame* (s) [15].

A estação terrestre recebe informações em forma de um fluxo binário contínuo de índice R_B a partir da rede ou *interface* com o usuário. Estas informações devem ser armazenadas em uma memória temporária (*buffer memory*) enquanto esperam pelo tempo de transmissão do *burst*. Quando este tempo surge, os conteúdos da memória são transmitidos em um intervalo de tempo igual a T_B . Assim a taxa de bit R , que modula a portadora, é dada por:

$$R = R_b(T_F/T_B) \text{ (bit/s)} \quad (5.1)$$

R = Taxa de bit que modula a portadora

R_b = Taxa de informação do multiplex

T_F = Duração do *frame*

T_B = Duração do *Burst*

N = Número de estações na rede

P = Número de *bursts* no *frame*

Uma portadora por enlace:

$N - 1$ (*bursts/frame*)

$P = N(N-1)$

Uma portadora por estação transmitindo:

$P = N$ (*bursts/frame*)

O valor de R é alto quando a duração do *burst* é pequena e, conseqüentemente, o ciclo da atribuição da transmissão (T_F/T_B) da estação é baixo. Por conseqüência, por exemplo, se $R_b = 2$ Mbit/s e $(T_F/T_B) = 10$, a modulação acontece em 20 Mbit/s. Note que R representa a capacidade total da rede; isso é a soma das capacidades da estação em bit/s. Se todas as estações têm a mesma capacidade, o ciclo da atribuição (T_F/T_B) representa o número de estações da rede.

Agora pode ser visto porque este tipo de acesso é sempre associado com transmissão digital; é fácil armazenar bits para um período *frame* e esvaziar uma memória digital em

um período mais curto de um *burst*. Executar este tipo de processo em informações análogas não é fácil.

A estrutura de um *burst* pode ser vista na Figura 5.2. Esta consiste de um *header*, ou *preamble* (Preâmbulo), e um campo de tráfego. O Preâmbulo tem várias funções: permitir ao demodulador da estação terrestre receptora, no caso de demodulação coerente, recuperar a portadora gerada pelo oscilador local no transmissor. Para esse propósito, o preâmbulo contém uma seqüência em bit que fornece uma fase constante da portadora; Permitir ao detector da estação terrestre receptora sincronizar seu medidor de determinação de bit à taxa símbolo; Para esse propósito o preâmbulo contém uma seqüência em bit que fornece fases opostas alternadas; permitir à estação terrestre identificar o começo de um *burst* pela detecção, por meio de um correlator, um grupo de bits chamado de uma ‘palavra única’ (UW). A palavra única capacita o receptor a resolver a ambigüidade na fase da portadora no caso de demodulação coerente. Conhecendo o início do *burst*, a taxa do bit e tendo (se exigido) resolvido a ambigüidade na fase, o receptor pode, então, identificar todos os bits que acontecem depois de cada palavra única; permitir a transferência de mensagens de serviços entre estações (telefone e telex) e sinalização.

O campo de tráfego está localizado no final do preâmbulo e isso corresponde à transmissão de informações úteis. Em caso de método do tipo ‘uma portadora por estação’ em que o *burst* transmitido por uma estação transporta todas as informações a partir desta estação em direção às outras, o campo de tráfego está estruturado em *sub-bursts* que correspondem às informações transmitidas pela estação para cada uma das outras.

5.2 - ESTRUTURA DO FRAME

O *frame* é formado no nível do satélite. Consiste de todos os *bursts* transmitidos pelas estações terrestres dispostas uma em seguida a outra, se a sincronização da transmissão das estações estiver correta. Considerando as imperfeições de sincronização, um período sem transmissão chamado de tempo de guarda é estabelecido entre cada *burst*. A figura 5.3 mostra o *frame* usado nas redes INTELSAT e EUTELSAT.

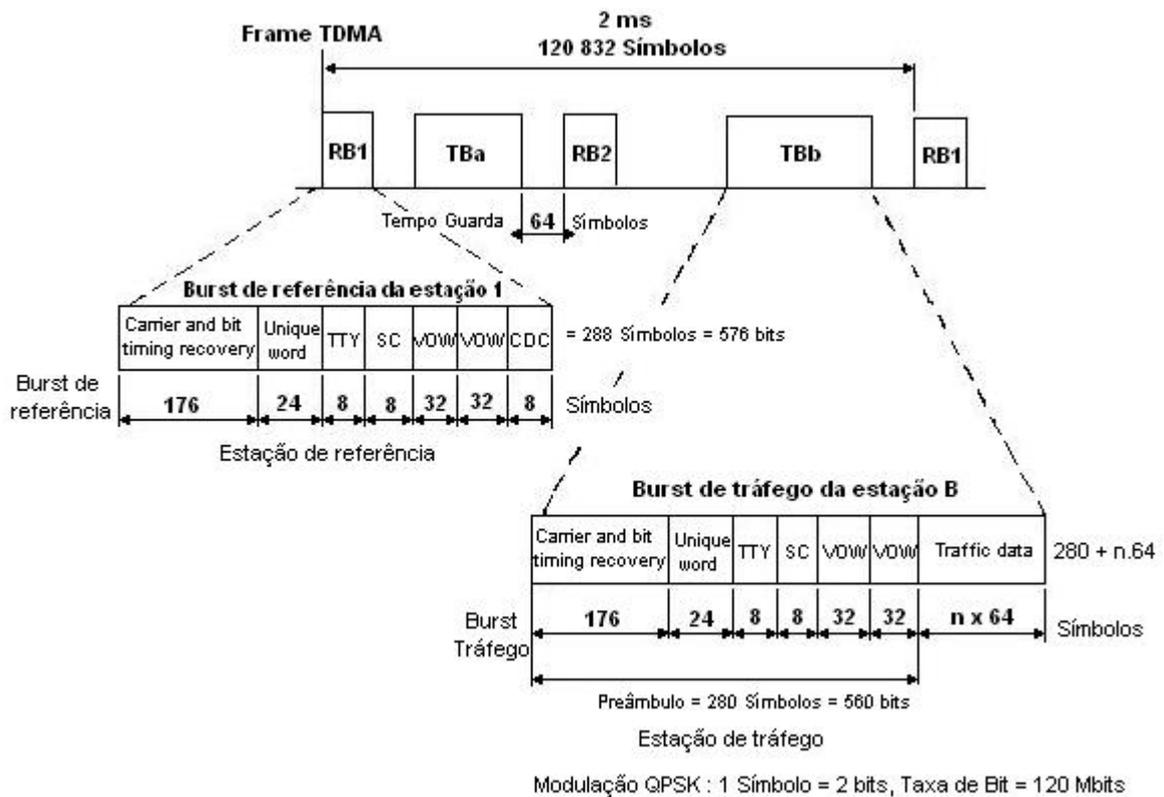


Figura 5.3 - Estrutura do *Frame* (Padrão INTELSAT/EUTELSAT) [15].

Onde representa na figura 5.3:

- RB₁: *Burst* de referência da estação 1
- TB_x: *Burst* de tráfego da estação x
- *Unique word*: Padrão de bit especial no preâmbulo o qual permite a sincronização precisa (partida de dados) e resolução ambígua de fase (p/ decodificação não diferencial) no receptor
- SC: Canal de Serviço - contém alarmes e várias informações de gerenciamento da rede
- CDC: Canal de controle e atraso - contém a informação de atraso (Dn) para sincronização da transmissão do *Burst*
- TTY, VOW: Telegrafia e telefonia “*order wires*” para conexões entre estações.

O comprimento da *frame* é 2ms. O tempo de guarda ocupa 64 símbolos ou 128 bits e isso corresponde a um intervalo de tempo de 1 microsegundo. Note a presença de dois tipos de *burst*: aqueles de estações de tráfego, com um preâmbulo de 280 símbolos, ou 560 bits, e um campo de tráfego estruturado em múltiplos de 64 símbolos de acordo com a capacidade

de cada estação; aqueles de estações de referência com um preâmbulo de 288 símbolos, ou 576 bits, e sem um campo de tráfego. A estação de referência é aquela que define o medidor do *frame* ao transmitir seu *burst* de referência; todas as estações de tráfego da rede devem sincronizar-se com a estação de referência situando seu *burst* com um atraso fixo com respeito ao *burst* da estação de referência, chamado de *burst* de referência. Por causa desse papel fundamental na operação correta da rede, a estação de referência é replicada. É por causa disso que há dois *bursts* de referência por *frame*; um é transmitido por cada uma das duas estações de referência mutuamente sincronizadas.

5.3 - RECEPÇÃO DO BURST

No enlace de descida, cada estação recebe todos os *bursts* em um *frame*. A figura 5.4 ilustra o processo na estação receptora.

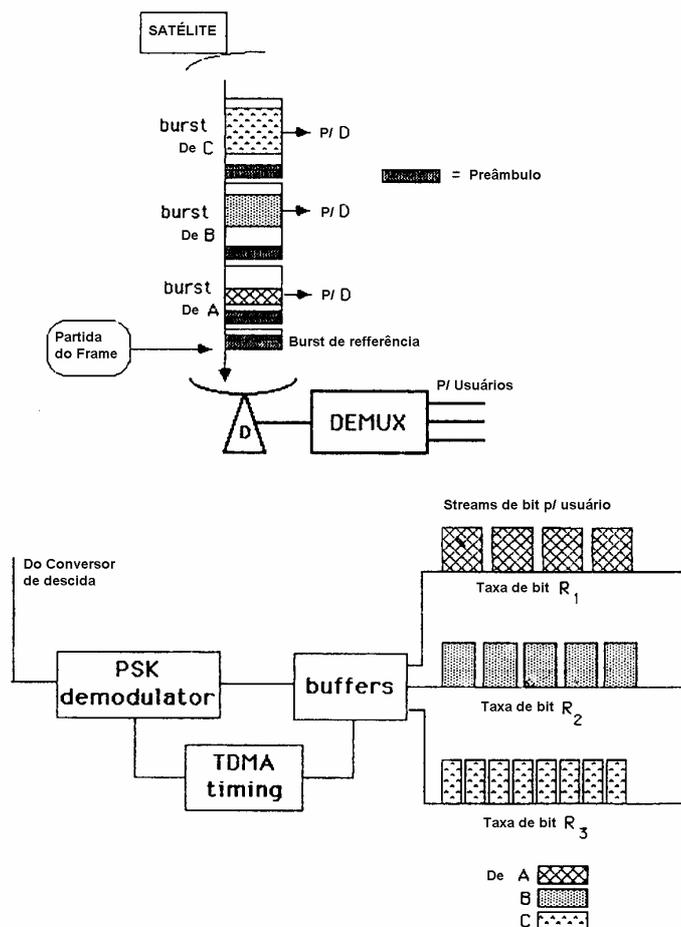


Figura 5.4 - Recepção do *burst* [15].

A estação receptora identifica o começo de cada *burst* do *frame* através da detecção da palavra única, então extrai o tráfego que é destinado para ela e que está contido em um *sub-burst* de campo de tráfego de cada *burst*. Este tráfego é recebido descontinuamente com uma taxa de bit R . Para restaurar a taxa de bit original R_b na forma de um fluxo binário contínuo, a informação é armazenada em uma memória temporária (buffer memory) durante um período *frame* e é registrado no índice R_b durante o *frame* seguinte.

É fundamental para a identificação dos conteúdos do *burst* que a estação receptora deva ser capaz de reconhecer a palavra única no começo de cada *burst*. O detector da palavra única estabelece correlação entre cada seqüência de bit na saída do detector receptor de bit, que é do mesmo comprimento que a palavra única, e uma réplica da palavra única armazenada na memória do correlator. Somente seqüências recebidas que produzem um pico de correlação maior que um limiar são retidas como palavras únicas. O desempenho do detector da palavra única é medido por duas quantidades: A probabilidade de não-detecção, que é a probabilidade de não detectar a presença da palavra única no começo da recepção do *burst*; A probabilidade de um alarme falso, que é a probabilidade de identificar falsamente a palavra única em qualquer seqüência binária, por exemplo no campo de tráfego.

A probabilidade de não-detecção diminui quando:

- A taxa de erro de bit do enlace diminui;
- O comprimento da palavra única diminui;
- A correlação limiar diminui.

A probabilidade de um alarme falso é independente da taxa de erro de bit no enlace e diminui quando:

- O comprimento da palavra única aumenta;
- A correlação limiar aumenta.

Um compromisso portanto, deve ser encontrado; na prática, a probabilidade de um alarme falso é reduzido sem aumentar a probabilidade de não-detecção ao aproveitar um

conhecimento *a priori* da estrutura *frame* com o intuito de desempenhar correlação somente nos intervalos de tempo quando a palavra única é esperada.

5.4 - SINCRONIZAÇÃO

A sincronização da transmissão a partir de diferentes estações da rede é necessária. Seu propósito é evitar a recuperação de *burst* a partir de outras estações no *frame*. Tal recuperação conduziria, devido à interferência resultante, à impossibilidade do detector da estação terrestre detectar informações sob condições típicas. Antes de considerar a sincronização, é importante estabelecer a ordem da magnitude dos distúrbios associados com as imperfeições da órbita do satélite geoestacionário.

5.4.1 - Movimentos residuais de um satélite geoestacionário

O controle da órbita do satélite define uma 'janela' mantenedora da estação cujas dimensões típicas são $0,1^\circ$ em longitude e latitude. Além disso, a excentricidade da órbita é limitada a um valor máximo da ordem de 0,001. Desta maneira, o satélite move-se, como indicado na Figura 5.5, em um volume da ordem de 75 km x 75 km x 85 km. Isso introduz uma variação de altitude de cerca de 85 km com um periodicidade de 24 hs que tem dois efeitos: uma variação no tempo de propagação de uma viagem em círculo de cerca de 570 μ s. Isso quantifica a magnitude do deslocamento diariamente potencial de um *burst* no *frame* na ausência de ação corretiva. É para esse valor ser comparado com a duração do *frame* (de 2 ms até 20 ms). Um efeito *Doppler* que, se considera a velocidade máxima de deslocamento do satélite sendo de 10 km/h, causa deslocamento da posição de um *burst* no *frame* de uma estação à taxa de cerca de 20 ns/s. Com um tempo de guarda entre dois *bursts* de 1 μ s, e admitindo-se o caso particular de deslocamento em direções opostas de dois *bursts* consecutivos no *frame*, o tempo para que o sentido (*drift*) absorva o tempo de guarda entre os dois *bursts* é da ordem de $(1/2) (1 \times 10^{-6} / 20 \times 10^{-9})s = 25$ s. Isso determina o tempo estipulado para empreender a ação corretiva. Note que esse tempo é maior que o tempo de propagação de uma viagem em círculo dos *bursts* e indica que o controle da posição do *burst* pode ser baseado na observação do erro na posição.

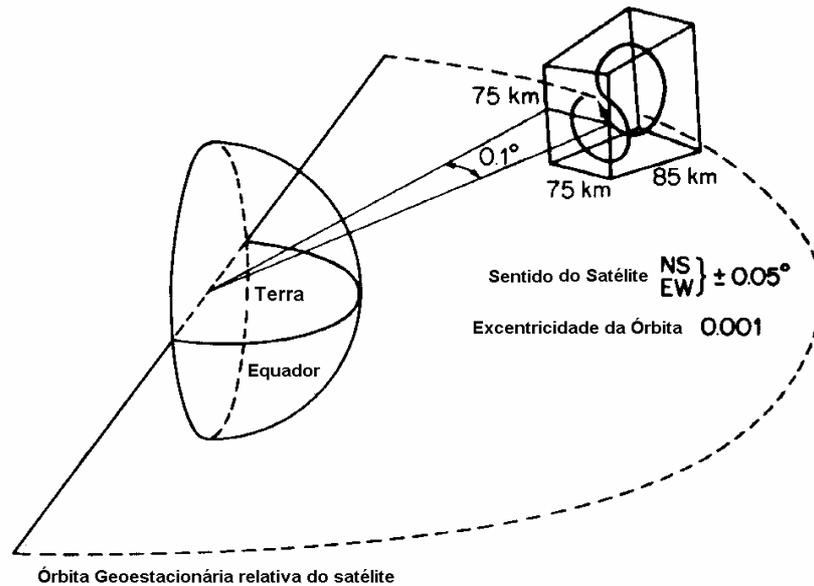


Figura 5.5- A evolução do volume ocupado pelo satélite geoestacionário no curso de um período orbital (24h) [15].

5.4.2 - Relação entre o começo de um *frame* na transmissão e na recepção

Qualquer estação n ($n = 1, 2, \dots, N$) deve transmitir seu *burst* de tal maneira que ele chegue ao satélite com um atraso d_n em relação ao *burst* de referência. Como mostrado na Figura 5.6, o valor do atraso d_n tem um valor particular para cada estação. O conjunto de valores de d_n determina o arranjo dos *bursts* no *frame* (plano do tempo do *burst*). O posicionamento está correto quando a estação n transmite com um atraso d_n em relação ao começo do *frame* sendo transmitido como definido pelo tempo $SOTF_n$ (começo da transmissão do *frame*). Esse tempo $SOTF_n$ é o instante em que a estação deve transmitir com o intuito de posicionar seu *burst* no intervalo de tempo do *frame* ocupado pelo *burst* de referência. O problema de sincronizar a estação n é, desta maneira, aquele de determinar o $SOTF_n$. Uma vez que este instante é conhecido, é meramente necessário que a estação n transmita com um atraso d_n em relação ao $SOTF_n$.

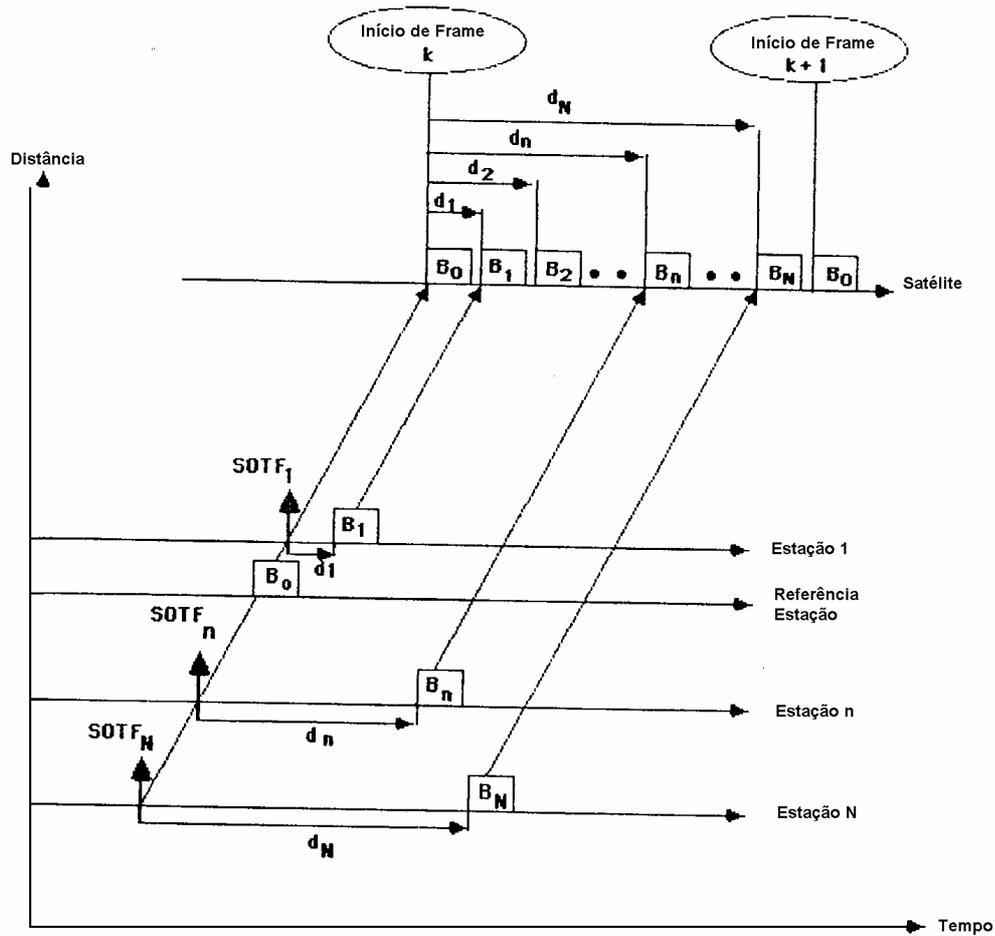


Figura 5.6 - Transmissão do *burst* ao longo da *frame*; cada estação n situa seu *burst* ao nível do satélite com um atraso d_n ($n = 1, 2, \dots, N$) em relação ao *burst* de referência que define o começo da *frame*. A seta vertical na estação n indica o começo da *frame* em transmissão ($SOTF_n$) para esta estação [15].

Com um satélite de simples raio, a estação n recebe todo o *frame* no enlace de descida. A detecção da palavra única do *burst* de referência determina o tempo inicial da $SORF_n$ (começo da recepção do *frame*) do *frame* recebido. A Figura 5.7 mostra a relação do tempo entre o começo do $SOTF_n$ do *frame* transmitido e o começo da $SORF_n$ do *frame* recebido; $SORF_n$ é igual ao tempo inicial do *frame* (k) no satélite mais o tempo da propagação no enlace de descida R_n/c , em que R_n é a distância do satélite a partir da estação no solo (n) e (c) é a velocidade da luz.

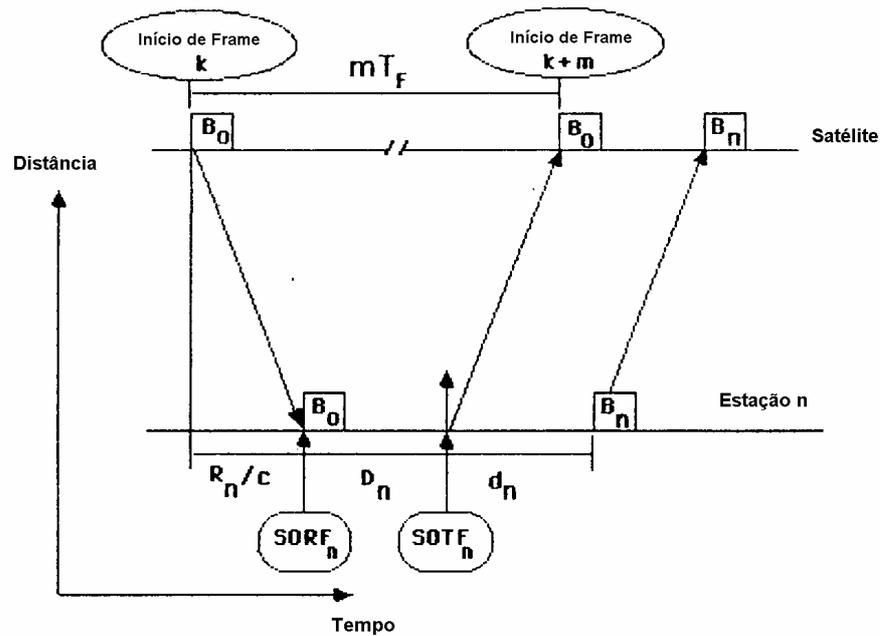


Figura 5.7 - A relação do tempo entre o começo do SOTF_n da *frame* transmitida e o começo da SOFR_n da *frame* receptora [15].

O tempo inicial do *frame* ($k + m$), em que m é um número inteiro, é igual ao SOTF_n mais o tempo de propagação no enlace de subida R_n / c . O tempo que separa o começo da *frame* (k) e o *frame* ($k + m$) no satélite é, por definição, mT_F . Conseqüentemente a relação:

$$SOTF_n - SORF_n = D_n = mT_F - 2R_n/c \text{ (s)} \quad (5.2)$$

Para que esta quantidade seja positiva, é necessário escolher m tal que mT_F seja maior que o valor de $2R_n/c$ para a estação n que está mais longe do satélite. Por exemplo, para a rede TELECOM 1, o valor de m é tomado como 14 que corresponde, à uma duração de *frame* $T_F = 20$ ms, ao tempo máximo de propagação de uma viagem em círculo de 280 ms.

Em resumo, a estação n identifica SORF_n ao detectar a palavra única do *burst* de referência e transmite em um instante $D_n = d_n$ em seguida. Dependendo do método de determinação do valor de D_n , dois tipos de sincronização podem ser distinguidos:

- Sincronização de *loop* fechado;
- Sincronização de *loop* aberto.

5.4.3 - Sincronização de *loop* fechado

A figura 5.8 ilustra esse método.

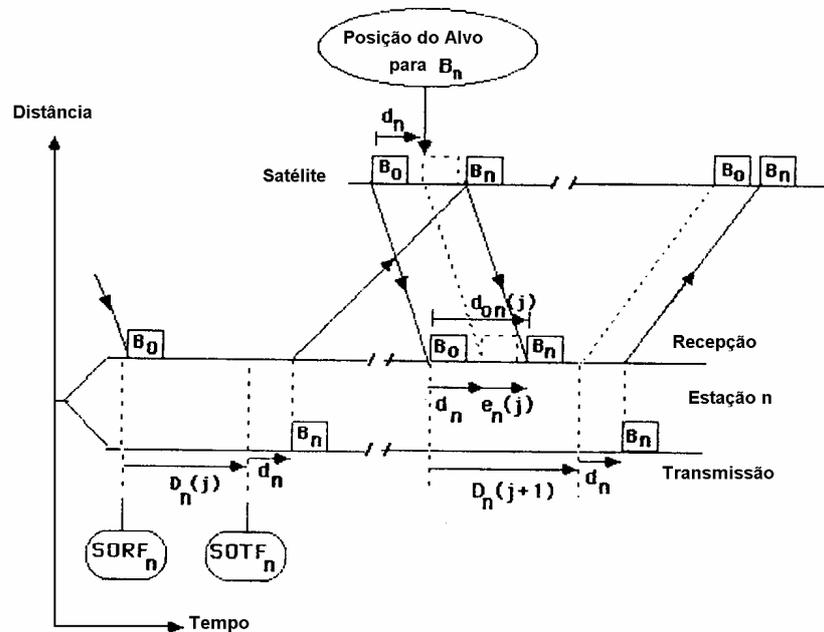


Figura 5.8 - Sincronização de *loop* fechado; a estação n observa a posição do seu *burst* e, conseqüentemente, corrige o tempo de transmissão [15].

A estação n observa a posição do seu *burst* no *frame* relativa ao *burst* de referência, medindo o tempo entre a detecção da palavra única do *burst* de referência e do seu próprio *burst*. Deixe que $d_{on}(j)$ seja o valor observado na recepção do *frame*, para a qual o valor $D_n(j)$ tinha sido usado, a fim de determinar o tempo de transmissão. A diferença $e_n(j) = d_{on}(j) - d_n$ é o erro de posição do *burst*. A estação, então, aumenta o valor de D_n de acordo com o seguinte algoritmo:

$$D_n(j+1) = D_n(j) - e_n(j) \quad (s) \quad (5.3)$$

E usa o novo valor de D_n para determinar o tempo de transmissão. Observe-se que o tempo mínimo necessário para se fazer a correção é igual ao tempo de propagação da viagem em círculo para a estação que está mais distante do satélite, que é da ordem de 280ms.

A estação de referência transmite (*broadcast*) o valor de D_n calculado a partir da expressão (5.2) por meio do *burst* de referência (campo CDC da figura 5.3). Observe-se que o tempo anterior à correção é igual ao tempo exigido para medir o tempo de propagação (de uma viagem em círculo) mais o tempo exigido para transmissão dessas informações, pelas duas estações auxiliares, à estação de referência (uma viagem em círculo), mais o tempo de cálculo e, finalmente, o tempo para transmitir (*broadcast*) os valores de D_n . Esse tempo pode resultar em vários segundos e, conseqüentemente, implica tempos de guarda mais longos do que em caso de sincronização de *loop* fechado.

5.4.5 - Aquisição da sincronização

A aquisição da sincronização é alcançada por uma estação a cada vez que ela deseje entrar na rede. A operação pode ser em *loop* aberto ou fechado. Em *loop* fechado, as estações transmitem um *burst* de baixa potência, geralmente modulado por uma seqüência pseudo-aleatória, observam sua posição, corrigem-na para dar sua posição nominal, e então opera, em potência total, para transmitir todas as informações úteis. A modulação feita por uma seqüência pseudo-aleatória facilita a aquisição em virtude das propriedades de autocorrelação da seqüência, que possibilitam medir o erro de posição e a dispersão de energia que limita a transferência por parte daquelas estações que estão entrando com transmissão daquelas que estão conduzindo tráfego. Em *loop* aberto, a estação que está entrando recebe o valor de D_n da estação de referência e transmite num instante $D_n + d_n$ após receber o *burst* de referência.

5.5 - THROUGHPUT DE TDMA

5.5.1 - Definição

O *throughput* de TDMA pode ser medido pela razão da capacidade do canal em operação com portadora única (de apenas um acesso) e a capacidade do mesmo canal em caso de acesso múltiplo. Admite-se que toda a largura de banda é ocupada em ambos os casos. Em operação com portadora única, a capacidade de transferência total da rede é $R = B \Gamma$, em que B é a largura de banda do canal (Hz) e Γ , a eficiência espectral da modulação (bit/s

Hz). Em caso de acesso múltiplo, a capacidade é $R (1 - \sum t_i/TF)$, em que $\sum t_i$ representa a soma dos tempos não destinados à transmissão de tráfego (tempos de guarda mais os *burst* *preâmbulo*). Assim, o *throughput* é:

$$\eta = 1 - \sum t_i / TF \quad (5.4)$$

Onde:

R = Capacidade de transferência total da rede (taxa de bit do *frame* que modula a portadora) (bits/seg)

B = Largura de banda do canal (hz)

Γ = Eficiência espectral da modulação (bits/s hz)

Ele expressa a razão do tempo destinado à transmissão de tráfego (que é a fonte de rendimentos para o operador da rede) e o tempo total de utilização do canal (pelo qual o operador da rede paga). O *throughput* é maior quando a duração do *frame* TF é alta, e quando a $\sum t_i$ é pequeno. O *throughput* depende do número de *bursts* no *frame* (P). Deixe (p) ser o número de bits no preâmbulo e (g) a duração equivalente em bits do tempo guarda. Assumindo que o *frame* contém dois *bursts* de referência, isso nos dá:

$$\eta = 1 - (P + 2) (p + g)/RTF \quad (5.5)$$

em que R é a taxa de bit do *frame* (bit/s).

O *throughput*, como uma função do número de acesso, que é o número de estações N na rede, depende do arranjo de rotas adotadas. Sabe-se (parte 5.1) que:

- no caso do arranjo do tipo “uma portadora por enlace”, $P = N (N - 1)$;
- e do arranjo de rota do tipo “uma portadora por estação transmitindo”, $P = N$.

Uma vez que o *throughput* é baixo, quando P é alto, pode se perceber a vantagem de se adotar um arranjo do tipo “uma portadora por estação transmitindo”.

O *throughput* está diretamente envolvido no cálculo da capacidade de uma rede, como um número de canais telefônicos. Deixe que r seja a taxa de sinalização associada com um canal de telefone, e n , o número de canais telefônicos; isso nos dá:

$$n = \eta R/r \quad (5.6)$$

Isso expressa o número de canais de telefones no *frame*. O número de canais telefônicos terrestres atribuídos à rede depende do uso possível de concentração pela interpolação digital da fala (DSI) e o ganho correspondente.

5.5.2 - Considerações sobre a duração do *frame*

Um *frame* de longa duração implica numa capacidade mais alta de armazenagem das memórias temporárias (*buffer memories*) das estações terrestres transmissoras e receptoras. Por outro lado, a duração do *frame* está envolvida no tempo de transmissão das informações, a partir de uma *interface* terrestre de rede-estação até a outra. Isso é efetivamente igual ao tempo de retorno de uma viagem em círculo aumentado pelo tempo de armazenagem de transmissão e recepção. Uma vez que o tempo de armazenagem é, no máximo, igual a duração de um *frame*, isso nos dá:

$$\text{Tempo de transmissão} = \text{tempo de propagação de viagem em círculo} + 2TF \text{ (s)} \quad (5.7)$$

Para transmissão telefônica, a recomendação G114 do CCITT estipula que o tempo de propagação entre os assinantes não deve exceder 400 ms. Aceitando-se que o tempo de propagação de uma viagem em círculo das ondas de rádio não pode exceder 278 ms, e que é razoável permitir 30 ms para a soma dos tempos de propagação nas redes finais, deve ser observada, a fim de satisfazer a recomendação G114:

$$TF \leq (i/2) (400 - 278 - 30) = 46 \text{ ms} \quad (5.8)$$

Onde:

Tempo de propagação entre os assinantes = 400 ms (máx)

Tempo de propagação de uma viagem em círculo das ondas de rádio = 278 ms (máx)

Soma dos tempos de propagação nas redes finais = 30 ms (razoável)

Na prática, as durações da *frame* variam de 750 μ s até 20 ms

5.5.3 - Considerações sobre os tempos guarda e preâmbulo

Para uma dada duração do *frame*, o *throughput* aumenta enquanto a Σt_i é reduzido. Isso implica:

Uma redução dos tempos de guarda; essa abordagem é limitada pela precisão do método de sincronização. Nesse sentido, um método de *loop* fechado é preferível a um do tipo aberto;
Uma redução dos preâmbulos; é importante disponibilizar circuitos nos receptores para um medidor rápido e uma recuperação da taxa de bit. Nesse contexto, pode-se perceber a vantagem da demodulação diferencial em relação à demodulação coerente. Contudo, o *throughput* de transmissão não é o único critério, e o pior desempenho, no que concerne à probabilidade de erro na demodulação diferencial, não deve ser esquecida. Pode-se tentar reduzir a duração da palavra única, mas isso requer um aumento na probabilidade de alarme falso na sua detecção (seção 5.3). Na figura 5.10 vemos a eficiência do sistema TDMA INTELSAT/EUTELSAT

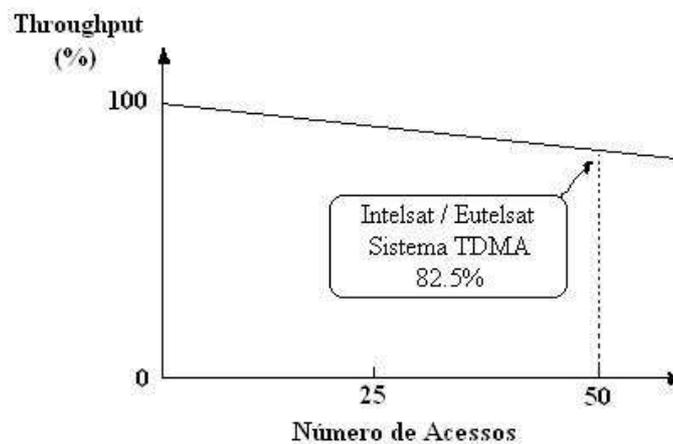


Figura 5.10 - A eficiência do sistema TDMA INTELSAT/EUTELSAT; o valor 100 % indicado para um único acesso corresponde à capacidade da portadora única que passa através do *transponder*, sendo transmitido continuamente [15].

5.5.4 - Exemplo

A variação do *throughput* [15] como uma função do número de *bursts* de tráfego P, igual ao número N de estações de tráfego ou o número de acessos, pode ser verificada, inserindo-se os valores do padrão INTELSAT/EUTELSAT, indicados na figura 5.11, na equação (5.5).

Tomar $p = 560$, $g = 128$, $R = 120,832$ Mbit/s e $TF = 2$ ms, nos dá:

$$\eta = 1 - 2.85 * 10^{-3} (P + 2) \quad (5.9)$$

Essa expressão é representada pela curva da figura 5.10. Observe-se o decréscimo relativamente lento (com relação àquele da figura para FDMA, por exemplo) do *throughput* como uma função do número de acessos. Conseqüentemente, para um número de acessos igual a 50, o *throughput* é ainda de 85 %.

5.6 - LEVANTAMENTO DOS GRÁFICOS PARA ANÁLISE E CONCLUSÕES DO THROUGHPUT DE TDMA A PARTIR DA VARIAÇÃO DOS VALORES NA ESTRUTURA DO FRAME DO PADRÃO INTELSAT/EUTELSAT

5.6.1 - Levantamento dos dados e gráficos

Mostramos na figura 5.11 abaixo a estrutura do *frame* utilizado para o levantamento dos gráficos, lembrando que o *frame* é formado no nível do satélite e tem todos os *bursts* transmitidos pelas estações terrestres dispostas uma após a outra.

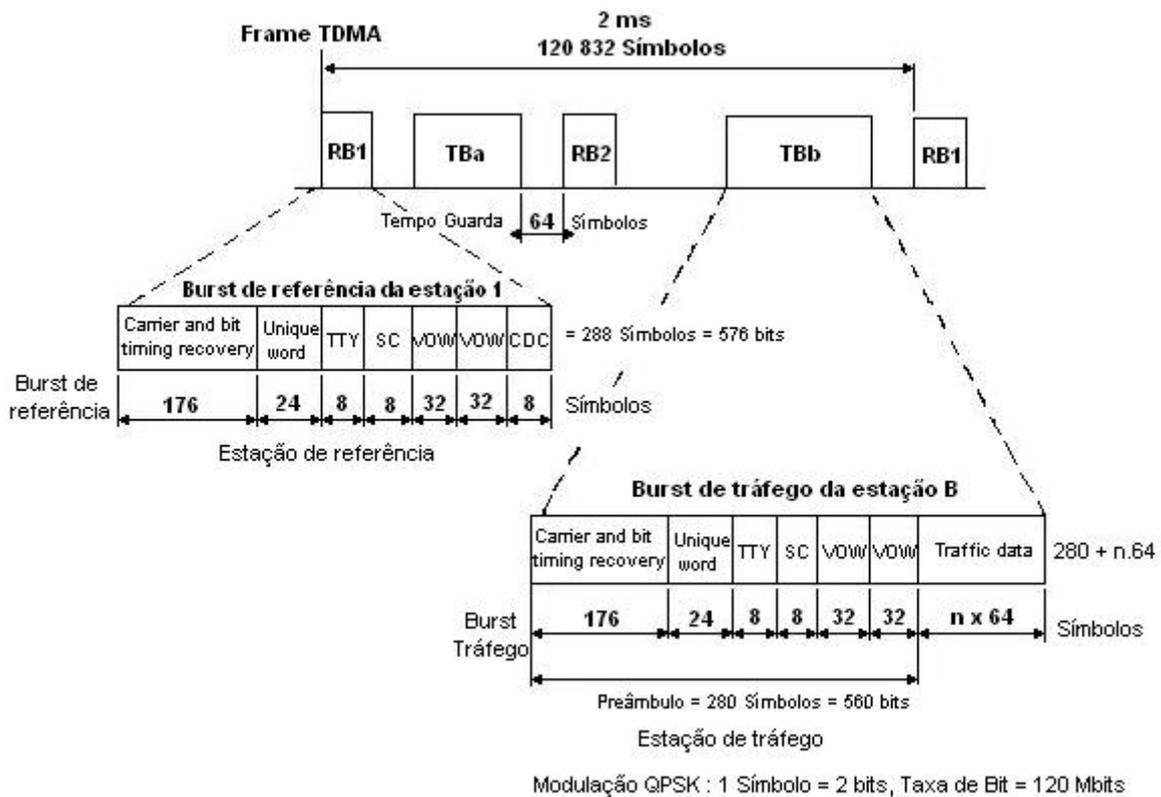


Figura 5.11 - Estrutura do *frame* que é utilizado para o levantamento dos gráficos [15].

Da figura acima, extraímos os seguintes dados para o levantamento dos gráficos:

R (Taxa de bit do *frame* que modula a portadora) = **120,832 Mbits/seg**

TF (Tempo total do *frame*) = **2 ms**

p (Número de *bursts* no preâmbulo) = **560 bits**

g (Duração equivalente do tempo guarda) = **128 bits**

Usaremos nos cálculos do *throughput* a equação (5.5) deduzida anteriormente na seção 5.5.1 e mostrada abaixo:

$$\eta = 1 - \frac{(P + 2) \times (p + g)}{R \times TF} \quad (5.10)$$

Sendo:

R em **bits/seg** ;

TF em **ms** ;

p em **560 bits** ;

g em **128 bits** .

A seguir mostramos as planilhas e os gráficos levantados, a partir dos dados do *frame* e a equação para cálculo do *throughput* mostrados acima, onde para análise, fizemos diversas variações em **R** (Taxa de bit do *frame* que modula a portadora), **TF** (Tempo total do *frame*), **p** (Número de *bursts* no preâmbulo) e **g** (Duração equivalente do tempo guarda).

Também fizemos diversas variações dessas combinações.

Sendo adotado o acesso “Uma portadora por estação transmitido”, temos a equação (seção 5.1) mostrada abaixo:

$$P = N \quad (5.11)$$

Onde:

P é o número de *bursts* no *frame*

N é o número de estações na rede

Sendo assim, mostraremos nos gráficos uma variação de 1 até 349 estações envolvidas na rede.

O *Throughput* será dado em porcentagem (%) e mostrado no eixo (y) e a variação do eixo (x) mostra o número de estações envolvidas na rede.

O eixo (y) tem uma variação em escala linear e o eixo (x) uma variação em escala logarítmica, para enfatizar as respostas dos gráficos.

Tabela 5.1 - Planilha utilizada no cálculo do *Throughput* de TDMA.

PLANILHA UTILIZADA NO CÁLCULO DO THROUGHPUT DE TDMA		
Número de Bursts no Frame (P)		118
Taxa de Bit do Frame (R)		100 Mbit/s
Número de Bits no preâmbulo (p)		560 bit
Tempo guarda (g)		128 bit
Duração do Frame (TF)		2 ms
THROUGHPUT - para o número de Bursts no frame (P) :		58.72 %
Observações:	Número de Bursts no Frame	Throughput
	1	98.97 %
	4	97.94 %
	7	96.90 %
	10	95.87 %
	13	94.84 %
	16	93.81 %
	19	92.78 %
	22	91.74 %
	25	90.71 %
	28	89.68 %
	31	88.65 %
	34	87.62 %
	37	86.58 %
	40	85.55 %
	43	84.52 %
	46	83.49 %
	49	82.46 %
	52	81.42 %
	55	80.39 %
58	79.36 %	
61	78.33 %	
64	77.30 %	
67	76.26 %	
70	75.23 %	
73	74.20 %	
76	73.17 %	
79	72.14 %	
82	71.10 %	
85	70.07 %	
88	69.04 %	
91	68.01 %	
94	66.98 %	
97	65.94 %	
100	64.91 %	
103	63.88 %	
106	62.85 %	
109	61.82 %	
112	60.78 %	
115	59.75 %	
118	58.72 %	

Gráfico 1 - Taxa de Bit do Frame R = 100 Mbit/s

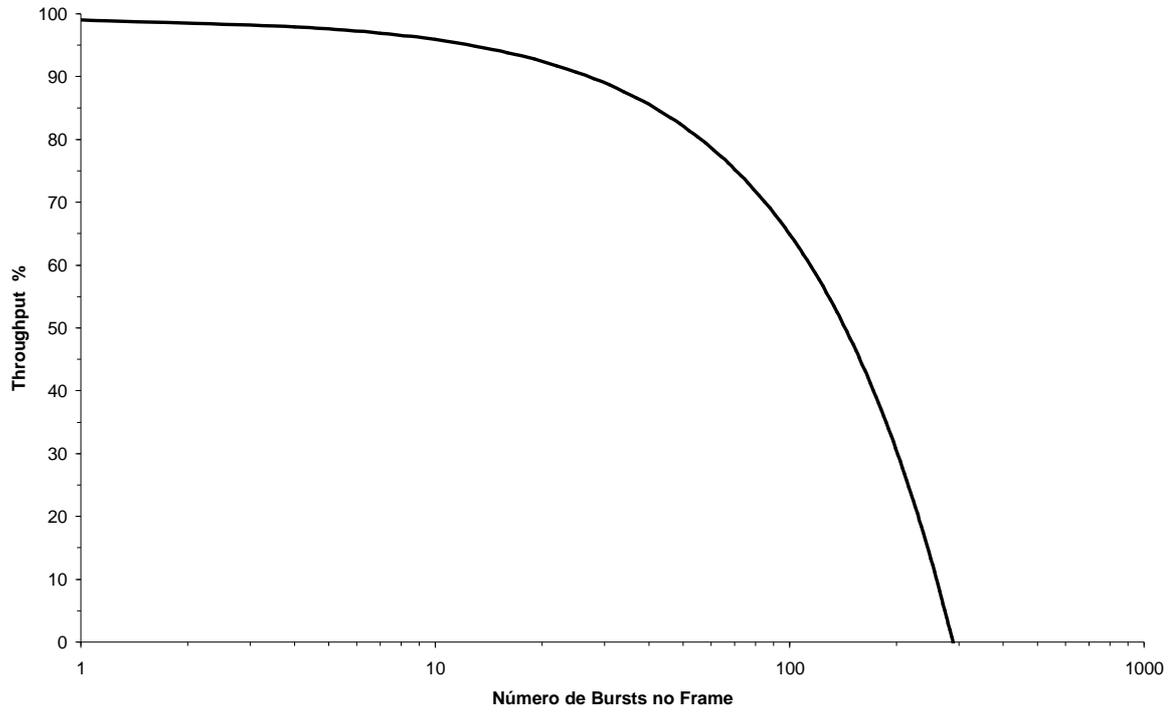


Figura 5.12 - Taxa de Bit do *Frame* R = 100 Mbits/s

Gráfico 2 - Taxa de Bit do Frame R = 120.8 Mbit/s

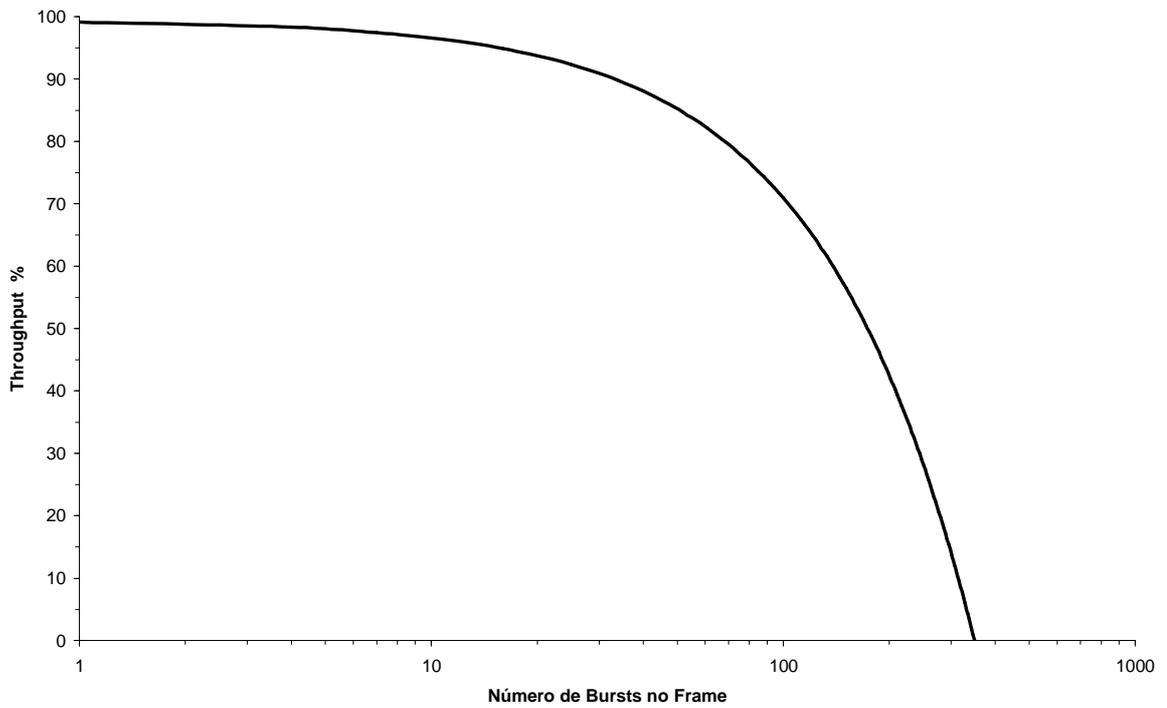


Figura 5.13 - Taxa de Bit do *Frame* R = 120,8 Mbits/s

Gráfico 3 - Taxa de Bit do Frame R = 150 Mbit/s

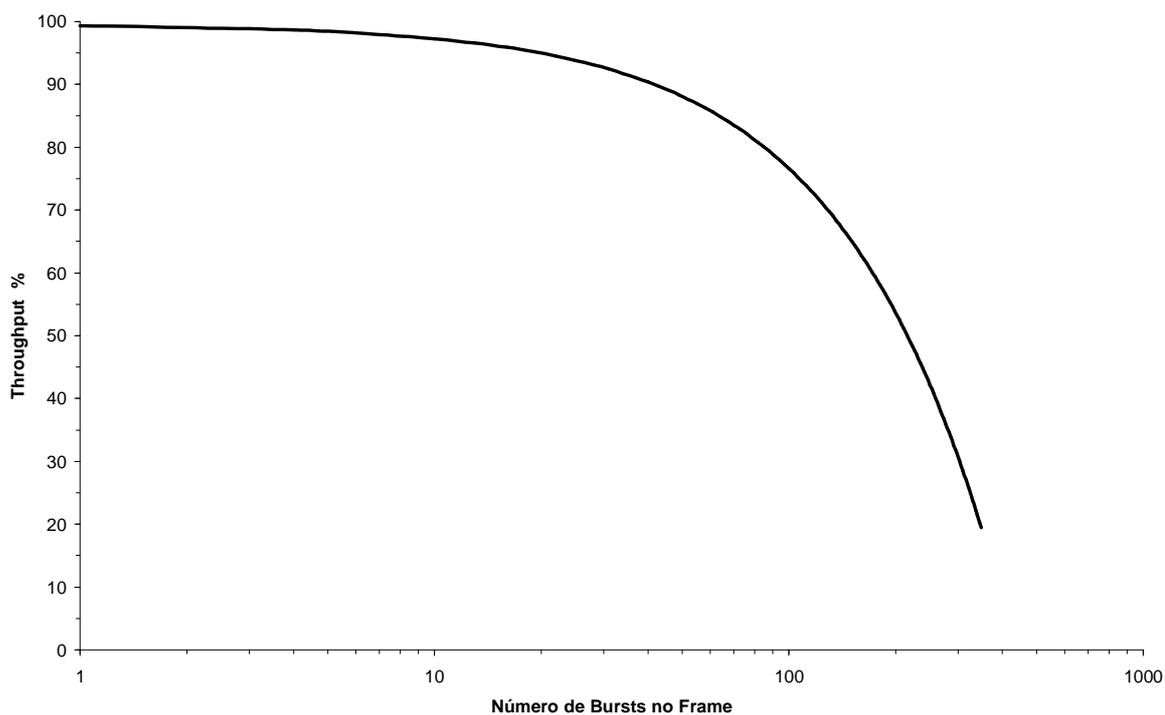


Figura 5.14 - Taxa de Bit do *Frame* R = 150 Mbits/s

Gráfico 4 - Análise Comparativa - Taxa de Bit do Frame R = 100, 120.8 e 150

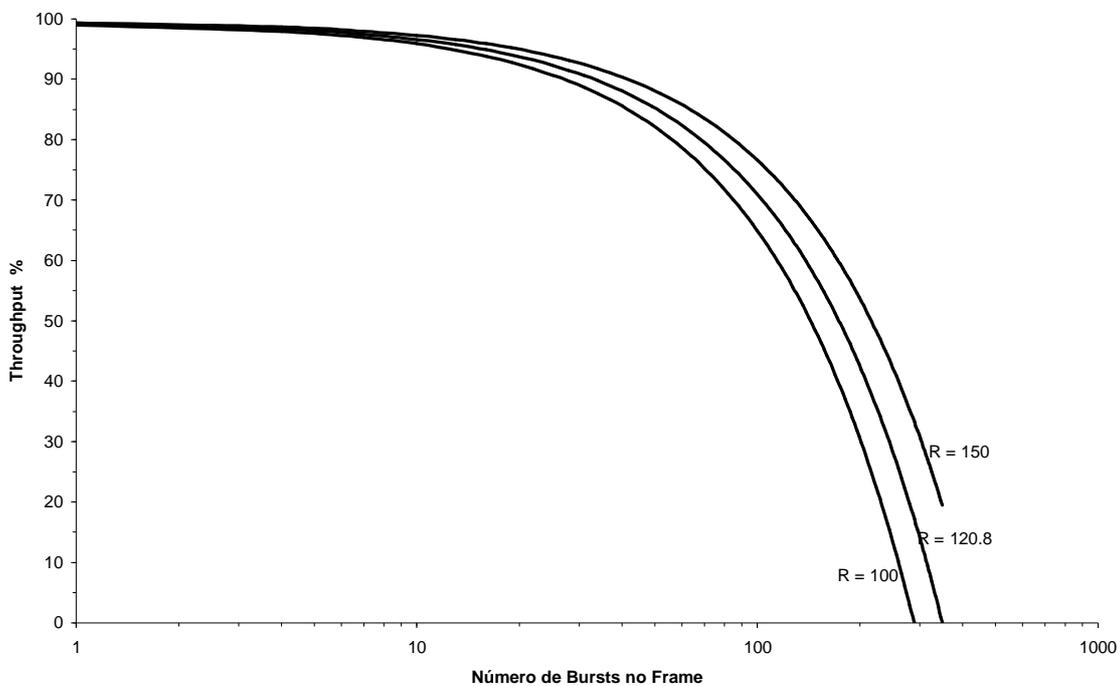


Figura 5.15 - Taxa de Bit do *Frame* R = 100, 120,8 e 150 Mbits/s

Gráfico 5 - Duração do Frame TF = 1 ms

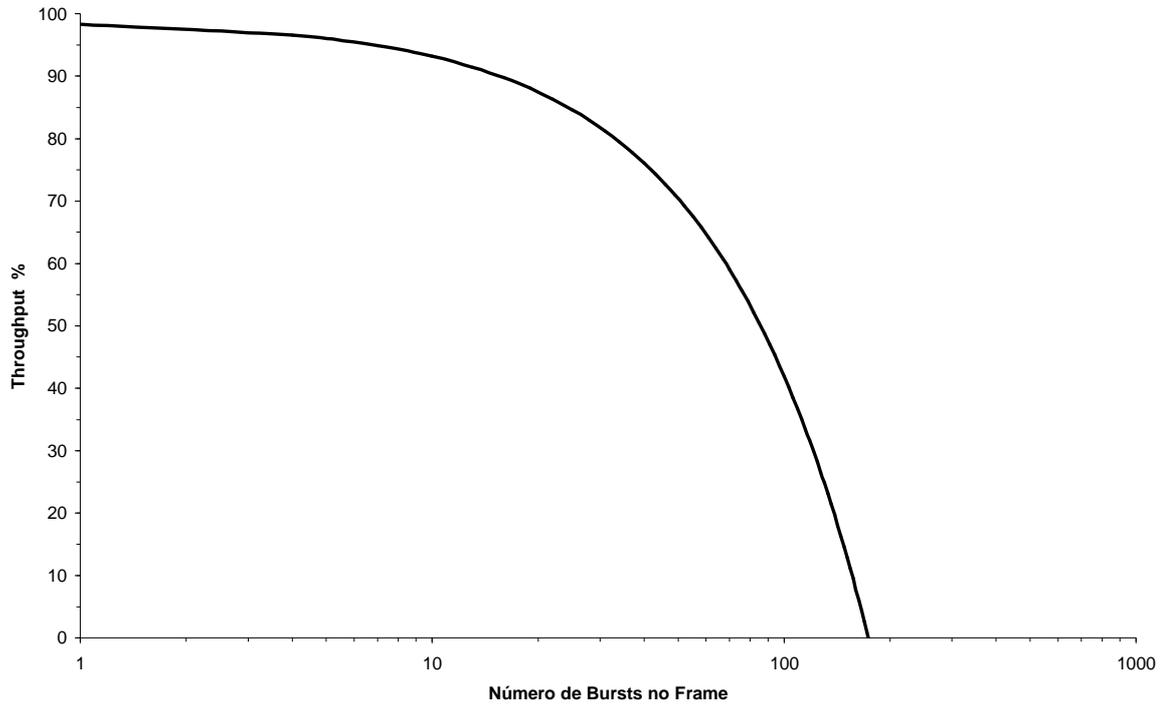


Figura 5.16 - Duração do *Frame* TF = 1 ms

Gráfico 6 - Duração do Frame TF = 2 ms

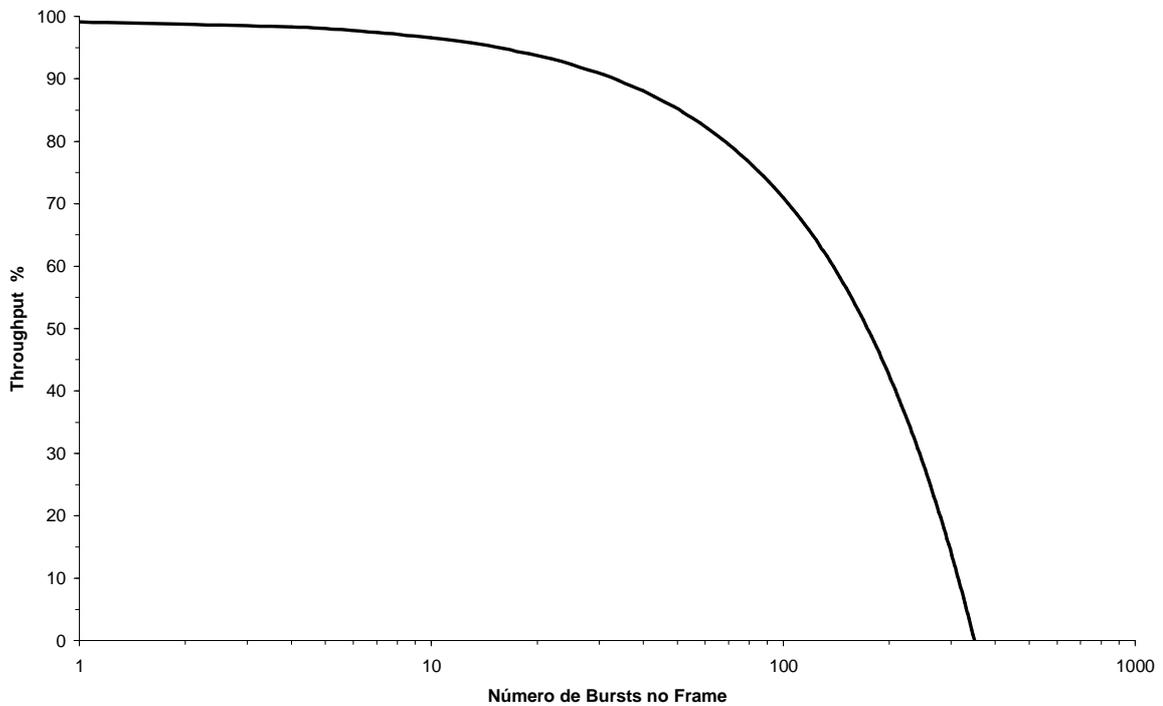


Figura 5.17 - Duração do *Frame* TF = 2 ms

Gráfico 7 - Duração do Frame TF = 3 ms

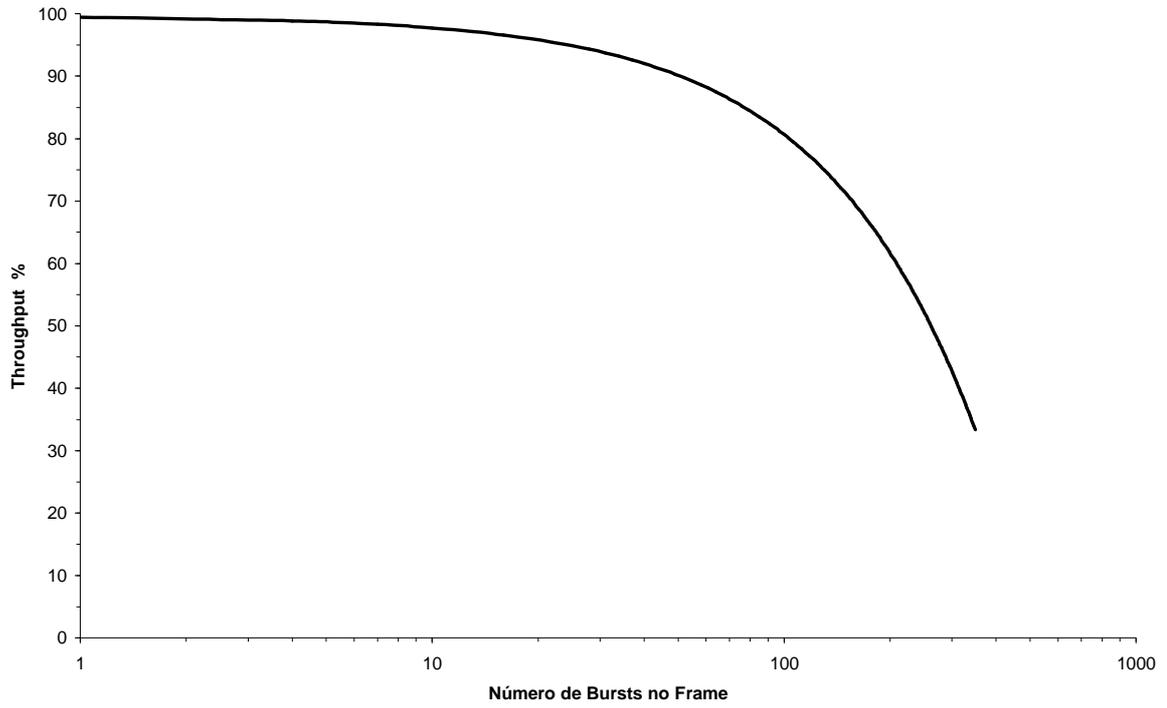


Figura 5.18 - Duração do *Frame* TF = 3 ms

Gráfico 8 - Duração do Frame TF = 4 ms

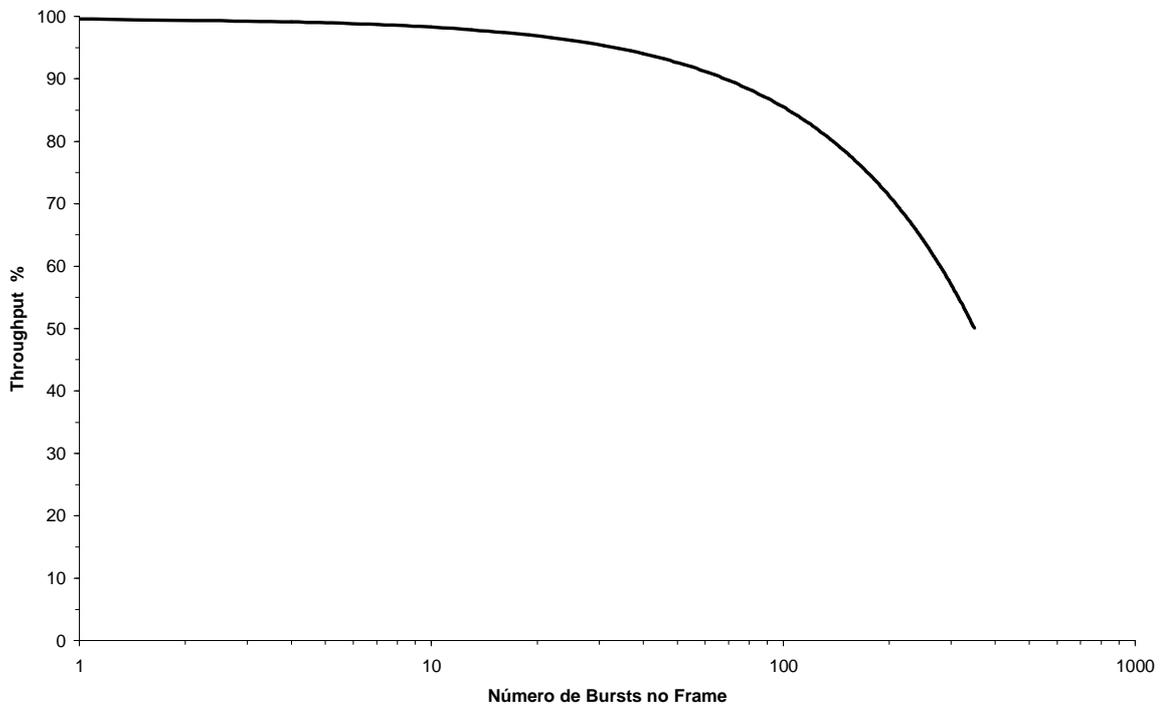


Figura 5.19 - Duração do *Frame* TF = 4 ms

Gráfico 9 - Duração do Frame TF = 5 ms

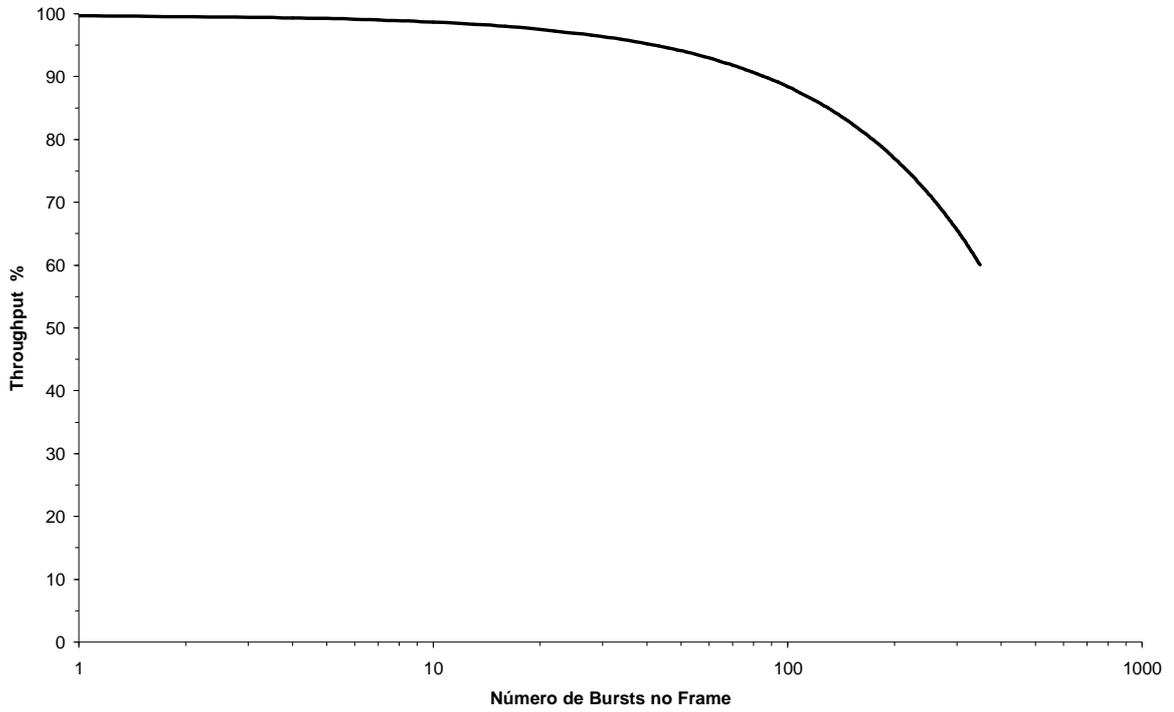


Figura 5.20 - Duração do *Frame* TF = 5 ms

Gráfico 10 - Análise Comparativa - Duração do Frame TF = 1, 2, 3, 4 e 5

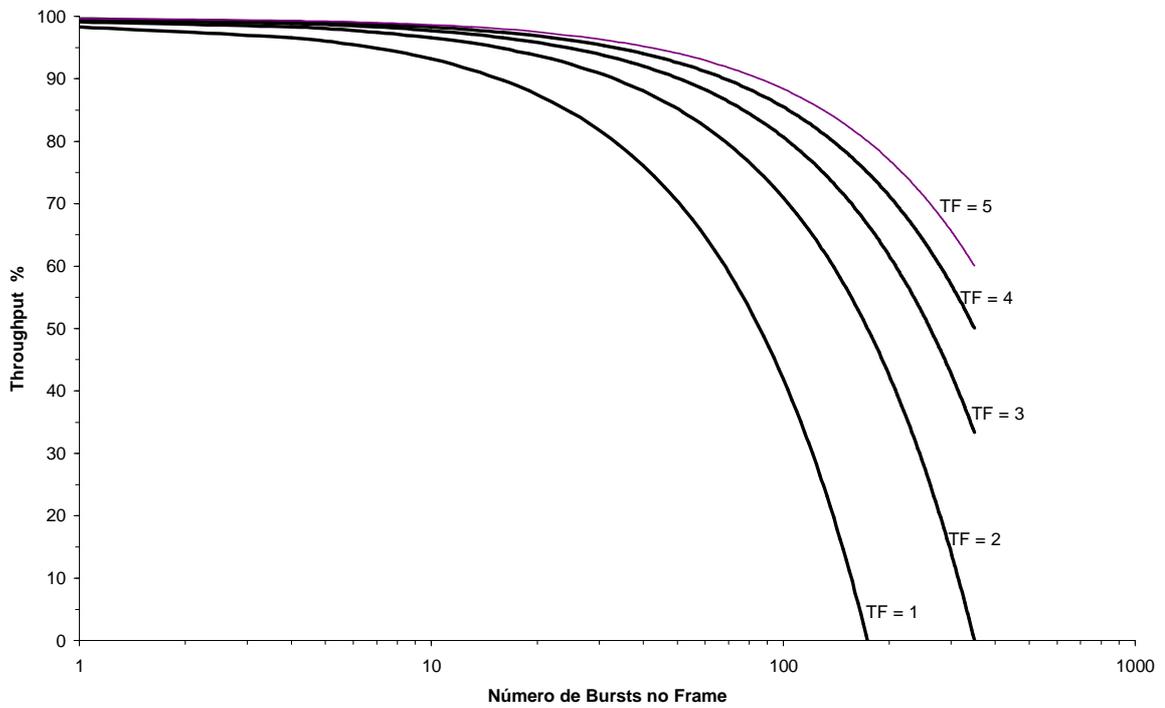


Figura 5.21 - Duração do *Frame* TF = 1, 2, 3, 4 e 5 ms

Gráfico 11 - Núm. de Bits no Preâmbulo $p = 250$ bits

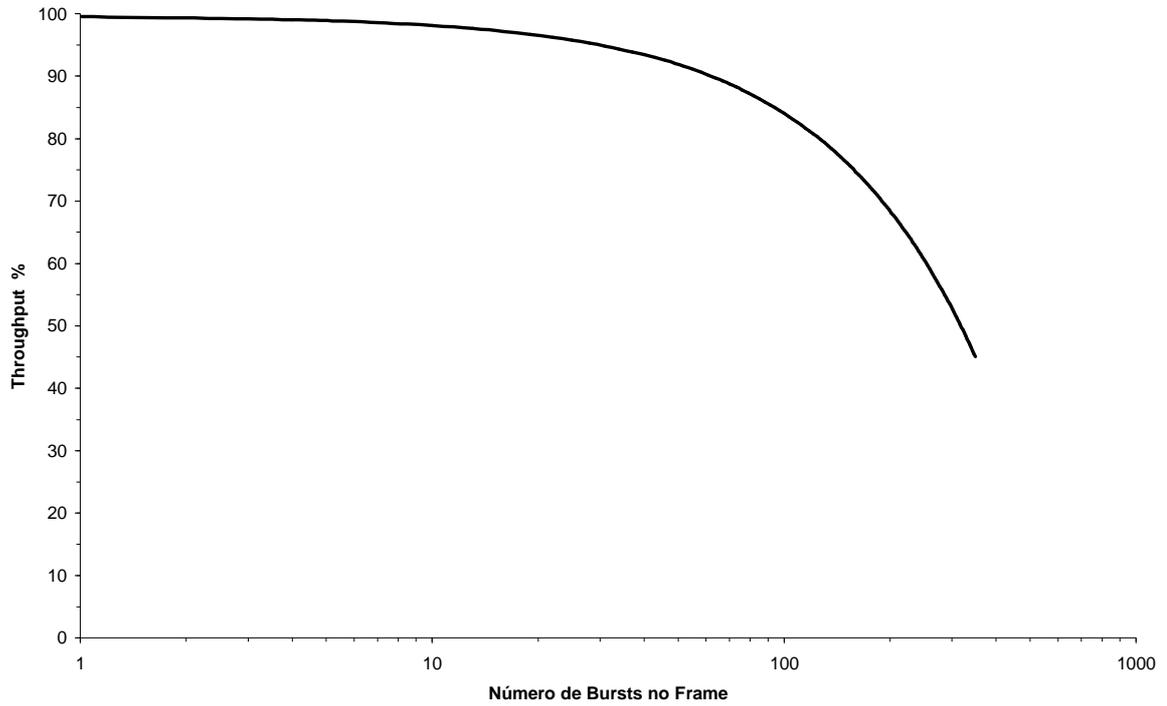


Figura 5.22 – Num. de Bits no preâmbulo $p = 250$ bits

Gráfico 12 - Núm. de Bits no Preâmbulo $p = 400$ bits

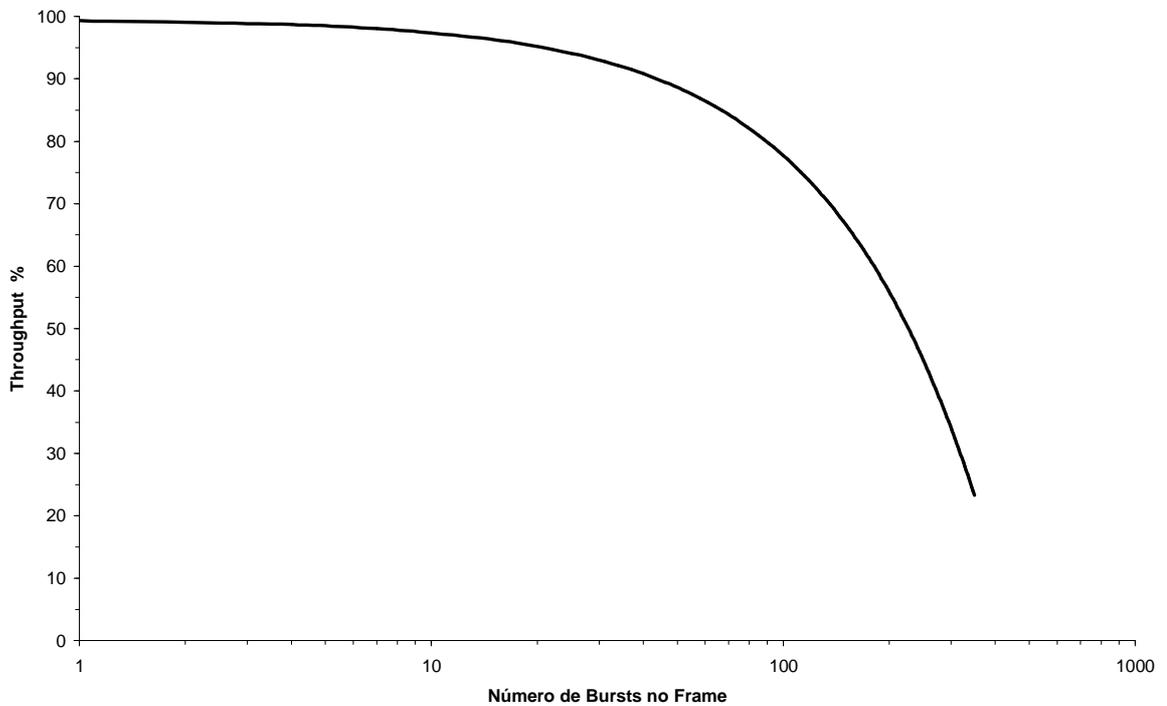


Figura 5.23 - Num. de Bits no preâmbulo $p = 400$ bits

Gráfico 13 - Núm. de Bits no Preâmbulo $p = 560$ bits

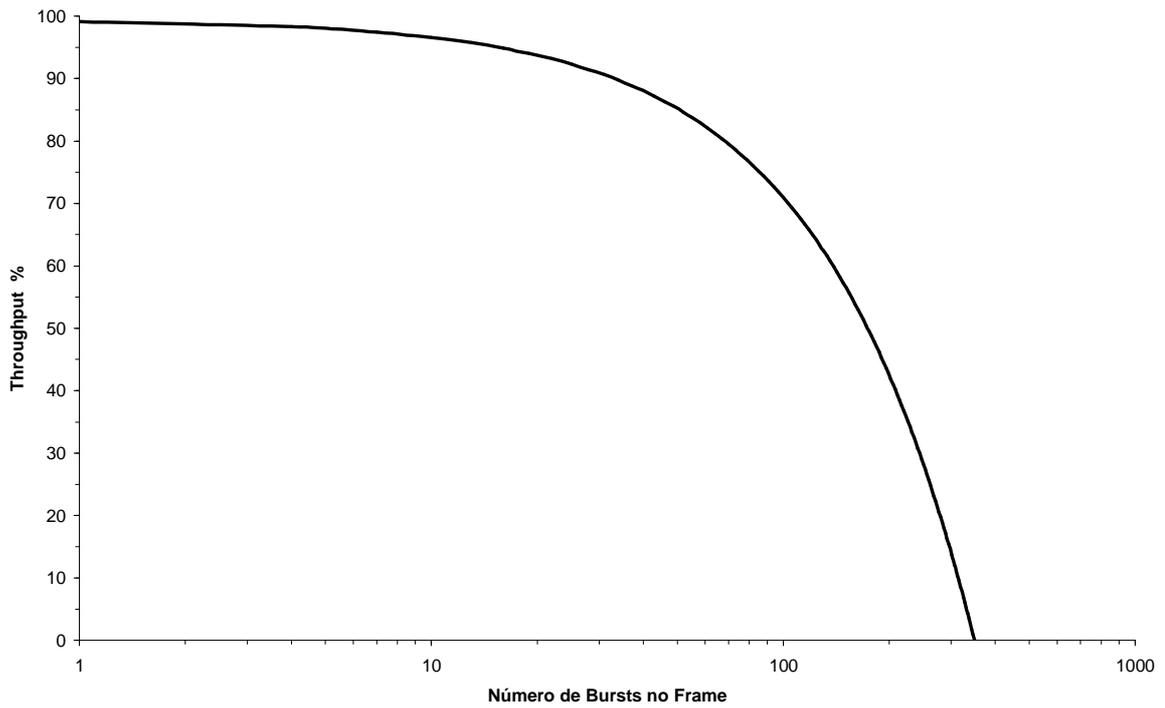


Figura 5.24 - Num. de Bits no preâmbulo $p = 560$ bits

Gráfico 14 - Núm. de Bits no Preâmbulo $p = 700$ bits

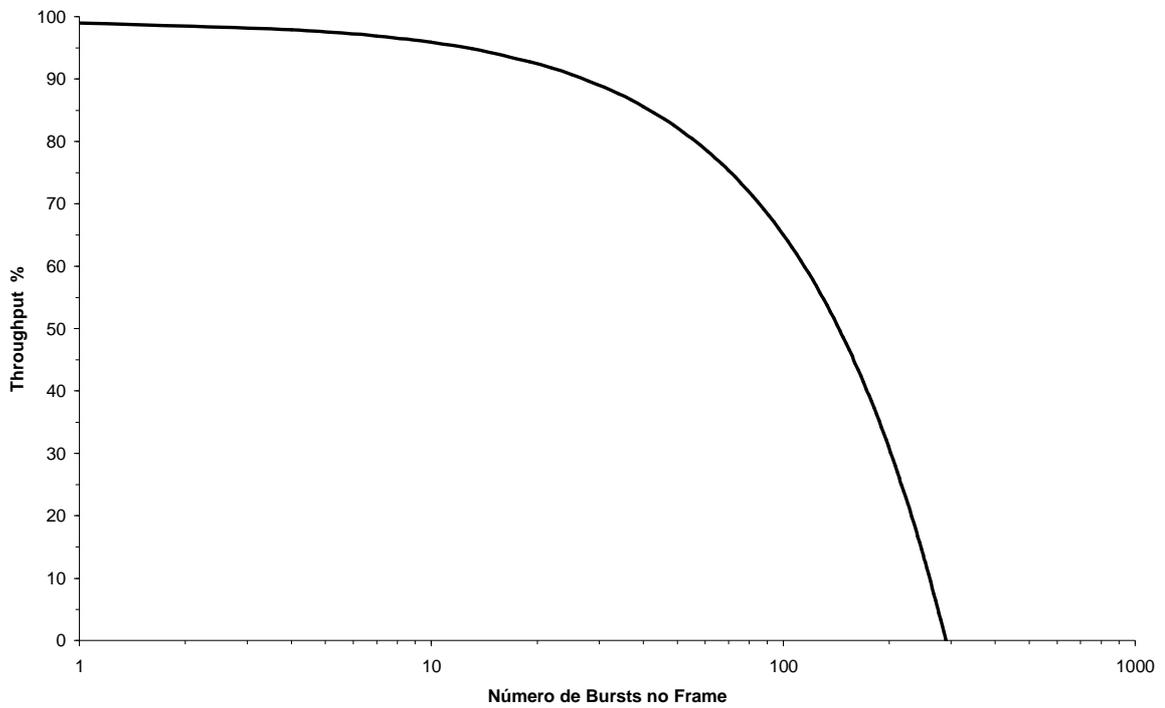


Figura 5.25 - Num. de Bits no preâmbulo $p = 700$ bits

Gráfico 15 - Núm. de Bits no Preâmbulo $p = 850$ bits

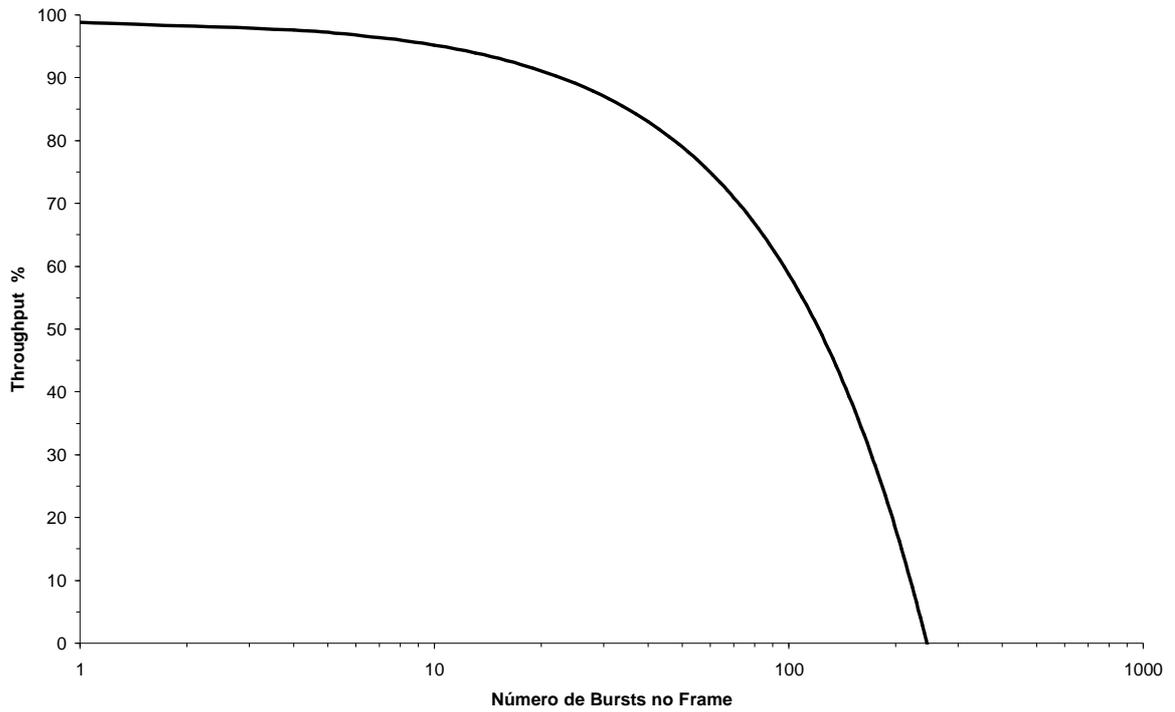


Figura 5.26 - Num. de Bits no preâmbulo $p = 850$ bits

Gráfico 16 - Análise Comparativa - Núm. de Bits no Preâmbulo $p = 250, 400, 560, 700$ e 850

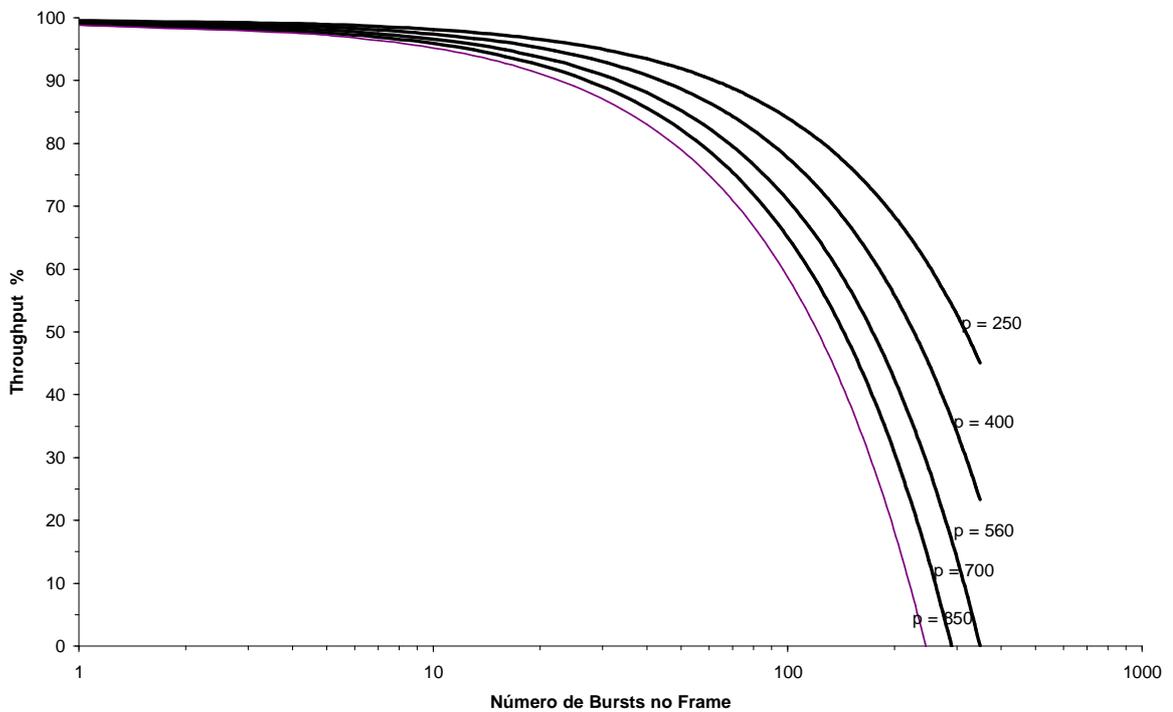


Figura 5.27 - Num. de Bits no preâmbulo $p = 250, 400, 560, 700$ e 850 bits

Gráfico 17 - Tempo Guarda g = 30

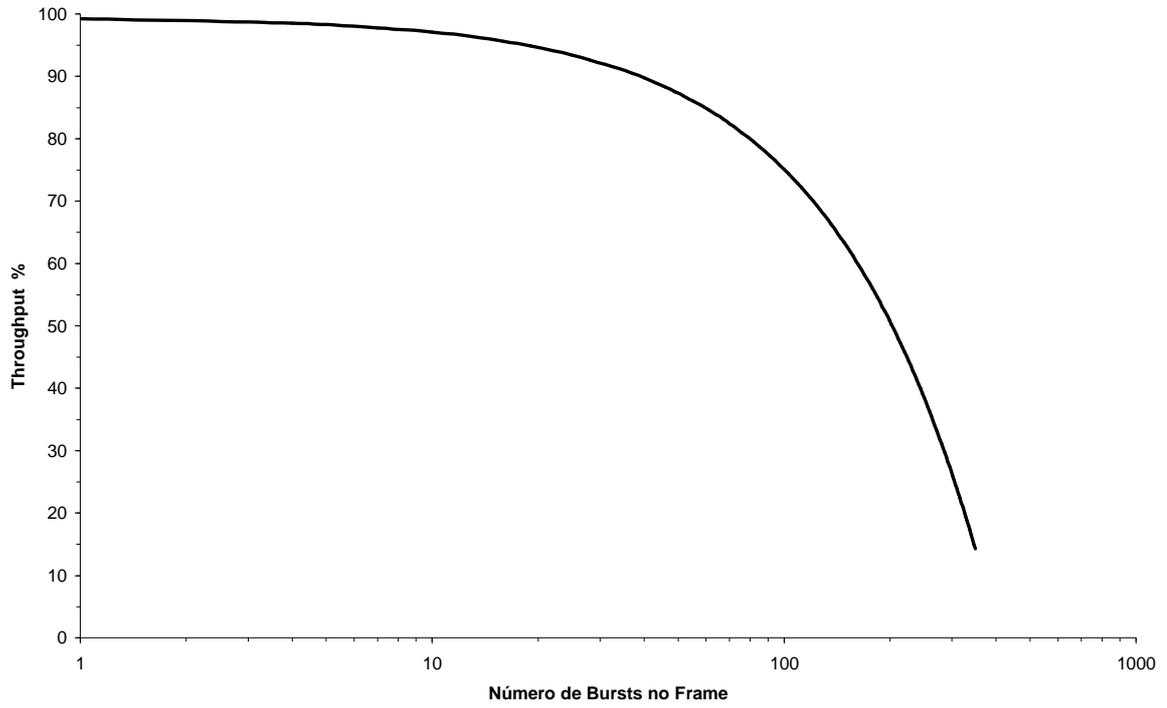


Figura 5.28 - Tempo guarda g = 30

Gráfico 18 - Tempo Guarda g = 80

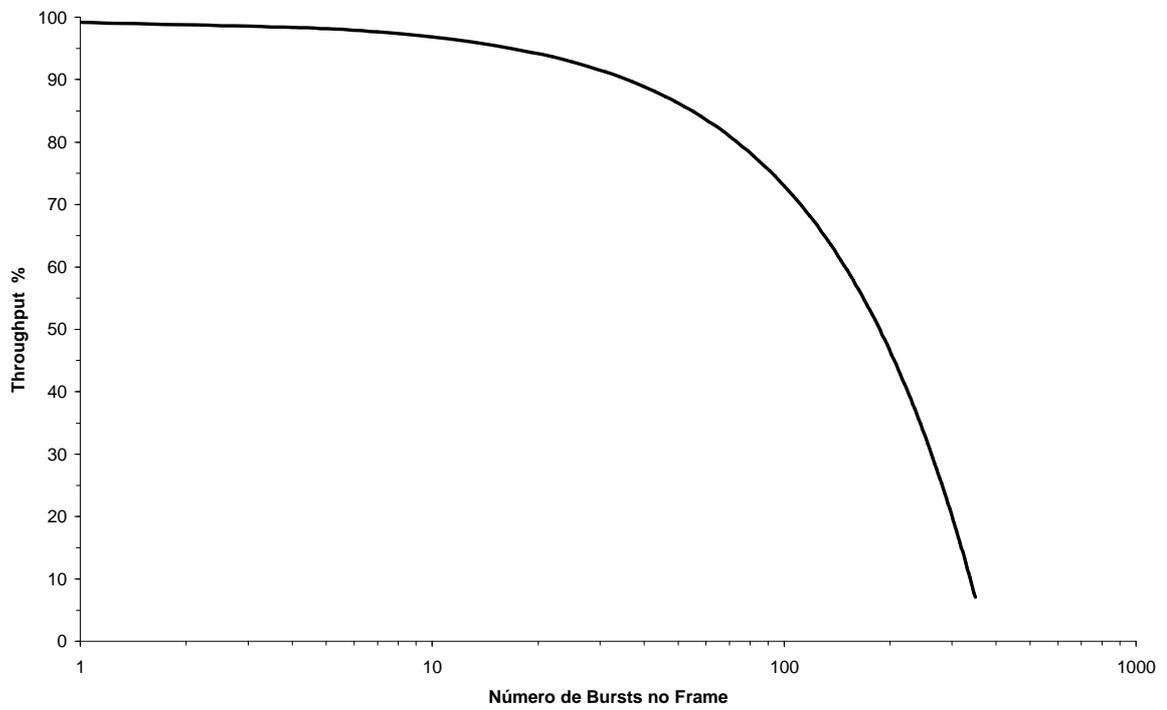


Figura 5.29 - Tempo guarda g = 80

Gráfico 19 - Tempo Guarda g = 128

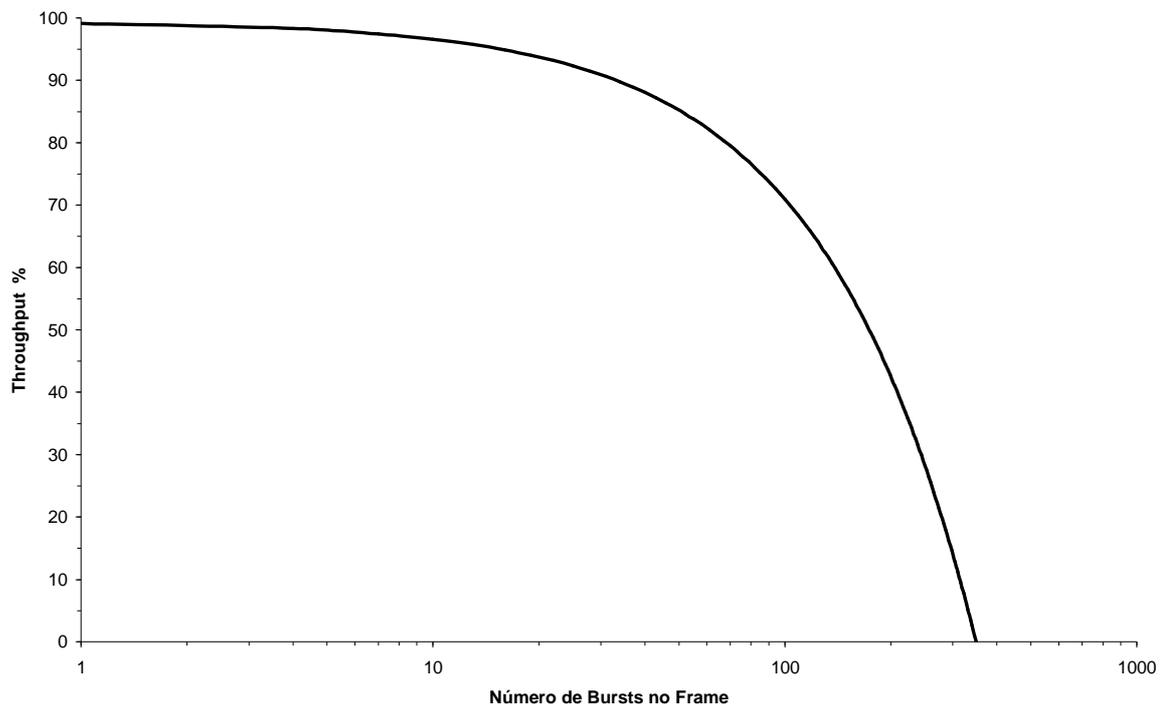


Figura 5.30 - Tempo guarda g = 128

Gráfico 20 - Tempo Guarda g = 180

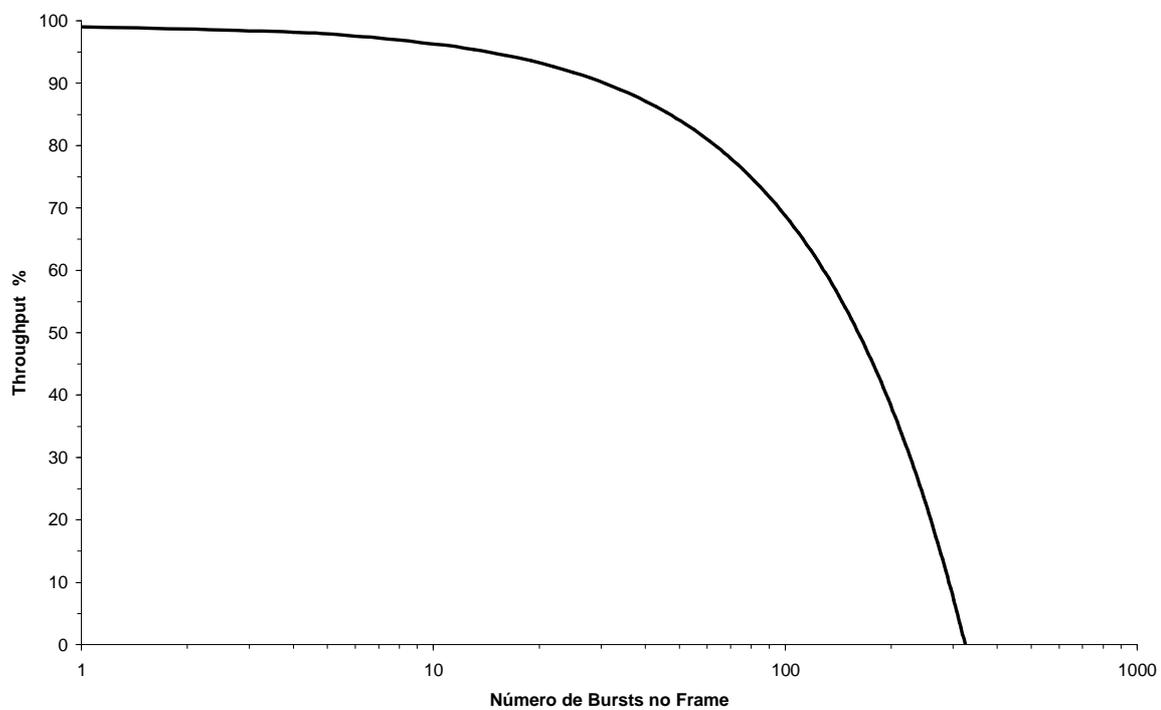


Figura 5.31 - Tempo guarda g = 180

Gráfico 21 - Tempo Guarda $g = 230$

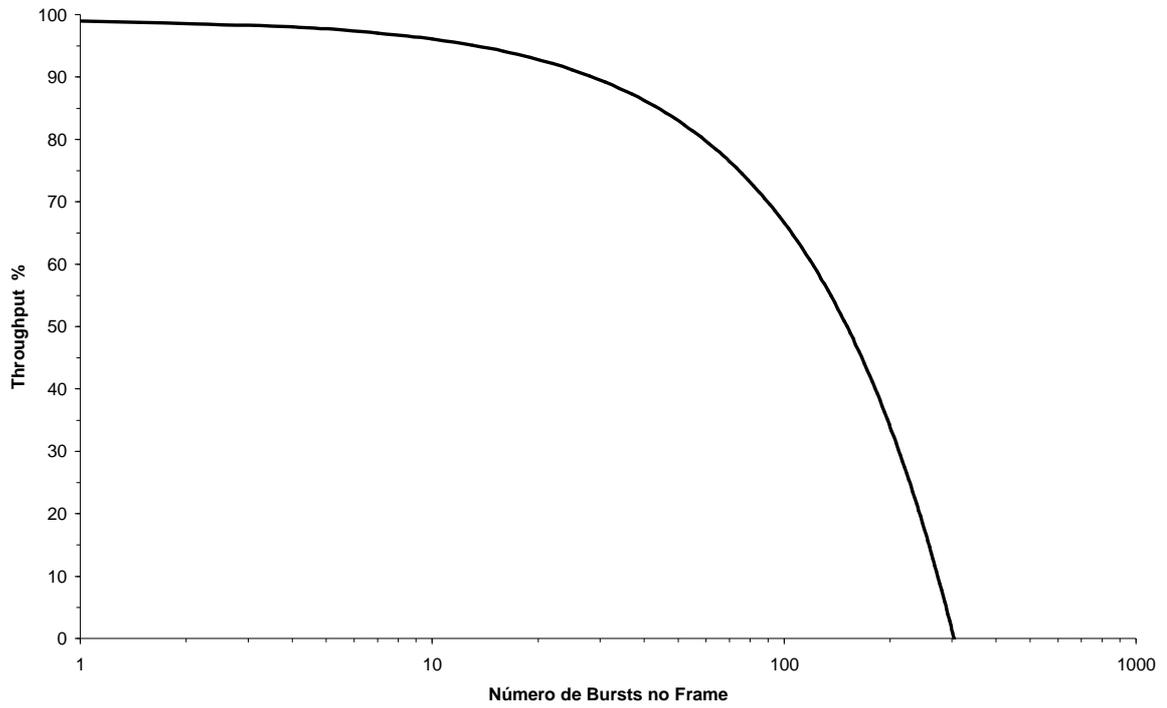


Figura 5.32 - Tempo guarda $g = 230$

Gráfico 22 - Análise Comparativa - Tempo Guarda $g = 30, 80, 128, 180$ e 230

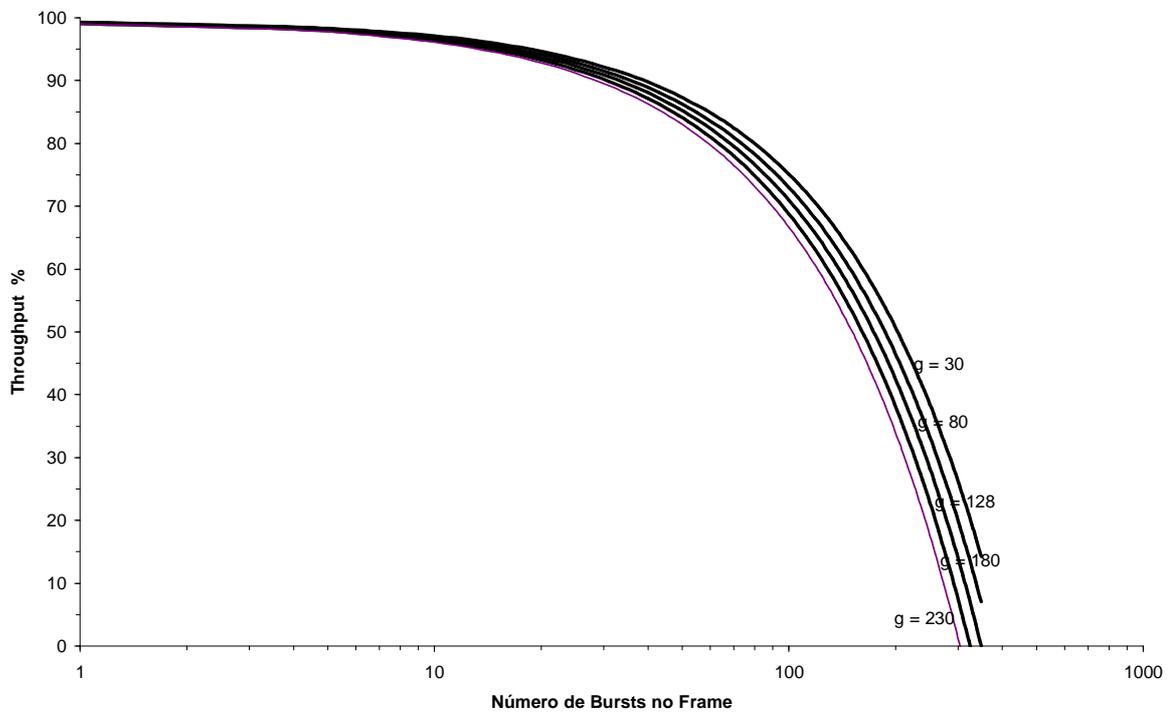


Figura 5.33 - Tempo guarda $g = 30, 80, 128, 180$ e 230

5.6.2 - Conclusões dos gráficos levantados

O *Throughput* é mais bem definido como a Razão entre a capacidade total e real do canal em operação, ou seja, o tempo total destinado à transmissão em operação com uma única portadora que é a fonte do rendimento para o operador da rede e a capacidade potencial do canal ou a capacidade do mesmo canal em caso de acesso múltiplo, ou seja, o tempo total de utilização do canal no caso de acesso múltiplo que é o qual o operador da rede paga. Vale lembrar que toda a largura de banda é ocupada em ambos os casos. Nos gráficos levantados pode-se observar que:

Pelos gráficos 1 à 4, o *Throughput* é maior para um mesmo número de *bursts* no *frame* (P), quando a Taxa de bit do *frame* (R) Aumenta. Pelos gráficos 5 à 10, o *Throughput* é maior para um mesmo número de *bursts* no *frame* (P), quando a Duração do *frame* (TF) é Alta.

Por definição $\sum t_i = p + g$, sendo p a duração do preâmbulo e g a duração do tempo guarda, representa a soma dos tempos não destinados à transmissão de tráfego e vemos nos gráficos 11 à 16 que o *Throughput* é menor para um mesmo número de *bursts* no *frame* (P), quando a duração do Preâmbulo (p) aumenta e nos gráficos 17 à 22 que o *Throughput* também é menor quando a duração do Tempo Guarda (g) para um mesmo número de *bursts* no *frame* (P), aumenta. Daí o *Throughput* diminui quando se aumenta a $\sum t_i$. Aqui é importante lembrar que a redução do tempo guarda é limitada pela precisão do método de sincronização e no caso da redução dos preâmbulos é importante disponibilizar nos receptores circuitos para um medidor rápido de recuperação da taxa de bit.

Podemos observar em todos os gráficos uma Redução no *Throughput* quando o número de *bursts* no *frame* (P) aumenta. Finalmente observamos um decréscimo relativamente Lento do *Throughput*, ou seja, o *Throughput* permanece alto para um grande número de acessos, que pode ser visto em todos os gráficos levantados.

5.7 - CONCLUSÕES

O acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA) é caracterizado pelo acesso ao canal durante um intervalo de tempo. Isso tem certas vantagens:

A cada instante, o canal amplifica apenas uma portadora única, que ocupa toda a largura de banda do canal; não há produtos de intermodulação, e o carregador se beneficia a partir do poder de saturação do canal. Entretanto, a não linearidade existe, e combinada com os efeitos de filtragem na transmissão e recepção, introduz uma degradação relativa ao desempenho de transmissão digital ideal; o *throughput* de transmissão permanece alto para um número grande de acessos. Não há necessidade de se controlar a potência de transmissão das estações; todas as estações transmitem e recebem na mesma frequência, seja qual for a origem ou o destino do *burst*; isso simplifica a sintonia.

No entanto, o TDMA tem certas desvantagens:

- Necessidade de sincronização;
- Necessidade de dimensionar a estação para transmissão à alto *throughput*.

Considere um enlace do tipo estação para estação. A qualidade almejada é especificada em termos de probabilidade de erro. O valor imposto determina o valor exigido da razão E/N_0 . A razão C/N_0 para todo o enlace é determinada pela relação estabelecida e retomada aqui:

$$C/N_0 = (E/N_0) R \quad (5.12)$$

Pode ser visto que C/N_0 é proporcional a R , para o qual a expressão é dada pela equação (5.1). Para a capacidade R_b , a estação deve ser dimensionada para transmitir um *throughput* R , que é alto quando o ciclo de atribuição T_B/T_F é baixo. (Em FDMA, a estação transmite um *throughput* R_b na frequência de rádio e , conseqüentemente, o C/N_0 exigido é menor para o ciclo de atribuição T_B/T_F). A desvantagem do TDMA é parcialmente compensada pela alta potência proporcionada pelo *transponder* no enlace de descida quando comparada com o caso FDMA, em que o *back-off* é necessário.

Geralmente, o TDMA exige equipamentos mais caros nas estações terrestres. No entanto, o custo desse equipamento é compensado pela melhor utilização do segmento espacial devido ao *throughput* mais intenso de transmissão, em caso de uma grande quantidade de acessos. Além disso, o processamento digital conduz a uma simplificação operacional.

6 - ACESSO MÚLTIPLO POR DIVISÃO DE CÓDIGO (CDMA)

Nesse capítulo tratamos especificamente sobre a técnica de Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA). Em CDMA, estações de rede transmitem continuamente e em conjunto na mesma banda de frequência do canal. Há, portanto, interferência entre as transmissões de estações diferentes e esta é dissolvida pelo receptor que identifica a assinatura de cada transmissor; e se apresenta na forma de uma seqüência binária, chamada de código, que se combina com a informação útil de cada transmissor. A série de códigos usados, devem ter as seguintes propriedades de correlação (relacionamento mútuo):

- Cada código deve ser facilmente distinguível a partir de sua réplica mudada no tempo, e mesmo apesar de outros códigos usados na rede.

A transmissão do código combinado com a informação útil exige a disponibilidade de uma largura de banda de rádio frequência muito maior do que aquela exigida para transmitir a informação sozinha usando as técnicas conhecidas. Esta é a razão porque é chamada de transmissão por espalhamento espectral [15].

Duas técnicas são usadas em CDMA:

- A técnica descrita como seqüência direta (DS);
- A técnica descrita como salto de frequência (*frequency hopping*) (FH).

6.1 - TRANSMISSÃO EM SEQUÊNCIA DIRETA

6.1.1 - Princípio

A mensagem binária a ser transmitida $m(t)$, de taxa de *bit* $R_b = 1 / T_b$, é codificada em NRZ a fim de que $m(t) = \pm 1$ e é multiplicada por uma seqüência binária $p(t)$, codificada em NRZ de tal maneira que $p(t) = \pm 1$, de taxa de *bit* $R_c = 1 / T_c$ o qual é muito maior (perto de 10^2 a 10^6) do que a taxa de *bit* R_b . O elemento binário da seqüência é chamado de *chip* para distingui-lo do elemento binário da mensagem chamado de bit. Então, o sinal composto modula uma portadora por meio de um chaveamento por mudança de fase (BPSK, por

exemplo) cuja frequência é a mesma para todas as estações de rede. A figura 6.1 abaixo ilustra o princípio.

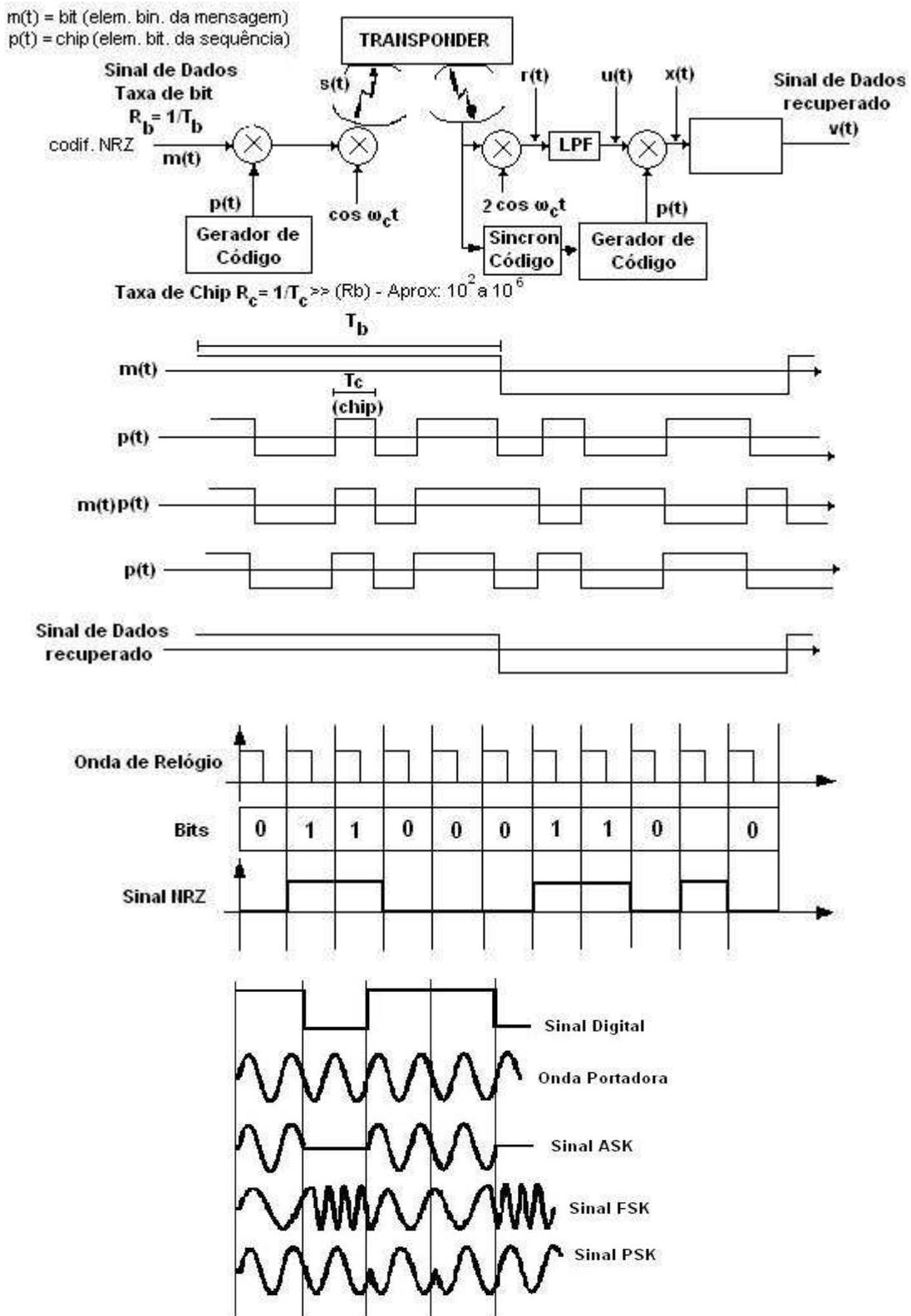


Figura 6.1 - Sequência direta (DS-SS), codificação NRZ e modulação PSK [15].

O sinal transmitido $s(t)$ pode ser representado por:

$$s(t) = m(t)p(t) \cos \omega_c t \quad (\text{V}) \quad (6.1)$$

No receptor, o sinal é coerentemente demodulado multiplicando o sinal recebido por uma réplica da portadora. Desconsiderando ruído térmico, o sinal $r(t)$ na entrada do detector do filtro passa-baixa (LPF) é dado por:

$$r(t) = m(t)p(t) \cos \omega_c t (2 \cos \omega_c t) = m(t)p(t) + m(t)p(t) \cos 2\omega_c t \quad (\text{V}) \quad (6.2)$$

O detector do filtro passa-baixa desconsidera componentes de alta frequência e retém somente o componente de baixa frequência $u(t) = m(t)p(t)$. Este componente é, então, multiplicado pelo código local $p(t)$ em fase com o código recebido. No produto: $p(t)^2 = 1$. Na saída do multiplicador, isto dá:

$$x(t) = m(t)p(t)p(t) = m(t)p(t)^2 = m(t) \quad (\text{V}) \quad (6.3)$$

Este sinal é, então, integrado sobre um período de *bit* para filtrar o ruído. A mensagem transmitida é recuperada na saída do integrator.

6.1.2 - Ocupação espectral

O espectro da portadora $s(t)$, de potência P , é dado por:

$$S(f) = P/R_c [\sin(\pi(f - f_c)/R_c)/(\pi(f - f_c)/R_c)]^2 \quad (\text{W/Hz}) \quad (6.4)$$

Esse espectro está representado na Figura 6.2 abaixo.

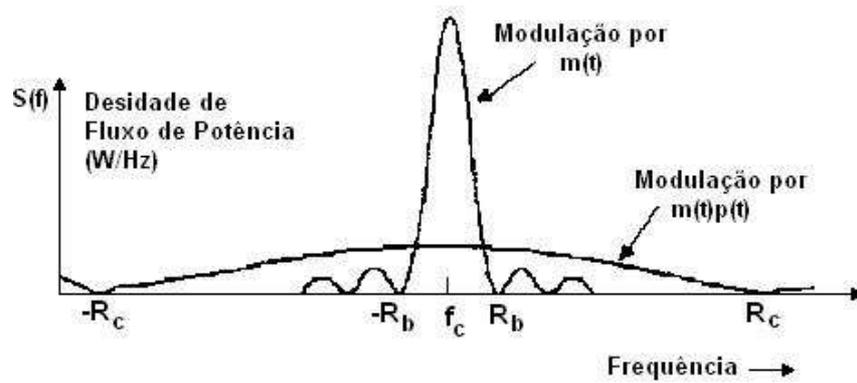


Figura 6.2 - O espectro da portadora em DS-SS-SSB junto com o espectro que a portadora teria, se modulada pela mensagem $m(t)$ [15].

Para efeitos de comparação, este espectro é sobreposto aquele que a portadora teria, se modulada pela mensagem sozinha $m(t)$. Pode ser visto que, em transmissão em CDMA, $s(t)$ tem um espectro que é alargado pela razão de espalhamento R_c/R_b . Este é o resultado da combinação da mensagem com a seqüência do *chip*. Agora será demonstrado que esta combinação permite acesso múltiplo.

6.1.3 - Realização do acesso múltiplo

A estação terrestre recebe do *transponder* o sinal útil $s(t)$ sobreposto aos sinais $s_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots, N - 1$) dos $N - 1$ outros usuários transmitidos na mesma freqüência; conseqüentemente:

$$r(t) = s(t) + \sum s_i(t) \quad (\text{V}) \quad (6.5)$$

com:

$$s(t) = m(t)p(t)\cos\omega_c t \quad (6.6)$$

$$\sum s_i(t) = \sum m_i(t)p_i(t)\cos\omega_c t \quad (6.7)$$

O sinal na saída do multiplicador é dado por:

$$x(t) = m(t)p(t)^2 + \sum m_i(t)p_i(t)p(t) = m(t) + \sum m_i(t)p_i(t)p(t) \quad (\text{V}) \quad (6.8)$$

A mensagem está agora sobreposta ao ruído devido à interferência. Se o devido cuidado for tomado na escolha dos códigos com uma baixa função de correlação cruzada, este ruído será pequeno. A multiplicação de $\sum m_i(t)p_i(t)$ por $p(t)$ no receptor implica espalhamento do espectro de cada mensagem $m_i(t)$ que já tenha sido espalhada. A densidade espectral do ruído $\sum m_i(t)p_i(t)p(t)$ é, conseqüentemente, baixa. A potência do ruído de interferência na largura de banda da mensagem útil $m(t)$ é, desta maneira, baixa.

Na discussão precedente, assumiu-se que a multiplicação pela seqüência do *chip* é efetuada pela mensagem binária em banda básica. Deve ser notado que a expressão (6.1) é também obtida multiplicando a portadora pela seqüência do *chip* depois que a portadora tenha sido modulada pela mensagem binária. Do mesmo modo, as operações de demodulação e ajuntamento podem ser invertidas no receptor. Se a transmissão por espalhamento espectral for usada para efetuar a função de ‘acesso múltiplo’, é preferível, na recepção, primeiramente proceder o ajuntamento e depois à demodulação. Em outro caso (descrito acima por razões de simplicidade de explanação), a demodulação coerente necessita de recuperação da portadora de referência em um espectro (obtido por processo não-linear de portadoras moduladas e espalhadas) contendo as outras portadoras de referência com altos níveis de potência. Ao proceder primeiramente o ajuntamento, os espectros das portadoras indesejáveis são espalhados e a recuperação da portadora de referência exigida é efetuada de acordo com condições sinal-a-ruído favoráveis. Em transmissão, a simplicidade tecnológica tende a uma preferência para espalhamento antes da modulação.

6.1.4 - Proteção contra interferência entre sistemas

Os sinais transmitidos pelos sistemas compartilham a mesma banda de freqüência, como aqueles usados pela rede, podem ser portadoras de banda estreita (portadoras de capacidade média FDM/FM/FDMA, por exemplo). Deixe que $J(t) \cos \omega_c t$ seja uma portadora. O sinal na saída do multiplicador é:

$$x(t) = m(t) + J(t)p(t) \quad (V) \quad (6.9)$$

O ruído de interferência é espalhado pelo receptor. A potência de interferência na largura de banda da mensagem útil $m(t)$ é pequena.

Esta propriedade é útil:

- Para aplicações militares, quando se deseja evitar interferência de um inimigo transmitindo uma alta potência em uma banda estreita. (A transmissão por espalhamento espectral também fornece a possibilidade de transmissão com descrição em vista da densidade espectral baixa da portadora)
- Para aplicações civis, quando se deseja receber sinais com pequenas antenas em bandas congestionadas (por exemplo de 4 GHz); devido à abertura larga do raio da antena, a estação recebe portadoras de satélites adjacentes com uma potência relativamente alta. Espalhando o espectro das portadoras pelo receptor, limita a potência de interferência neste caso.

6.1.5 - Proteção contra trajetórias múltiplas

Um enlace tem múltiplas trajetórias quando o sinal de rádio segue caminhos de diferentes comprimentos e chega ao receptor na forma de sinal útil acompanhado de réplicas atrasadas em tempo. Isso acontece, por exemplo, em enlaces de satélite móvel em que a onda de enlace de descida é captada ao mesmo tempo que seus reflexos em objetos ao redor. Os sinais refletidos, deste modo, se apresentam como interferência. Se o tempo de atraso entre a onda direta e as ondas refletidas for maior que a duração T_c de um *chip*, não há uma longa correlação entre o código recebido e o código local para as ondas refletidas e o espectro dos sinais refletidos é espalhado. Desta maneira, há um benefício de proteção contra interferência por parte de trajetórias múltiplas.

6.2 - TRANSMISSÃO POR SALTO FREQUÊNCIA (FH-CDMA)

6.2.1 - Princípio

A mensagem binária $m(t)$ a ser transmitida é de taxa $R_b = 1/T_b$ e é codificada em NRZ. Ela modula uma portadora cuja frequência $f_c(t) = \omega_c(t)/2\pi$ é gerada por um sintetizador de frequência controlado por um gerador de sequência binária ou código. Este gerador entrega *chips* com uma taxa de *bit* R_c . O princípio será ilustrado por meio de modulação através do chaveamento por mudança de fase (BPSK), embora outros tipos de modulação possam ser

adotados, particularmente o chaveamento por mudança de frequência (FSK). A figura 6.3 abaixo ilustra o princípio.

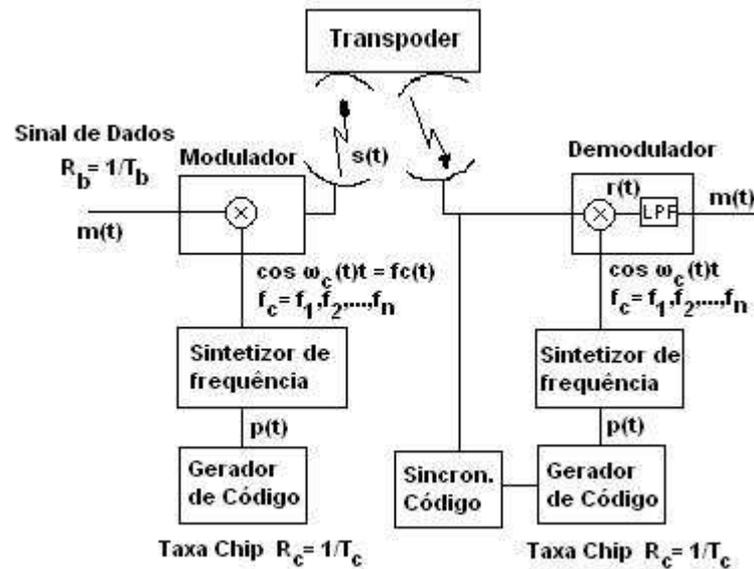


Figura 6.3 - Salto de frequência (*Frequency hopping*) (FH-CDMA) [15].

O sinal transmitido é, desta maneira, da forma:

$$s(t) = m(t) \cos \omega_c t \quad (V) \quad (6.10)$$

A frequência da portadora é determinada por uma série de *chips* $\log_2 N$, em que N é o número de frequências possíveis da portadora. Ela muda a cada vez que o código gera *chips* $\log_2 N$ consecutivos. A frequência da portadora, desta maneira, muda em degraus. O degrau de frequência é:

$$R_h = R_c / \log_2 N \quad (6.11)$$

Onde:

R_h = degrau de frequência

R_c = taxa de chip

N = número de frequências possíveis da portadora

C = número de chips diferentes gerados; $C = \log_2 N$ = série de chips consecutivos.

No receptor a portadora é multiplicada por uma portadora não-modulada gerada sob as mesmas condições do transmissor. Se o código local estiver em fase com o código recebido, o sinal na saída do multiplicador será:

$$r(t) = m(t) \cos \omega_c(t)t \times 2\omega_c(t)t = m(t) + m(t) \cos 2\omega_c(t)t \quad (6.12)$$

O segundo termo é eliminado pelo filtro passa baixa (LPF) do demodulador.

6.2.2 - Ocupação espectral

Três tipos de sistemas podem ser considerados:

- Aqueles para os quais há um degrau de frequência por *bit* de informação: $R_h = R_b$;
- Aqueles para os quais há vários degraus de frequência por *bit*: $R_h \gg R_b$;
- Aqueles para os quais o degrau de frequência cobre vários *bits*: $R_h \ll R_b$.

A figura 6.4 abaixo mostra um exemplo de transmissão com $R_h \ll R_b$. O espectro da portadora de pequena duração (o espectro para o período $T_h = 1/R_h$) tem as características de uma portadora em BPSK modulada por um fluxo binário de índice de *bit* R_b e, conseqüentemente, ocupa a banda-larga b aproximadamente igual a R_b . O espectro de longo período consiste da sobreposição das N portadoras do espectro de pequeno período. Desta maneira, ele tem um espectro mais largo B . O fator de espalhamento é B/b . O desenvolvimento da transmissão de uma portadora pode ser representado na grade frequência-tempo da figura 6.3 acima, em que cada caso representa um estado de frequência da portadora em um dado momento.

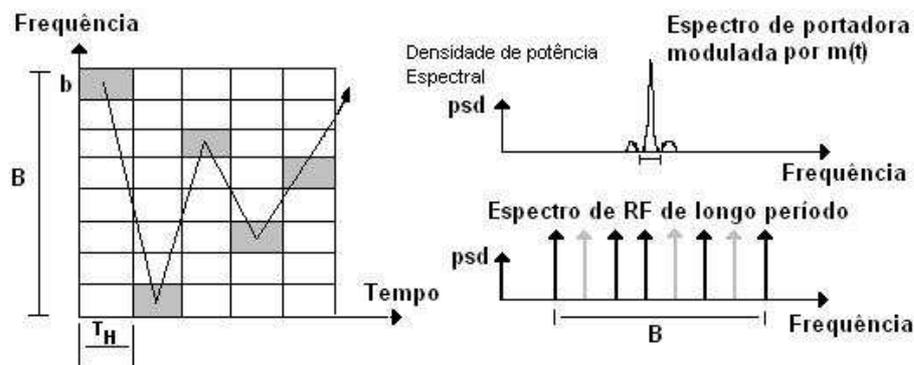


Figura 6.4 - Distribuição espectral em FH-CDMA para $R_h \ll R_b$. [15].

6.2.3 - Realização do acesso múltiplo

As várias portadoras da rede seguem trajetórias diferentes na grade da Figura 6.4 acima. No receptor, somente a portadora, cuja trajetória coincide com aquela da portadora restaurada pelo sintetizador local, é demodulada. Assim, o sinal na saída do multiplicador, durante um T_h quando a frequência do sintetizador for constante e igual a $\omega_c/2\pi$, é:

$$r(t) = [m(t) \cos \omega_c t + \sum m_i(t) \cos \omega_{ci} t] \times 2 \cos \omega_c t \quad (6.13)$$

Na saída do filtro de baixa passagem encontra-se $m(t)$ acompanhado pelo ruído causado pela possível presença de portadoras tais como $\omega_{ci} = \omega_c$. A probabilidade de tal circunstância é pequena quando o número das bandas de frequência na grade for alto e, conseqüentemente, o fator de espalhamento do espectro B/b for grande. A densidade espectral do espectro de ruído de interferência de longa duração pode, desta maneira, se tornar pequena.

6.2.4 - Proteção contra interferência

De maneira similar ao caso de seqüência direta, a interferência causada por portadoras de frequência fixa está sujeita ao espalhamento do espectro no receptor que limita a potência de ruído na largura de banda da mensagem útil $m(t)$

6.3 - GERAÇÃO DE CÓDIGO (SINAIS) PSEUDO-ALEATÓRIOS

O sistema consiste de uma série de *flip-flops* r formando um registrador de deslocamento com uma série de caminhos de *feedback* providos com operações 'exclusive or'. O estado dos *flip-flops* muda de acordo com o *clock* da taxa R_c . O fluxo de *chips* na saída é periódico com um período de $2^r - 1$ e cada período contém *chips* $2^{r-1} - 1$ iguais a 0 e *chips* 2^{r-1} iguais a 1.

$$n = 2^r - 1 \quad (6.14)$$

onde:

n = número de chips no período

r = número de estágios do registrador de deslocamento

A figura 6.5 abaixo mostra o exemplo de um sistema para a geração de uma seqüência de código pseudo-aleatória.

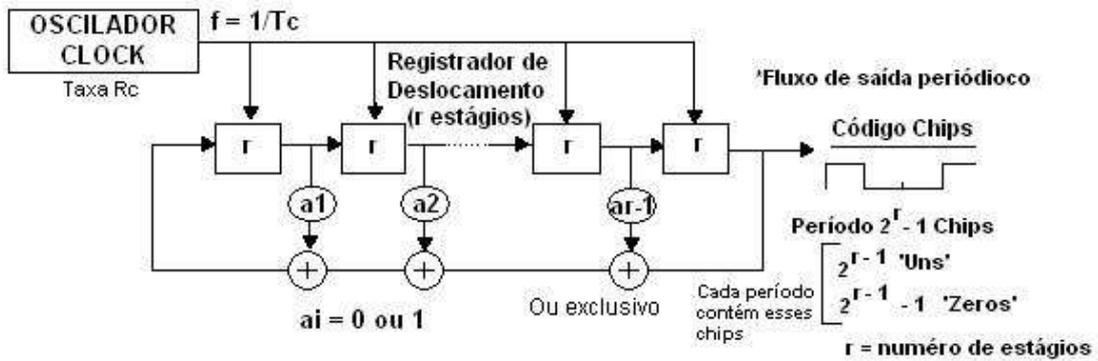


Figura 6.5 - Seqüência pseudo-aleatória. (a) Geração. (b) Função de autocorrelação. (c) Densidade espectral de potência [15].

A seguir na figura 6.6 mostramos o uso de um registrador de deslocamento com “feedback” p/ gerar a seqüência PN 1110010.

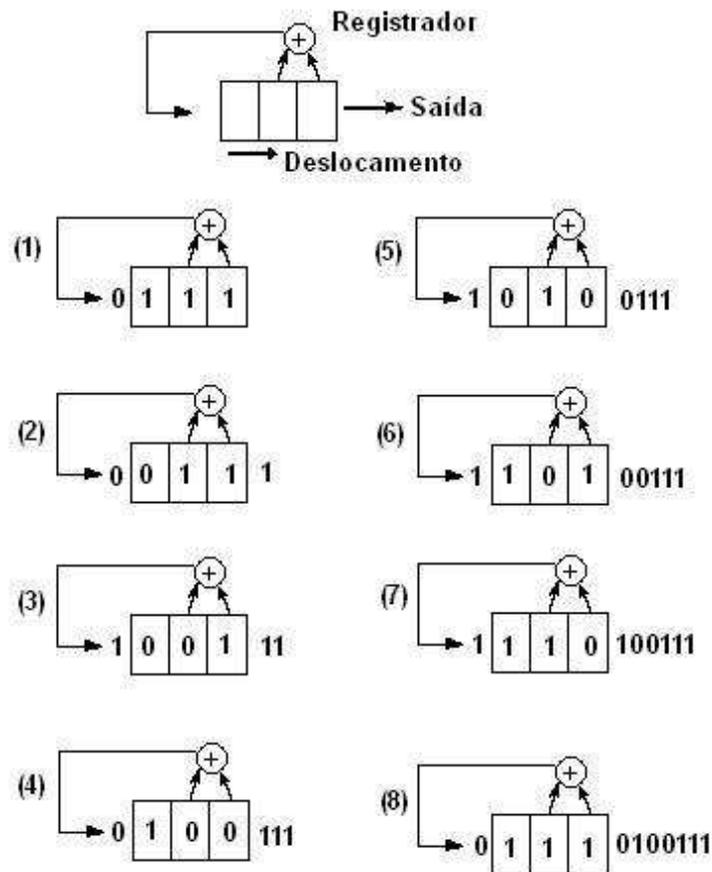


Figura 6.6 - Uso de um registrador de deslocamento com “feedback” p/ gerar a seqüência PN 1110010 [15].

A soma feita pela porta “Exclusive OR” usa os dois bits mais a direita e o resultado é deslocado para dentro do registrador a cada pulso de “clock” e o bit mais a direita é jogado para fora.

O registrador começa com 111, gera a seqüência desejada e termina com 111.

Dos passos 1 até 8 ilustra-se o processo, mostrando o bit que sai para fora sob o último pulso de *clock* e o bit que irá entrar no próximo pulso de *clock*.

A figura 6.7 abaixo mostra o princípio básico de uma seqüência PN em um sistema de espalhamento espectral. Cada novo bit é multiplicado pela mesma seqüência PN. Nesse exemplo a nova seqüência de bit é -1 1 e a seqüência PN é 111 -1 1 -1 -1 .

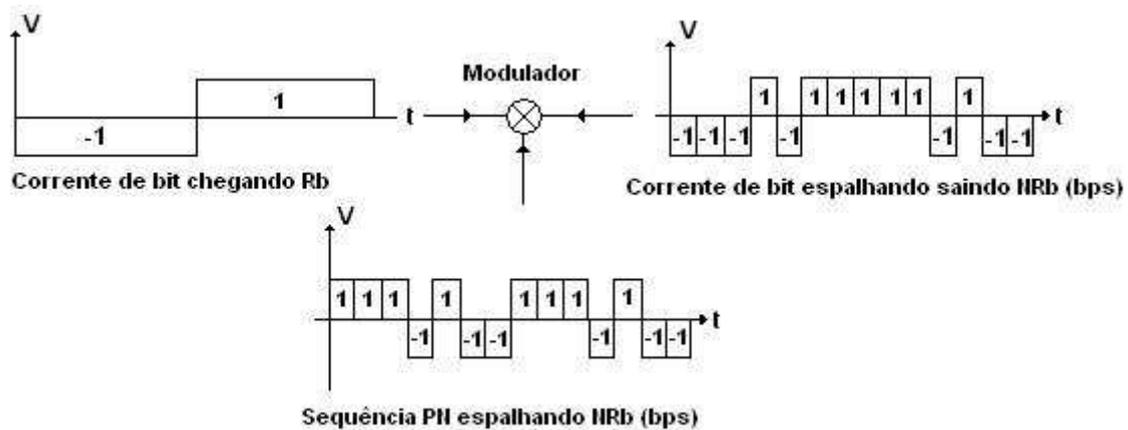


Figura 6.7 - Princípio básico de uma seqüência PN em um sistema de espalhamento espectral [15].

6.4 - SINCRONIZAÇÃO

A sincronização do gerador de seqüência pseudo-aleatória do receptor e seqüência pseudo-aleatória que espalha o espectro da portadora recebida é uma condição fundamental para a realização do acesso múltiplo. É essa condição que torna possível ao receptor detectar a mensagem útil $m(t)$. A sincronização consiste de duas fases:

- aquisição da seqüência;
- rastreamento.

O princípio da aquisição será ilustrado para o caso de transmissão de seqüência direta (DS-CDMA).

6.4.1 - Aquisição da seqüência

A portadora recebida $s_1(t)$ é multiplicada pela seqüência gerada localmente $p(t + \partial)$. Esta não está em fase com a seqüência recebida $p(t)$ e a mudança é indicada por ∂ . A saída do multiplicador $s_2(t)$ alimenta um filtro de passagem de banda que está centrado na frequência da portadora ω_c e tem uma largura de banda, larga em relação ao espectro de $m(t)$, mas estreita em relação ao espectro de $p(t)$. O filtro, deste modo, tem a finalidade de calcular a média do produto $p(t)p(t + \partial)$. A Figura 6.8 mostra o princípio de um possível esquema de aquisição (DS-CDMA).

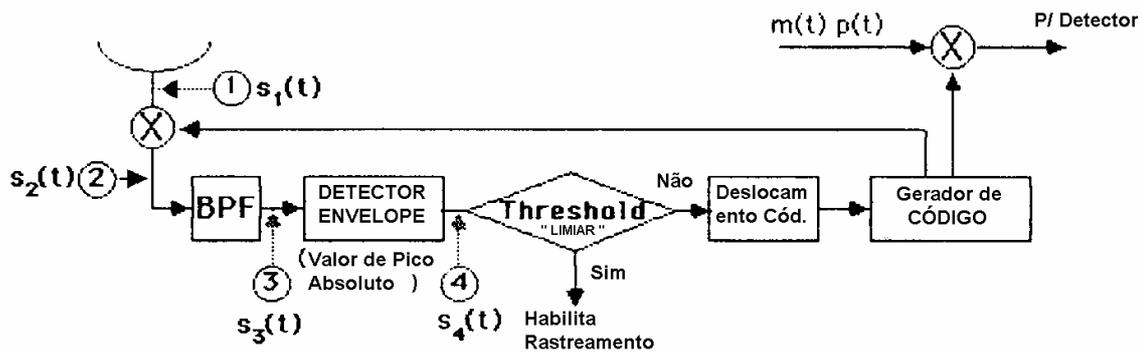


Figura 6.8 - O princípio de aquisição de código em um sistema DS-CDMA [15].

O sinal na saída do filtro pode ser expresso por:

$$s_3 = m(t)p(t)p(t + \partial)\cos\omega_c t \quad (6.15)$$

Tem-se em seguida um detector de envelope (*envelope detector*) o qual detecta o valor de pico do sinal na saída do filtro. Já que a amplitude da portadora, modulada por $m(t)$, é constante, o sinal na saída do detector de envelope (*envelope detector*) fornece o valor absoluto da função de autocorrelação de $p(t)$, conseqüentemente:

$$s_4(t) = Ip(t)p(t + \partial)I = IR_p(\partial)I \quad (6.16)$$

É conhecido (Figura 6.5 (c)) que esta função tem um máximo pronunciado (*pronounced maximum*) para $\partial = 0$. A amplitude da voltagem de saída do detector de envelope (*envelope detector*) é medida para um dado valor de ∂ , então, se esta voltagem for menor do que um limiar fixado, ∂ é aumentado por uma quantia igual à duração de um *chip* T_c . A operação é repetida até que a amplitude de saída do detector de envelope (*envelope detector*) exceda o limiar fixado, indicando que o pico de correlação, para $\partial = 0$, tenha sido alcançado. Então se prossegue para modo de rastreamento. É uma boa prática acumular os resultados de várias medidas para um dado ∂ colocando um integrador, com um intervalo de tempo igual a vários períodos de seqüência pseudo-aleatória, entre o detector de envelope (*envelope detector*) e o detector de limiar.

6.4.2 - Rastreamento

O *loop* de aquisição é duplicado por uma seção ‘de avanço’ e uma, ‘de atraso’. O sinal produzido pelo gerador de seqüência pseudo-aleatória na seção de avanço é $p(t + T_c/2)$, aquele produzido na seção de atraso é $p(t - T_c/2)$. Os dois sinais nas saídas do detector de envelope (*envelope detector*) são subtraídos para produzir um sinal de erro $e(\partial) = |R_p(\partial + T_c/2)| - |R_p(\partial - T_c/2)|$ que, depois de filtrado, controlará o avanço ou o atraso do gerador de seqüência. O sinal de $e(\partial)$ indica a direção da correção a ser executada, e a variação de $e(\partial)$, como uma função de ∂ , tem a forma característica de um sinal de erro em um *loop* de controle. A figura 6.9 abaixo mostra o princípio da organização do rastreamento.

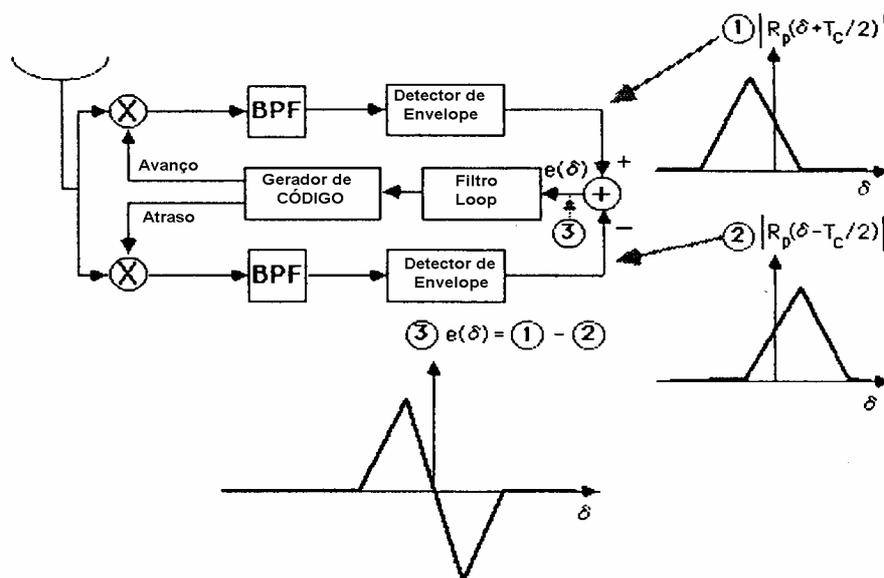


Figura 6.9 - O princípio do rastreamento de código em um sistema DS-CDMA [15].

Algumas realizações, para aquisição e para rastreamento, trocam o detector de envelope (*envelope detector*) por um detector de energia (detector quadrático). Isto não modifica o princípio, mas modifica a forma da característica do sinal de erro. Outras possibilidades incluem o cálculo numérico da convolução entre o sinal recebido e o código gerado localmente.

6.5 - THROUGHPUT DE CDMA

O *throughput* de CDMA pode ser considerado como a razão da capacidade total fornecida por um canal no caso de acesso único, que é uma única portadora modulada sem espalhamento espectral, e aquela de um canal transmitindo várias portadoras moduladas em CDMA simultaneamente. A capacidade total do canal é, então, o produto da capacidade de uma portadora e o número de portadoras, que é o número de acessos. A capacidade de uma portadora é R_b .

6.5.1 - Número máximo de acessos

Considere o caso de modulação em seqüência direta (DS-SS-CDMA). Aceite, para simplificação, que as N portadoras recebidas são todas de igual potência C . A potência da portadora útil na entrada do receptor é, deste modo, C . Como a taxa de informação transportada por esta portadora é R_b , a energia por *bit* de informação é $E_b = C/R_b$. Desconsiderando o ruído térmico da potência de ruído na entrada do receptor e retendo somente a contribuição do ruído de interferência, a densidade espectral de potência do ruído N_o na entrada do receptor é $N_o = (N - 1)C/B_N$, em que B_N é a largura de banda do ruído equivalente do receptor. Isto dá:

$$E_b / N_o = B_N / R_b (N - 1) \quad (6.17)$$

A eficiência espectral $\Gamma = R_c/B_N$ da modulação digital usada pode ser introduzida nesta expressão. Isto, então, dá:

$$E_b / N_o = R_c / R_b (N - 1)\Gamma \quad (6.18)$$

Como a qualidade do enlace é estipulada por uma dada taxa de erro, o valor de E_b/N_o é imposto. A partir disso, o número máximo de acessos N_{\max} é deduzido e é dado por:

$$N_{\max} = 1 + (R_c / R_b) \Gamma(E_b / N_o) \quad (6.19)$$

6.5.2 - Expressão do *throughput*

A capacidade total máxima da rede é igual à $N_{\max}R_b$. A capacidade de uma única portadora, modulada sem espalhamento espectral e ocupando uma largura de banda B_N , seria R_c . O *throughput* η do CDMA é, então, dado pela razão:

$$\eta = N_{\max} R_b / R_c \quad (6.20)$$

6.5.3 - Exemplo

Considere uma rede CDMA ocupando completamente um canal de 36 MHz. A largura de banda do receptor é $B_N = 36\text{MHz}$. Assume-se que cada portadora tenha a capacidade de um canal de telefone, que é de 64 Kbit/s. Com a modulação BPSK de eficiência espectral teórica $\Gamma = 1$ bit/sHz, a taxa de *chip* é $R_c = B_N \cdot \Gamma = 36\text{Mbit/s}$ e a razão de espalhamento é $36 \times 10^6 / 64 \times 10^3 = 563$.

A tabela 6.1 abaixo mostra o número máximo de acessos, a capacidade total máxima da rede e o *throughput* para uma probabilidade de erro escolhida. O *throughput*, da ordem de 10%, é baixo se comparado, por exemplo, com TDMA (Seção 4.5).

Os valores na tabela são otimistas; o ruído térmico é desconsiderado, códigos do usuário são aceitos para ser ortogonais e não se leva em consideração a degradação devido ao demodulador.

Tabela 6.1 - O desempenho de uma rede de acesso em CDMA usando um *transponder* de 36 MHz e chaveamento por mudança de fase binária (BPSK). Cada portadora tem a capacidade de um canal de telefone de 64 kbit/s

Probabilidade de erro requerida	de E_b/N_o	Número máximo de acessos N_{max}	Capacidade máxima da rede	total <i>Throughput</i> (%)
10-4	8.4 dB	82	5.3 Mbit/s	15
10-5	9.6 dB	62	4 Mbit/x	11
10-6	10,5 dB	51	3.3 Mbit/s	9

6.6 - LEVANTAMENTO DO GRÁFICO DO *THROUGHPUT* DE CDMA A PARTIR DOS DADOS DO EXEMPLO (SEÇÃO 5.5.3).

6.6.1 - Levantamento dos dados, planilha e gráfico

Mostramos abaixo os dados retirados do exemplo (seção 6.5.3):

Bn (Largura de Banda do Receptor) = **36 MHz**

Rb (Capacidade de cada Portadora) = **64 Kbits/s**

r (Eficiência Espectral) = **1 bit/s.Hz**

Rc (Taxa de Chip) = 36 Mbits/s

Rc/Rb (Razão de espalhamento) = **562.5**

Nmáx (Número Máximo de Acessos)

Usaremos nos cálculos do *throughput* a equação (6.20) deduzida anteriormente na seção 6.5.2 e mostrada abaixo:

$$\eta = \frac{Nmáx * Rb}{Rc} \quad (6.21)$$

Sendo:

Nmáx = Número máximo de acessos variando entre 1 e 349

Rb = Capacidade de cada portadora = 64 Kbits/s

Rc = Taxa de Chip = 36 Mbits/s

A seguir mostramos a planilha e o gráfico levantado, a partir dos dados e equação (6.21) para cálculo do *throughput* mostrados. Assim, mostraremos nos gráficos uma variação de 1 até no máximo 349 estações envolvidas na rede. O *Throughput* será dado em porcentagem

(%) e mostrado no eixo (y) e a variação do eixo (x) mostra o número de estações envolvidas na rede. O eixo (y) tem uma variação em escala linear e o eixo (x) uma variação em escala logarítmica, para enfatizar as respostas dos gráficos.

Tabela 6.2 - Planilha utilizada no cálculo do *throughput* de CDMA

PLANILHA UTILIZADA NO CÁLCULO DO THROUGHPUT DE CDMA		
Largura de Banda do Receptor (Bn)		36,0E+6 Hz
Capacidade de cada Portadora (Rb)		64,0E+3 bits/s
Eficiência Espectral (r)		1 bit/s.Hz
Taxa de Chip (Rc)		36,0E+6 bits/s
Razão de espalhamento (Rc/Rb)		562,5
Número Máximo de Acessos (Nmáx)		62
THROUGHPUT - para o número máximo de acessos (Nmáx) :		
		11,02 %
Observações:	Número máximo de acessos	Throughput
	1	0,18 %
	4	0,71 %
	7	1,24 %
	10	1,78 %
	13	2,31 %
	16	2,84 %
	19	3,38 %
	22	3,91 %
	25	4,44 %
	28	4,98 %
	31	5,51 %
	34	6,04 %
	37	6,58 %
	40	7,11 %
	43	7,64 %
	46	8,18 %
	49	8,71 %
	52	9,24 %
	55	9,78 %
58	10,31 %	
61	10,84 %	
64	11,38 %	
67	11,91 %	
70	12,44 %	
73	12,98 %	
76	13,51 %	
79	14,04 %	
82	14,58 %	
85	15,11 %	
88	15,64 %	
91	16,18 %	
94	16,71 %	
97	17,24 %	
100	17,78 %	
103	18,31 %	
106	18,84 %	
109	19,38 %	
112	19,91 %	
115	20,44 %	
118	20,98 %	

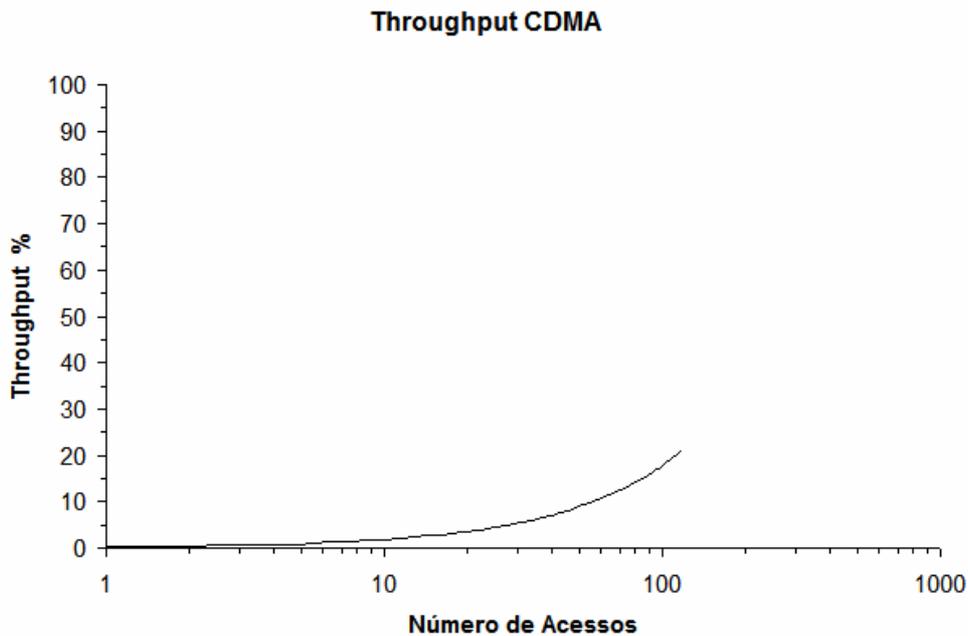


Figura 6.10 - Throughput CDMA.

6.7 - CONCLUSÃO

Acesso Múltiplo por Divisão de Código funciona no princípio de transmissão por espalhamento espectral, lembrado na figura 6.11 abaixo.

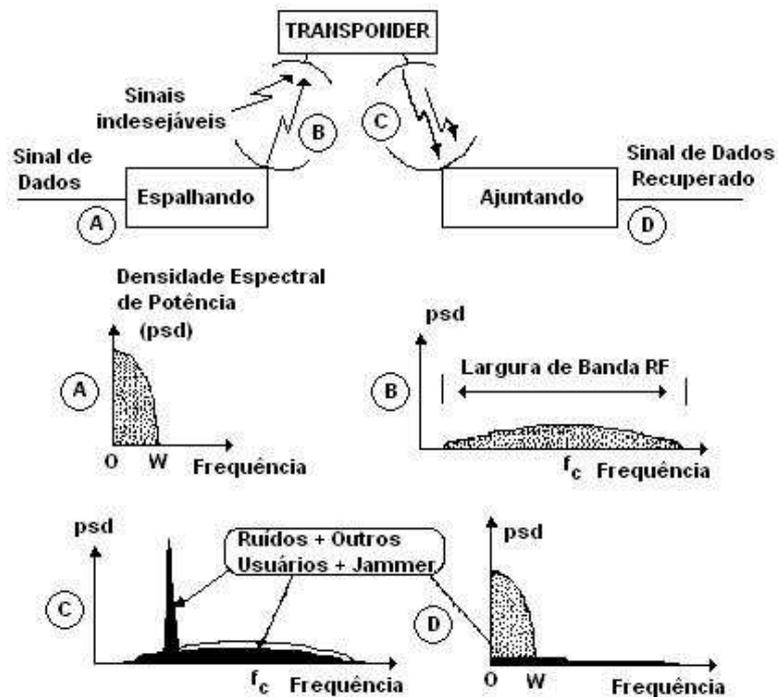


Figura 6.11 - Sistema de Acesso Múltiplo por Divisão de Código em uma transmissão por espalhamento espectral [15].

A seqüência de código a qual serve para espalhar o espectro constitui na “assinatura” do transmissor. O receptor recupera a informação útil pela redução do espectro da portadora transmitida em sua largura de banda original. Esta operação simultaneamente espalha o espectro de outros usuários de tal forma que estes aparecem como ruído de baixa densidade espectral.

Acesso Múltiplo por Divisão de Código tem as seguintes vantagens:

É simples para operar desde que não se requeira nenhuma transmissão assíncrona entre estações. A única sincronização é aquela do receptor para a seqüência da portadora recebida.

É oferecer propriedades de proteção útil contra interferência de outros sistemas e interferência imposta para múltiplos caminhos, isto feito é atrativo para redes de pequenas estações com antenas de largura de raio grande e para comunicações de satélite com móveis.

A principal desvantagem é o baixo *throughput*; uma grande largura de banda do segmento espacial é usada para uma baixa capacidade da rede total com respeito a capacidade de uma simples portadora não-espalhada.

7 - COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE ACESSO MÚLTIPLO ESTUDADOS (FDMA, TDMA e CDMA)

7.1 - INDICAÇÕES GERAIS

Existe uma grande variedade de soluções para o problema de múltiplo acesso [15] para um repetidor particular por um grupo de estações de rede. A escolha do tipo de acesso depende acima de tudo das considerações econômicas; existe um custo global em termos de investimentos e custos operativos e os benefícios em termos de rendimentos.

Indicações gerais podem ser dadas de acordo com o tipo de tráfego:

Para um tráfego caracterizado por mensagens longas implicando em transmissões contínuas ou quase contínuas de uma portadora, as técnicas de acesso múltiplo FDMA, TDMA e CDMA são as mais apropriadas. Isto envolve, por exemplo, tráfego telefônico, transmissão de televisão e vídeo conferência. Se o volume do tráfego por portadora é grande e o número de acessos é pequeno (*trunking*), a técnica FDMA tem a vantagem de simplicidade operacional. Quando o tráfego por portadora é pequeno e o número de acessos é grande, a técnica FDMA perde muito em eficiência de uso do segmento espacial e as técnicas CDMA e TDMA são as melhores opções. De qualquer forma, TDMA requer equipamentos da estação terrestre relativamente caros. Para pequenas estações expostas a interferência inter-sistemas, CDMA pode ser preferida a despeito de seu baixo *throughput*.

A seleção do acesso múltiplo FDMA ou TDMA também implica em uma escolha entre demanda fixa e contratada. Considerações econômicas prevalecerão. O aumento no rendimento resultante do mais alto tráfego é comparado com o custo acrescido envolvido na instalação de equipamentos para controle da demanda contratada.

A figura 7.1 abaixo, resume o resultado declarado previamente para o *throughput* da transmissão e pode ser usado na escolha do tipo de acesso múltiplo.

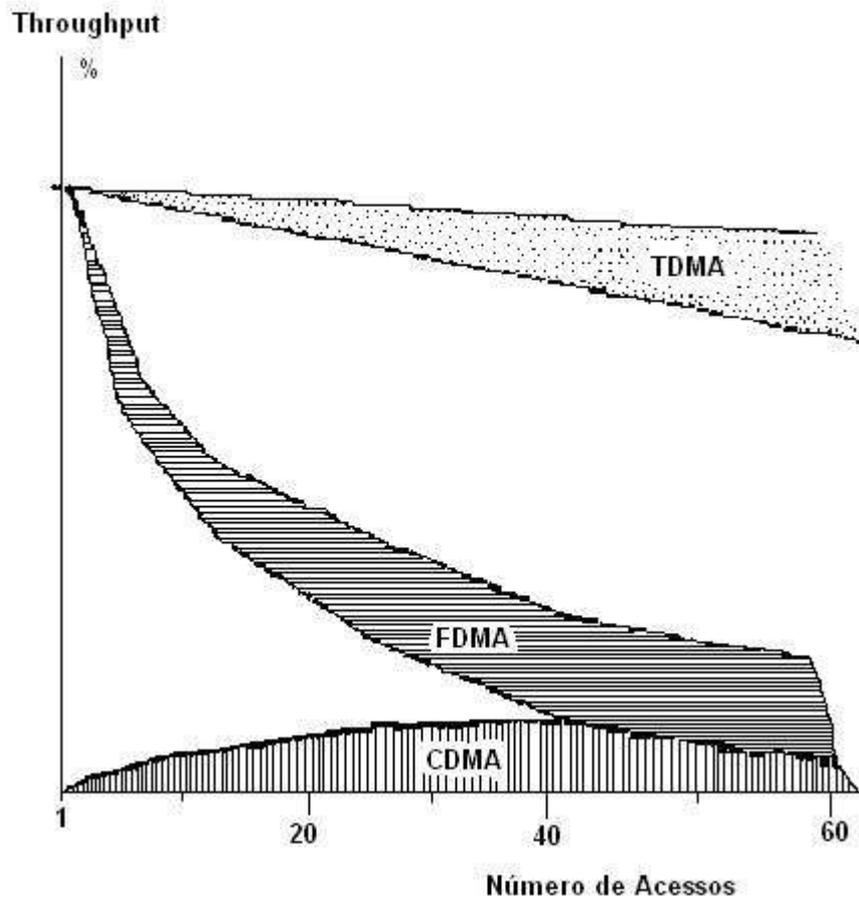


Figura 7.1 - Comparação do *Throughput* para as diferentes técnicas de acesso múltiplo. Um *Throughput* de 100 % corresponde a capacidade considerando somente um acesso (uma única portadora dentro de um único *transponder*) [15].

7.2 - VANTAGENS DO CDMA ENTRE OS ACESSOS MÚLTIPLOS FDMA E TDMA.

A utilização da tecnologia de espalhamento espectral em sistemas de telefonia celular, através da técnica de Acesso Múltiplo com Divisão por Código, CDMA (*Code Division Multiple Access*), tem se mostrado promissora a superar a tecnologia de Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência, FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) e a tecnologia de Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo, TDMA (*Time Division Multiple Access*).

Uma das características peculiares do espalhamento espectral é a imunidade a interferências, sejam estas propositais ou não. Uma medida do grau de imunidade é fornecida pelo Ganho de Processamento, que se refere ao acréscimo na quantidade de interferência à qual o sistema poderá estar sujeito e ainda manter um determinado grau de

qualidade na comunicação, em relação a um sistema que não utiliza espalhamento espectral. Seu valor é determinado pela relação entre a duração de um bit de informação e a duração de um bit (*chip*) da seqüência de espalhamento pseudo aleatória, PN (*Pseudo Noise*). A seqüência de espalhamento é uma seqüência binária de comprimento N e periódica, ou seja, a seqüência se repete de N em N *chips*. Dentro de um período, o comportamento da seqüência se assemelha a uma sucessão de *chips* com distribuição uniforme – daí o nome: seqüência pseudo aleatória. É esta seqüência que garante a possibilidade de compartilhamento do mesmo canal de comunicação por um elevado número de usuários de um sistema de telefonia celular CDMA. Quanto maior o seu comprimento, maior o número de diferentes seqüências que pode ser gerado, menor o grau de interferência entre os sinais dos usuários e maior o número possível de usuários em todo o sistema. Assim também, para se obter um determinado ganho de processamento típico, suficiente a um desempenho aceitável do sistema, normalmente são necessárias longas seqüências PN. O efeito colateral das longas seqüências se situa na dificuldade de sincronismo nos receptores.

Obviamente, uma solução de compromisso deve ser adotada entre a escolha do comprimento mínimo da seqüência PN e a quantidade de interferência permitida no sistema.

Por ocupar uma largura de faixa muito grande, um sinal espalhado espectralmente apresenta uma pequena densidade espectral de potência.

Pode-se intuitivamente supor que esse sinal interfira menos em outros sistemas, ou seja, apresente pequena Interferência Eletromagnética, EMI (*Electromagnetic Interference*), pois normalmente existe uma determinada faixa de freqüências, que varia de sistema para sistema, dentro da qual este possui maior sensibilidade a interferências. Esta característica já tem sido considerada quando da avaliação de sistemas de telefonia celular.

Aliada ao espalhamento espectral está a técnica CDMA. Suas vantagens incluem a privacidade na comunicação proporcionada pela técnica de espalhamento espectral e a possibilidade de uma maior capacidade, em termos de número de usuários, quando utilizada em sistemas de telefonia celular. A primeira vantagem se deve ao fato de cada usuário em um sistema CDMA utilizar um código ou seqüência PN para a transmissão. Somente aquele receptor que conhece o código e está sincronizado a ele é capaz de

decodificar a mensagem. A segunda vantagem se deve a inúmeros fatores que combinados possibilitam uma maior capacidade. Entre eles pode-se citar: a grande imunidade a interferências leva a redução de energia por bit necessária na transmissão; robustez quanto ao desvanecimento por multipercursos; controle de potência como elemento de redução das interferências; utilização do ciclo de atividade da voz como elemento redutor do nível de interferências no sistema. Além disso, em um sistema de telefonia celular CDMA, diferentemente dos sistemas FDMA e TDMA, o crescimento do número de usuários ativos pode ser obtido rapidamente, às custas de uma maior quantidade de interferências no sistema e conseqüente diminuição da qualidade de voz. No caso do FDMA e TDMA, novos canais teriam que ser alocados, o que implica em uma modificação imediata do *hardware*. Este fator dá ao CDMA a possibilidade do que se pode chamar de crescimento suave.

7.3 - ACESSO MÚLTIPLO POR DIVISÃO DE CÓDIGO ANALIZADO

Sabemos que a técnica de espalhamento espectral é a base para a realização de um sistema CDMA. Desde que seqüências pseudo aleatórias sejam devidamente escolhidas (propriedades de autocorrelação e de correlação cruzada adequadas), vários usuários poderão compartilhar um mesmo meio de comunicação, transmitindo em uma mesma faixa de frequências e ao mesmo tempo. A utilização de diferentes seqüências pseudo aleatórias por diferentes usuários não é fator determinante da possibilidade de implementação de uma técnica de acesso múltiplo com divisão por código e introduz um versão equivalente a um CDMA com seqüência de espalhamento única para todos os usuários - o *Spread ALOHA*.

Pode haver vantagens do *Spread ALOHA* sobre o CDMA convencional, principalmente quando o canal não exhibe sérios efeitos dos multipercursos, como canais de comunicação via satélite e de sistemas PCN (do Inglês, *Personal Communication Networks*). Contudo, os comentários seguintes consideram o sistema CDMA convencional, ou seja, aquele que emprega diferentes códigos para diferentes usuários na implementação da técnica de acesso múltiplo.

7.3.1 - Capacidade do sistema de Acesso Múltiplo por Divisão de Código

Atualmente existem várias técnicas de acesso múltiplo, daí é comum ouvir falar sempre na incerteza que existe na comparação entre elas, em termos do número máximo suportado de usuários.

O CDMA tem-se mostrado promissor a superar as demais técnicas de acesso múltiplo existentes, à medida que sua implementação se torna menos onerosa com o domínio de sua tecnologia. Podemos verificar que o CDMA possui mais méritos que deméritos nesse sentido. Uma comparação entre algumas técnicas de acesso múltiplo em termos de sua aplicação, ou seja, em sua abordagem não existe uma técnica superior em todas as situações e sim uma técnica mais adequada que outra em determinada situação.

A capacidade de um sistema CDMA é o que se pode chamar de limitada por interferência (ao contrário dos sistemas FDMA e TDMA que podem ser classificados como limitados por largura de faixa). Assim, qualquer melhoria nesse sentido reflete diretamente em uma possibilidade de aumento no número de usuários no sistema.

Em sistemas FDMA ou TDMA cada faixa de frequências ou *slot* de tempo é alocado a uma chamada. Durante a chamada nenhum usuário poderá utilizar aquela faixa de frequências ou aquele intervalo de tempo. Pode-se facilmente verificar que, para um sistema celular FDMA ou TDMA com padrão de reuso igual a 7, considerando-se como interferentes as seis células co-canais mais próximas (ver Figura 6.2), a capacidade em termos de canais por célula pode ser aproximadamente expressa por:

$$m = \frac{Bt / Bc}{\sqrt{2/3(C/I)}} \quad \text{Canais/Célula} \quad (7.1)$$

Na equação (7.1) Bt é a largura de faixa total de transmissão ou recepção, Bc é a largura de faixa equivalente por canal e (C/I) é a mínima relação portadora / interferência por canal ou por *slot* de tempo, necessária à uma qualidade aceitável de recepção. Na Figura 6.2 é mostrada uma configuração típica para um sistema celular com reuso de frequências. Para a geometria da Figura 6.2 e para um expoente de perdas no percurso igual a 4, a C/I para o pior caso pode ser determinada por:

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-4}}{2(D-R)^{-4} + (D-R/2)^{-4} + (D+R/2)^{-4} + (D+R)^{-4} + D^{-4}} \quad (7.2)$$

É importante citar que as equações (7.1) e (7.2) consideraram a perda por propagação variando com a quarta potência da distância. É sabido, porém, que esse fator é dependente das características de propagação de cada área considerada. Mostramos um simples método de estimação desse fator a partir de algumas medidas em campo na área sob análise.

O aumento da capacidade dos sistemas FDMA e TDMA além daquela demonstrada por (7.1) pode ser conseguido através da utilização de técnicas como *Divisão de Células*, *Setorização* e a implementação de *Microcélulas Zonais*. Vale, porém, ressaltar que, no caso da setorização, técnica esta comumente empregada, tem-se como efeito colateral a redução da eficiência de entroncamento do sistema, pois o número de canais por célula será distribuído pelos setores, ou seja, a capacidade não será multiplicada pelo número de setores por célula, como normalmente se acredita. A figura 7.2 abaixo mostra a ilustração da primeira camada de co-células para *cluster* com $N = 7$.

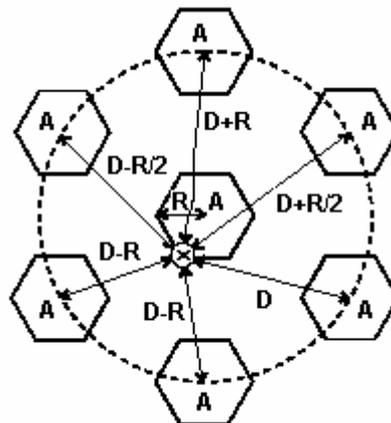


Figura 7.2 - Ilustração da primeira camada de co-células para *cluster* com $N = 7$. Quando o móvel está localizado no limite de uma célula (ponto X), está sujeito ao pior caso de interferência co-canal no *link* direto. As distâncias do desenho foram obtidas por simples aproximações [15].

No caso dos sistemas CDMA, o cálculo exato da capacidade envolve um número de variáveis extremamente superior ao número de variáveis envolvidas na análise dos

sistemas FDMA ou TDMA. No pior caso, ou seja, sem nenhuma sofisticação, o sistema CDMA não oferece uma atrativa relação custo/benefício em relação aos demais. Contudo, vários fatores podem ser explorados e levarem a capacidade do CDMA a patamares consideravelmente superiores às outras técnicas de acesso múltiplo. Isto faz do CDMA um sistema complexo, mas com gradativa facilidade de implementação à medida que o avanço tecnológico permite.

O controle de potência realizado nos sistemas de telefonia FDMA e TDMA tem como principais objetivos a redução do consumo de energia e do nível de interferências. O primeiro leva a um aumento do tempo de vida das baterias dos terminais móveis, enquanto o segundo melhora a qualidade do serviço (melhor qualidade de voz). Nos sistemas CDMA, que são sistemas inerentemente limitados pela quantidade de interferência, um eficaz controle de potência tanto no enlace direto quanto no enlace reverso leva a uma possibilidade de aumento direto na capacidade do sistema.

Como citado anteriormente, nos sistemas de telefonia celular FDMA e TDMA, enquanto ocupados uma faixa de frequência ou um *slot* de tempo durante uma chamada, mesmo que o usuário não esteja transmitindo informação (falando) aquele canal não poderá ser utilizado por outro usuário, a não ser com a utilização de elaboradas e complexas técnicas de alocação de canal. No CDMA, estando um usuário em silêncio, pode-se desligar ou reduzir a potência transmitida nesses instantes. Isto pode levar a uma redução na quantidade de interferência no sistema, permitindo um proporcional aumento na capacidade. Os modernos *vocoders* naturalmente podem fazer uso deste ciclo de atividade da voz, que normalmente se encontra na casa de 35% a 40% do tempo, enviando comandos de desligamento ou redução da potência transmitida nos intervalos de silêncio. Um aumento médio de capacidade de cerca de 35% pode ser conseguido.

A setorização nos sistemas FDMA ou TDMA tem como principal objetivo a redução do nível de interferências com um pequeno aumento na capacidade de tráfego. Nos sistemas CDMA pode-se utilizar a setorização para uma diminuição efetiva do nível de interferências, levando a um aumento direto na capacidade do sistema. Para três setores por célula, a capacidade pode ser realmente triplicada.

Outros fatores importantes a considerar estão relacionados à tecnologia de espalhamento espectral utilizada no CDMA, conforme já citadas: sigilo na comunicação, robustez contra

as degradações causadas pelo canal de rádio móvel, pequena densidade espectral de potência (Baixa Interferência Eletromagnética), imunidade a interferências e a possibilidade de compartilhar o canal de comunicação com outros serviços de faixa estreita, etc.. Temos justificativas técnicas adicionais interessantes que, se não convincentes, ao menos demonstram as potencialidades da tecnologia CDMA e indicam o caminho que ela poderá traçar de agora em diante, tornando-se, provavelmente, a mais utilizada para sistemas de comunicação multiusuários.

8 - O SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL – GPS

8.1 - INTRODUÇÃO AO GPS – *GLOBAL POSITIONING SYSTEM*

GPS (*Global Positioning System*) [19] é o conjunto de 24 satélites artificiais responsáveis pela transmissão contínua de informações a receptores, que estão fixos ou móveis, permitindo que estes calculem suas posições com notável precisão. Esse sistema foi concebido pelo Departamento de Defesa dos EUA no início da década de 1960, sob o nome de "projeto NAVSTAR-GPS - *Navigation Satellite with Time and Ranging-Global Positioning System*, que tinha como finalidade unificar esforços em vários sistemas de posicionamento por satélites num único sistema. No início o projeto era apenas de uso militar, mas a partir de 1980, governo americano disponibilizou o sistema para uso civil. O sistema consiste basicamente de três segmentos:

- a) O Segmento Espacial, que consiste nos satélites que orbitam a terra numa distância de aproximadamente 22.200 km de altitude e que dão duas voltas ao redor do globo em 24 horas. Eles enviam sinais especificados (civil e militar) pelos gestores do GPS. A constelação do projeto é de 24 satélites, o que permite a visibilidade de pelo menos 4 satélites em qualquer hora do dia de qualquer lugar da Terra, porém, em um dia de boa visibilidade, podem ser vistos até 6 ou 7 satélites. Os 24 satélites GPS [20] no espaço viajam a velocidades de aproximadamente 7.000 milhas por hora. Satélites de GPS são alimentados por energia solar. Eles têm baterias de *backup* para os manterem funcionando no caso de um eclipse solar, ou quando não houver sol. Pequenos propulsores de foguete em cada satélite os mantêm voando no caminho correto. Aqui estão alguns fatos interessantes sobre os satélites GPS:
 - O primeiro satélite de GPS foi lançado em 22 de fevereiro de 1978.
 - Os satélites GPS foram construídos pela empresa Rockwell e lançados entre fevereiro de 1978 (Bloco I), e 6 de novembro de 2004 (o 29º).
 - Uma constelação de 24 satélites foi alcançada em 1994.
 - O sistema foi declarado totalmente operacional apenas em 1995.
 - Seu desenvolvimento custou 10 bilhões de dólares.

- Cada satélite é construído para durar aproximadamente 10 anos. Constantemente estão sendo construídas substituições e lançadas em órbita.
- Mais de 50 satélites já foram lançados desde 1978.
- Um satélite de GPS pesa aproximadamente 2.000 libras ou 900 kg e aproximadamente 17 pés ou 8 metros com os painéis solares estendidos.
- O poder do transmissor é de só 50 watts ou menos.
- Os sinais dos satélites não penetram em vegetação densa, vales estreitos, cavernas ou na água. Montanhas altas ou edifícios próximos também afetam sua precisão.



Figura 8.1 - O segmento espacial de satélites GPS.

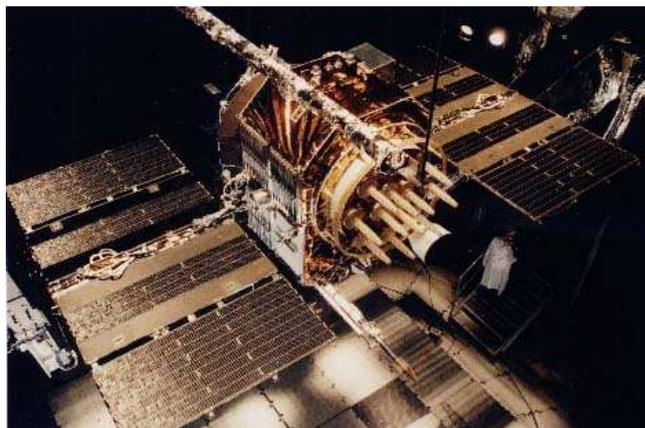


Figura 8.2 - Satélite NAVSTAR.

- b) O Segmento de Controle [19], composto por 5 estações na Terra além de algumas antenas de comunicação com os satélites, responsável por dirigir todo o sistema. Este segmento é controlado pelo Departamento de Defesa Norte-Americano. Ele é constituído por uma estação de controle principal, localizada em Colorado Springs e por quatro estações monitoras, localizadas em Ascension, Diego Garcia, Kwajalein e Hawaii. As estações monitoras de Ascension, Diego Garcia, Kwajalein são chamados de transmissoras porque são as que enviam os dados aos satélites.
- As estações monitoras recolhem os dados provenientes dos satélites e enviam-nos para a estação de controle principal. Nesta estação são processados os dados e são geradas as efemérides, parâmetros da correção ionosférica e informação de tempo, que serão ejetados nos satélites pelas estações transmissoras. Não há muitas informações sobre este segmento, visto o fato dele ser estratégico.
- c) O Segmento Usuário, composto pelos usuários dos diversos receptores GPS espalhados pela Terra, seja em sua forma civil (SPS - *Standard Positioning System*) ou militar (PPS - *Precise Positioning System*). O PPS se encontra disponível apenas para militares norte-americanos e para nações consideradas amigas. O Brasil não faz parte destas.

Testes realizados [21] em 1972 mostraram que a pior precisão do sistema era de 15 metros. A melhor, 1 metro. Preocupados com o uso inadequado, os militares americanos implantaram duas opções de precisão: para usuários autorizados (eles mesmos) e usuários não-autorizados (civis). Os receptores GPS de uso militar apresentavam precisão de 1 metro e os de uso civil, de 15 a 100 metros. Cada satélite emite um sinal que contém: código de precisão (P) código geral (CA) e informação de status. Como outros sistemas de rádio-navegação, todos os satélites enviam seus sinais de rádio exatamente ao mesmo tempo, permitindo ao receptor avaliar o lapso entre emissão/recepção. A hora-padrão GPS é passada para o receptor do usuário. Receptores GPS em qualquer parte do mundo mostrarão a mesma hora, minuto, segundo, e até milissegundo. A hora-padrão é altamente precisa, porque cada satélite tem um relógio atômico, com precisão de nano segundo. É a referência de tempo mais estável e exata jamais desenvolvida. Chama-se atômico por usar as oscilações de um átomo como "metrônomo".

O receptor tem que reconhecer as localizações dos satélites. Uma lista de posições conhecida como almanaque, é transmitida de cada satélite para os receptores. Controles em terra rastreiam os satélites e mantêm seus almanaques acurados.

Cada satélite tem códigos P e CA únicos, e o receptor pode distingui-los. O código P é mais complexo que o CA, quase impossível de ser alterado e somente militares tem acesso garantido a ele. Receptores civis medem os lapsos de tempo entre a recepção dos sinais codificados em CA. O conceito da rádio-navegação depende inteiramente da transmissão simultânea de rádio-sinais. O controle de terra pode interferir, fazendo com que alguns satélites enviem seus sinais CA ligeiramente antes ou depois dos outros. A interferência deliberada introduzida pelo Departamento de Defesa dos EUA é a fonte da Disponibilidade Seletiva – *Selective Availability* (AS). Os receptores de uso civil desconhecem o valor do erro, que é alterado aleatoriamente e estão entre 15 e 100 metros. Os receptores militares não são afetados. Existe outra fonte de erro que afeta os receptores civis: a interferência ionosférica. Quando um sinal de rádio percorre os elétrons livres na ionosfera, sofre certo atraso. Sinais de frequências diferentes sofrem atrasos diferentes. Para detectar esse atraso, os satélites do sistema enviam o código P em duas ondas de rádio de diferentes frequências, chamadas L1 e L2. Receptores caros rastreiam ambas as frequências e medem a diferença entre a recepção dos sinais L1 e L2, calculam o atraso devido aos elétrons livres e fazem correções para o efeito da ionosfera. Receptores civis não podem corrigir a interferência ionosférica porque os códigos CA são gerados apenas na frequência L1 (1.575,42 MHz).

Existem receptores específicos, conhecidos como não-codificados, que são super acurados. Como desconhecem os valores do código P, obtêm sua precisão usando técnicas especiais de processamento. Eles recebem e processam o código P por um número de dias e podem obter uma posição fixa com precisão de 10 mm. É ótimo para levantamento topográfico. O sinal gerado pelos satélites contém um "código de identidade" (ou pseudo-randômico), dados efêmeros (de status) e dados do almanaque. O código de identidade (*Pseudo-Random Code* – PRN) identifica qual satélite está transmitindo. Usam-se como referência dos satélites seus PRN, de 1 a 32. O código pseudo-randômico permite que todos os satélites do sistema compartilhem a mesma frequência sem interferências. É um sistema engenhoso que torna o GPS prático e relativamente barato de se usar. Ao contrário dos satélites de TV, que estão em órbitas geosíncronas (estacionários no céu) e transmitem

poderosos sinais para refletores parabólicos em terra, o satélite GPS envia sinais com poucas informações e de baixa potência para antenas do tamanho do dedo polegar. De fato, os sinais GPS são tão fracos que não são maiores que o ruído de fundo (de rádio), inerente a Terra. O princípio do código pseudo-randômico, que significa literalmente "aparentemente aleatório", se baseia em uma comparação realizada em muitos ciclos de um sinal, que é demorada e incômoda se comparada com um sinal de TV. O padrão para comparação do código pode ser alterado (apenas código CA), permitindo que o governo americano controle o acesso ao sistema do satélite.

Os dados efêmeros (de status) são constantemente transmitidos e contêm informações de status do satélite (operacional ou não): hora, dia, mês e ano. Os dados de almanaque dizem ao receptor onde procurar cada satélite a qualquer momento do dia. Com um mínimo de três satélites, o receptor pode determinar uma posição Lat/Long – que é chamada posição fixa 2D – bi-dimensional. (Deve-se entrar com o valor aproximado da altitude para melhorar a precisão). Com a recepção de quatro ou mais satélites, um receptor pode determinar uma posição 3D, isto é, Lat/Long/Altitude. Pelo processamento contínuo de sua posição, um receptor pode também determinar velocidade e direção do deslocamento.

Essencialmente, o receptor de GPS compara o tempo em que um sinal foi transmitido por um satélite, com o tempo que foi recebido. A diferença de tempo é transmitida para o receptor de GPS, que calcula o quão longe o satélite está.

Com medidas de distância de mais alguns satélites, o receptor pode determinar a posição do usuário e pode exibir isto no mapa eletrônico da unidade.

Um receptor de GPS deve receber um sinal de pelo menos três satélites, para calcular uma posição 2D (latitude e longitude) e movimento de rastro. Com quatro ou mais satélites visíveis, o receptor pode determinar a posição 3D do usuário (latitude, longitude e altitude). Uma vez que a posição do usuário foi determinada, a unidade de GPS pode calcular outras informações, como: velocidade, proa, rastro, distância de viagem, distância ao destino, tempo de viagem, nascer e pôr-do-sol e muito mais.

Os receptores de GPS atuais são extremamente precisos, graças ao design de multi-canais paralelos. Os receptores de 12 canais paralelos são mais rápidos para localizar os satélites.

Certos fatores atmosféricos e outras fontes de erro podem afetar a precisão de receptores de GPS. Os receptores de 12 canais são precisos numa faixa de 15 metros em média.

Os receptores de GPS mais modernos vêm equipados com WAAS (Sistema de Aumento de Ampliação de Área), que tem a capacidade de melhorar a precisão, a menos de três metros em média. Não é exigido nenhum equipamento adicional ou pagamento de taxas, para utilização do WAAS. Os usuários também podem melhorar a precisão com o GPS Diferencial (DGPS), que corrige os sinais de GPS para uma média de três a cinco metros.

A Guarda Costeira Norte-Americana, opera comumente com DGPS. Este sistema consiste em uma rede de torres que recebem os sinais de GPS e transmitem os sinais corrigidos, através de transmissores de rádio.

8.2 - TRANSMISSÃO E CÁLCULO DE POSIÇÃO

Os satélites são referências no espaço [19], já que com as informações de navegação que os mesmos enviam, é possível calcular suas coordenadas no espaço em um dado instante.

Assim, pelo processo de trilateração (tendo-se as coordenadas de pontos e distâncias a um ponto, pode-se obter as coordenadas deste último. O cálculo da distância é feito da seguinte forma. Mede-se o tempo que o sinal demora pra chegar do satélite até o receptor e a seguir, divide-se pela velocidade de propagação do sinal.

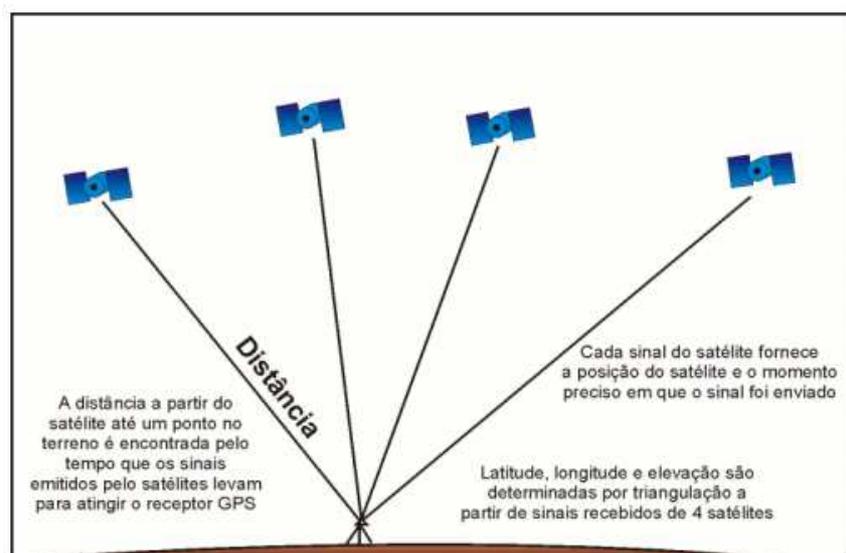


Figura 8.3 - Determinação da Latitude, Longitude e Altura por triangulação.

Os satélites GPS transmitem dois sinais de rádio de baixa potência, designados L1 e L2. Os receptores GPS civis usam a frequência L1 de 1.575,42 MHz em UHF. As informações que o satélite transmite em suas duas portadoras (L1 e L2) são: "código de identidade" (um código pseudo-aleatório), dados de efeméride e dados de almanaque. O código de identidade (PRN - *Pseudo-Random Code*) identifica qual satélite está transmitindo. Usam-se como referência dos satélites seus PRN, de 1 a 32. O código pseudo-aleatório permite que todos os satélites do sistema compartilhem a mesma frequência sem interferências.

Em cada satélite existem quatro relógios atômicos, dois de rubídio e dois de césio que produzem uma frequência fundamental de 10,23 MHz. A partir desta frequência são derivadas duas ondas portadoras L1 e L2 centradas na frequência 1.575,42 MHz e 1.227,60 MHz, respectivamente. O GPS, portanto opera na banda rádio, permitindo ao sinal penetrar através do nevoeiro, da chuva, das poeiras e eventualmente através da escuridão.

O sistema de GPS utiliza modular DSSS (Espalhamento Espectral em Sequência Direta). Este método de modulação trabalha em uma sequência de espalhamento que codifica o sinal e espalha o seu espectro.

O sinal transmitido no sistema GPS consiste nos seguintes dados:

- a) Código de pseudo-aleatórios: é simplesmente um código de RG que identifica qual satélite está transmitindo informação;
- b) Os dados de efeméride [19], os quais são constantemente transmitidos por cada satélite, contém informações importantes sobre a situação de cada um deles (operacional ou não) e também a data e hora atuais. Esta parte do sinal é essencial para determinação de uma posição;
- c) Os dados de almanaque informam ao receptor GPS onde cada satélite deveria estar em qualquer hora ao longo do dia. Cada satélite transmite dados de almanaque, enviando informações sobre sua órbita para cada satélite do sistema. O receptor GPS deve travar (garantir a recepção contínua) os sinais de pelo menos 3 satélites para calcular uma posição Lat/Long – que é chamada posição fixa 2D – bi-dimensional. Com a recepção de quatro ou mais satélites, um receptor pode determinar uma posição 3D, isto é, Lat/Long/Altitude. Uma vez que a posição do usuário tenha sido determinada, o receptor GPS pode calcular

outras informações importantes para navegação, como velocidade, rumo, direção, distância do percurso, distância ao destino, a hora de nascer e pôr-do-sol e algo mais.

8.3 - FATORES QUE AFETAM A PRECISÃO DO SISTEMA

O Sistema foi originalmente projetado para uso militar, mas em 1980, uma decisão do então presidente Ronald Reagan liberou-o para o uso geral. Na época, o Departamento de Defesa americano implantou um erro artificial no Sistema chamado "Disponibilidade Seletiva", para resguardar a segurança interna do país. A Disponibilidade Seletiva foi cancelada por um decreto do Presidente Clinton em maio de 2000, pois o contínuo desenvolvimento tecnológico permitiu ao Departamento de Defesa obstruir a precisão do Sistema onde e quando os interesses americanos exigissem. Com o decreto, o erro médio de 100 metros na localização do receptor ficou dez vezes menor.

As fontes de erro (típico) médio gerado são:

- a) Erro do relógio do satélite: 60 cm;
- b) Erro de efemérides: 60 cm
- c) Erros dos receptores: 120 cm
- d) Atmosférico/Ionosférico: 360 cm
- e) Total (raiz quadrada da soma dos quadrados): 390 cm

Como exemplo básico, para se calcular a precisão do sistema, multiplica-se o resultado acima pelo valor do DOP mostrado no receptor GPS. Em boas condições, o DOP varia de 3 a 7. Assim, a precisão de um bom receptor num dia típico será: de $3 \times 390\text{cm}$ a $7 \times 390\text{cm}$, ou seja, de 10 a 30 metros, aproximadamente.

Vejamos a seguir os fatores que afetam a precisão do GPS [19]:

- a) Geometria dos Satélites: localização dos satélites em relação uns aos outros sob a perspectiva do receptor GPS. Se um receptor GPS estiver localizado sob 4 satélites e todos estiverem na mesma região do céu, sua geometria é pobre. Na verdade, o receptor pode não ser capaz de se localizar, pois todas as medidas de distância provêm da mesma direção geral. Isto significa que a triangulação é

pobre e a área comum da intersecção das medidas é muito grande (isto é, a área onde o receptor busca sua posição cobre um grande espaço). Dessa forma, mesmo que o receptor mostre uma posição, a precisão não é boa. Com os mesmos 4 satélites, se espalhados em todas as direções, a precisão melhora drasticamente. Suponhamos os 4 satélites separados em intervalos de 90° a norte, sul, leste e oeste. A geometria é ótima, pois as medidas provêm de várias direções. A área comum de intersecção é muito menor e a precisão muito maior. A geometria dos satélites torna-se importante quando se usa o receptor GPS próximo a edifícios ou em áreas montanhosas ou vales. Quando algum satélite é bloqueado, a posição relativa dos demais determinará a precisão, ou mesmo se a posição pode ser obtida. Um receptor de qualidade indica não apenas os satélites disponíveis, mas também onde estão no céu (azimute e elevação), permitindo ao operador saber se o sinal de um determinado satélite está sendo obstruído. No entanto, o sistema é capaz de calcular uma média do atraso para corrigir parcialmente esse tipo de erro.

- b) Sinal com caminhos múltiplos: Isto ocorre quando o sinal GPS é refletido por objetos como prédios altos ou montanhas, antes de alcançarem o receptor. Isto aumenta o tempo que o sinal leva do satélite até o receptor, causando erros.
- c) Erros de órbita: Também conhecidos como erros de efeméride, os erros de órbita representam erros nas informações das posições dos satélites.
- d) Número de satélites visíveis: Quanto mais satélites um receptor GPS puder enxergar no céu, melhor a precisão. Prédios, terrenos, interferências eletrônicas ou uma cobertura densa de uma floresta, por exemplo, podem bloquear a recepção do sinal, causando erros de posição ou possivelmente nenhuma leitura de posição no receptor. As unidades GPS geralmente não funcionam dentro de casas ou outras coberturas, debaixo d'água ou da terra. Os erros que afetam as observações de GPS podem ter origem nos satélites, nos receptores e antenas ou mesmo no meio de propagação.
- e) Atraso na Ionosfera e Troposfera: O sinal de satélite reduz a velocidade quando atravessa a atmosfera. O GPS usa um padrão de sistema embutido, que calcula parcialmente o tempo comum de demora, para corrigir este tipo de erro.
- f) Sombreamento Geométrico de Satélite: Isto ocorre em posição relativa dos satélites, a qualquer momento. A Geometria ideal do satélite some, quando os satélites ficarem situados a grandes ângulos, relativos de um para o outro.

Geometria pobre resulta, quando os satélites ficarem situados em uma mesma linha ou em um agrupamento apertado.

- g) Degradação intencional do sinal de satélite: Disponibilidade Seletiva (DS) é a degradação intencional do sinal imposta pelo Departamento de Defesa Norte-Americano. Era pretendido que o DS impedisse os adversários militares de usar os sinais altamente precisos de GPS. Como dito anteriormente o governo retirou o DS em maio de 2000, o que melhorou significativamente, a precisão dos receptores de GPS civil.
- h) Os erros nas efemérides dos satélites GPS são devidos à imprecisão das posições e velocidades dos satélites, originada por erros nas coordenadas das estações de rastreamento e por utilização de modelos de força imprecisos. Um erro nas efemérides resulta um erro de posição da antena cerca de 0,6 m.
- i) Erro de multi-trajecto ocorre quando o sinal é refletido antes de chegar ao receptor GPS demorando mais tempo a atingir este. Como a distância é calculada com base no tempo que leva o sinal a chegar ao receptor, a demora resulta num erro de posição. De forma a minimizar o erro, deve ser escolhido um local para a colocação da antena que esteja longe de estruturas verticais. Os efeitos deste erro no cálculo da distância atingem cerca de 50 cm.
- j) As variações no centro de fase da antena dependem das características da antena e do ângulo da direção do sinal observado. Estas variações podem atingir alguns centímetros na medição da distância.
- k) Ruído do receptor trata-se de um erro associado a cada tipo de medição e resulta das limitações inerentes à eletrônica dos componentes do receptor. É usual considerar que este erro é cerca de 1% do comprimento da onda do sinal, ou seja, 2 mm quando se faz uma observação de fase.
- l) Os erros no relógio do satélite é igual a todos os observadores que observam o mesmo satélite, portanto pode ser eliminado, como já foi referido anteriormente, utilizando diferenças duplas. Verifica-se que um nano segundo de erro de tempo resulta num erro de 30 cm na medição da distância. Este erro, caso não seja eliminado, pode contribuir na imprecisão do cálculo da posição em cerca de 1,2m.
- m) Erro na medição da altura da antena trata-se de um erro pequeno relativamente às variações do centro de fase da antena. Contudo, a medições da antena devem ser realizadas com uma precisão da ordem de 1 a 3 mm.

8.4 - DGPS – DIFFERENTIAL GPS - GPS DIFERENCIAL – EXATIDÃO MÁXIMA

GPS é de longe o mais exato sistema de navegação global jamais desenvolvido. Mas mesmo sua inacreditável precisão pode ser aumentada utilizando uma técnica conhecida como GPS diferencial. Com ela, o GPS pode alcançar precisões [22] nas medidas melhores do que 1 metro. E isto está trazendo o GPS para as mais surpreendentes aplicações.

8.5 - GPS PARA LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Topógrafos têm utilizado GPS por muitos anos para calcular posições até o último centímetro. Suas técnicas são extensões do GPS diferencial. Estas medições ultra-precisas são usualmente baseadas em no mínimo quinze minutos de coleta de dados GPS em localização estacionária, como também um conhecimento preciso de um ponto de referência ou de comparação, e o uso de um complexo programa de computador. Com um receptor GPS de levantamento topográfico, um topógrafo pode fazer o trabalho de um time inteiro em uma fração do tempo necessário as técnicas convencionais. Não é mais necessário uma equipe ter que subir em cima de um morro e em baixo no vale para estabelecer uma conexão linha-de-visada a um ponto conhecido.

Os novos sistemas de levantamento topográficos GPS cinemático agora em desenvolvimento serão ainda mais automáticos. Um topógrafo meramente anda até cada ponto no local que se quer colocar uma estaca e aperta um botão. O receptor GPS instantaneamente registra a localização exata da estaca.

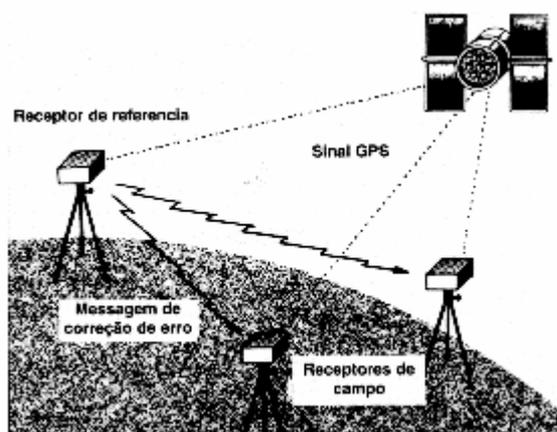


Figura 8.4 - GPS Diferencial para levantamentos topográficos.

O segredo para se obter exatidões como essas são baseadas na idéia de que se colocarmos um receptor GPS em uma localização conhecida podemos utilizá-lo para determinar exatamente que erros os dados do satélite contém. Isto serve para atuar como um ponto de referência estático. Pode-se então transmitir uma mensagem com correção de erro para outros receptores GPS que estão na área, e que podem utilizar essa mensagem de erro para corrigir suas posições.

O conceito funciona porque os satélites estão tão altos que quaisquer erros medidos por um receptor serão exatamente os mesmos para outro receptor na mesma área. Por causa da simplicidade dos sinais de GPS, este fator simples de correção, de fato, toma conta de todos os erros possíveis no sistema, se forem relógios dos receptores, relógios dos satélites, posição dos satélites ou então atrasos pela ionosfera e atmosfera.

A mensagem de erro que o receptor de referência envia para os outros receptores pode tomar algumas formas. A principal técnica é que a mensagem de erro seja enviada por telemetria para outros receptores que então processam essa mensagem, junto com os dados da posição calculados, para determinar a posição convertida.

Um receptor DGPS típico [21] recebe sinais no formato RTCM SC-104 de bases terrestres que operam em bandas de Frequências entre 283,5 a 325 kHz e dados na razão de 25, 50, 100 ou 200 bits por segundo. Estas estações são operadas por agências governamentais, como a Guarda Costeira dos EUA. Geralmente, estações mais próximas fornecerão dados corrigidos mais precisos. Outras estações devem ser verificadas pelo usuário quanto à disponibilidade de sinal e aplicação pretendida. A potência da estação é geralmente configurada para cobrir uma faixa de uns 300 km. Outros fatores como interferência local, condições atmosféricas, localização da estação e seleção e instalação da antena afetam o alcance disponível do sinal.

8.6 - WAAS – WIDE AREA AUGMENTATION SYSTEM – SISTEMA DE ÁREA AMPLIADA

Basicamente é um sistema de estações terrestres e satélites que corrigem o sinal do GPS, melhorando consideravelmente a precisão. Um receptor com capacidade WAAS permite precisão de 2 a 3 metros, horizontal e verticalmente, durante 95% do tempo, sem

necessidade de equipamento adicional ou taxas de serviços extras. É um projeto que o FAA, órgão que administra as atividades aeronáuticas dos EUA, desenvolveu para melhorar a precisão geral e a integridade do sinal GPS para vôos por instrumentos sob condições meteorológicas adversas, principalmente durante a aproximação para o pouso. O sistema WAAS corrige os erros do sinal do GPS causados por distúrbios ionosféricos, erros de órbita dos satélites e permite informação vital e integral de cada satélite GPS. O WAAS consiste de aproximadamente 25 estações terrestres de referência distribuídas pelos EUA que monitoram os dados dos satélites GPS. Duas estações padrões, uma em cada costa americana, coletam os dados das estações de referência e criam uma mensagem de correção que consideram os desvios de órbitas dos satélites e atrasos do sinal causados pela atmosfera e pela ionosfera. A mensagem diferencial de correção é então transmitida por um dos dois satélites geoestacionários, com posição fixa sobre o equador. A informação é compatível com a estrutura básica do sinal GPS, e qualquer receptor GPS adequado pode processar o sinal. A recepção do sinal WAAS é ótima em campos abertos ou no mar. O WAAS permite cobertura muito maior se comparado ao sistema DGPS. Outros governos estão desenvolvendo sistemas similares. Na Ásia, o Japão desenvolveu o *Multi-functional Satellite Augmentation System* – MSAS – enquanto a Europa tem o *Euro Geostationary Navigation Overlay Service* – EGNOS. Eventualmente os usuários de GPS ao redor do mundo terão acesso a dados de posição precisos usando estes ou outros sistemas compatíveis.

8.7 - SELECIONANDO UM RECEPTOR GPS

O GPS tem uma utilidade básica que qualquer um irá utilizar de um modo ou de outro. É um sistema com um tremendo potencial [22] e uma variedade bem grande de possíveis usos. Obtendo o equipamento correto para seu uso específico requer uma análise cuidadosa de como você utilizará o receptor, que tipo de informação vai precisar dele e de que orçamento você dispõe. Antes de tomar a decisão, você necessita de uma posição fixa ocasional, ou necessita algo que irá permitir direcionamento exato. É a economia mais importante do que a exatidão, é o consumo de potência um fator importante, terá o receptor que operar em altas condições dinâmicas, experimentando acelerações e altas velocidades.

8.7.1 - Principais tipos de receptores

Com tantos receptores no mercado pode ser útil delinear os tipos principais de receptores disponíveis, suas filosofias de projeto, e algumas das vantagens e desvantagens.

Os dois maiores grupos de receptores são aqueles que podem rastrear quatro ou mais satélites simultaneamente, e aqueles que seqüenciam entre os satélites. E dentro de cada categoria existem variedades de subespécies.

8.7.1.1 - Receptores de seqüenciamento

Todos os receptores GPS necessitam receber informação de no mínimo quatro satélites para calcular uma posição exata. Receptores de seqüenciamento utilizam um canal único e mudam este canal de um satélite para o próximo para coletar dados. Eles normalmente têm menos circuitos e por isso são mais baratos e consomem menos potência. Infelizmente o seqüenciamento pode interromper o posicionamento e pode limitar sua exatidão geral.

Dentro deste grupo estão os receptores de potência limitada de um canal, receptores de um canal, receptores de dois canais e os mais antigos receptores de Multiplexação Rápida de um canal.

8.7.1.2 - Receptores de potência limitada de um canal

Esses dispositivos são voltados para portabilidade e são usualmente projetados para uso com pequenas baterias. Para limitar o consumo de potência podem fazer somente uma leitura de posição uma ou duas vezes por minuto e se desligarem automaticamente nesse intervalo. Para aplicações como posicionamento pessoal para caminhadas ou navegação em pequenos botes, por utilizarem baterias, eles são um perfeita conciliação. Sua exatidão é provavelmente melhor do que muitos LORANs e trabalham em qualquer lugar do mundo. Sua principal desvantagem é a exatidão degradada, *interfaceamento* limitado e sua inabilidade de medir velocidade com qualquer precisão. Já que o sistema se desliga entre medições ele não pode manter a continuidade requerida para calcular a velocidade com exatidão. É porque tais unidades são usualmente construídas com circuitos de relógios de

referência de baixa potência (porque o relógio necessita ficar ligado todo o tempo) seus relógios não são muito exatos.

8.7.1.3 - Receptores de canal único

Como os receptores acima, esses sistemas utilizam um canal único para fazer toda a exploração dos satélites. Mas de maneira diferente dos acima, os receptores padrão de um único canal não estão limitados pela potência e podem ficar ligados continuamente. Isto significa que eles podem ser um pouco mais exatos e podem medir velocidade se não houver significativas acelerações ou mudança de curso. Já que somente um único canal precisa ser utilizado para receber mensagem de dados de um satélite como também para realizar cálculos de intervalos, eles não podem ser utilizados para posicionamento contínuo.

Além do mais, por razões técnicas, a instabilidade dos relógios dos receptores afeta diretamente a exatidão das medições de velocidade. Alguns receptores de baixo custo utilizam relógios baratos num esforço de manter os custos baixos, e o resultado são medidas de velocidade não confiáveis.

8.7.1.4 - Receptores de multiplexação rápida de um canal

Este desenho é bastante similar aos vagarosos receptores de seqüenciamento de um canal mencionados acima, mas move-se de satélite para satélite muito mais rapidamente. A vantagem é que se podem fazer medições de intervalos enquanto está também monitorando a mensagem de dados de um satélite. Desse modo pode funcionar continuamente. São também menos sensíveis as inexatidões dos relógios. Infelizmente este enfoque requer circuitos mais complexos e termina custando tanto quanto um receptor de seqüenciamento de dois canais, que é muito mais flexível e exato.

8.7.1.5 - Receptores de seqüenciamento de dois canais

Adicionando-se um segundo canal a um receptor GPS aumenta-se sua capacidade significativamente. Por um lado ele dobra imediatamente a razão sinal-ruído inerente ao sistema. Isto significa que ele pode travar sinais sob condições mais adversas, e pode

rastrear satélites mais perto do horizonte. Já que um canal pode monitorar continuamente dados de posição enquanto que outro está ocupado adquirindo o próximo satélite, um receptor de dois canais nunca precisa interromper suas funções de navegação. As medições de velocidade podem ser muito mais precisas. Na realidade, um bom receptor de dois canais pode utilizar uma estratégia de computação que irá cancelar quaisquer inexatidões que o relógio do receptor possa adicionar aos cálculos de velocidade. A desvantagem de um receptor de dois canais é que ele usualmente custa muito mais para se construir e pode utilizar mais potência. É interessante notar que, alguns receptores modernos fazem um uso extensivo de circuitos integrados de larga-escala que para eles o custo adicional para um segundo canal é insignificante comparado ao custo de um bom relógio. Mesmo assim, receptores de dois canais são usualmente mais caros do que seus similares de um canal. Isto advém do fato que usuários que necessitam exatidão e funções contínuas de um receptor de dois canais usualmente também querem uma embalagem mais robusta e controles e visores mais sofisticados.

8.7.1.6 - Receptores contínuos

Receptores que podem monitorar quatro ou mais satélites simultaneamente podem dar posições e velocidades instantâneas. Isto pode ser de muito valor em aplicações de alta dinâmica ou muita exatidão, como o levantamento topográfico e propósitos científicos. Você poderá vê-los em configurações de 4, 6, 8 e mesmo 10 e 12 canais. Além da vantagem óbvia de ser capaz de continuamente medir uma posição, estes receptores de multicanais podem também eliminar o problema de GDOP. Em lugar de se basear em cálculos em que quatro satélites são posicionados para um melhor ajuste, alguns dos sistemas rastreiam todos os satélites visíveis, para fornecer um mínimo absoluto de GDOP. Com quatro canais, um receptor pode dobrar a razão sinal-ruído de um receptor de dois canais e quadruplicar a razão de um receptor de um canal. E comparando os canais uns com os outros, é possível calibrar quaisquer tendências inter-canais que possam afetar a exatidão. Naturalmente, a desvantagem desses tipos de sistemas são seu tamanho, custo e consumo de potência.

8.7.2 - Outras considerações

Além das vantagens e desvantagens de arquiteturas específicas existem outras considerações adicionais que se devem levar em conta quando selecionar um sistema. Alguns novos sistemas estão alcançando exatidões sem precedentes rastreando tanto o código pseudo-randômico quanto a frequência da portadora. Chamados rastreadores ajudados-pela-portadora, este sistema torna possível para o receptor resolver, com grande precisão, exatamente onde a extremidade do código pseudo-randômico falha. E isto significa mais medições precisas de tempo, o que por sua vez, se traduzem em melhores posicionamentos. Existem ainda alguns receptores em que se necessita saber sua posição aproximada e o tempo aproximado antes que eles comecem seus cálculos. Bons receptores podem começar do zero e simplesmente estabelecer sua posição em qualquer lugar. É freqüentemente conhecido como pronto para qualquer lugar. Outra coisa para considerar quando for comprar um receptor é a *interface* com o usuário. Algumas unidades fornecem latitude e longitude e não muito mais. Algumas são muito difíceis de usar e não podem ser conectadas a outros instrumentos ou computadores.

E é claro, confiança é outro grande fator para considerar com qualquer instrumento que possa levar para o mar ou lugares remotos. Uso da potência, e o calor gerado, são indicadores importantes para se olhar. As estatísticas mostram que as taxas de falhas dobram a cada sete graus de aumento da temperatura. Os mais sofisticados receptores da atualidade adicionam muito valor a informação básica do GPS, processando-a em vários modos complexos. Frequentemente apresentam essa informação em visores de alta resolução. Um receptor pode mesmo apresentar sua posição em uma carta digitalizada.

Todos os receptores lidam com o mesmo tipo de dados de GPS, embora o façam de diferentes modos. Podem utilizar os dados para ajudar nas decisões de navegação e decisões de posicionamento que vão muito além da latitude e longitude.

8.8 - APLICAÇÕES DOS RECEPTORES GPS

Além de sua aplicação óbvia na aviação geral [21] e comercial e na navegação marítima, qualquer pessoa que queira saber sua posição, encontrar seu caminho para determinado local (ou de volta ao ponto de partida), conhecer a velocidade e direção de seu

deslocamento pode se beneficiar com o sistema. A comunidade científica o utiliza por seu relógio altamente preciso. Naturalmente a localização do ponto onde a amostra foi recolhida também pode ser importante. Agrimensores diminuem custos e obtêm levantamentos precisos mais rapidamente com o GPS. Unidades específicas têm custo aproximado de 3.000 dólares e precisão de 1 metro, mas existem receptores mais caros com precisão de 1 centímetro. A coleta de dados por estes receptores é bem mais lenta. Guardas florestais, trabalhos de prospecção e exploração de recursos naturais, geólogos, arqueólogos, bombeiros, são enormemente beneficiados pela tecnologia do sistema. O GPS tem se tornado cada vez mais popular entre ciclistas, balonistas, pescadores, ecoturistas ou por leigos que queiram apenas planejar e se orientar durante suas viagens.

Com a popularização do GPS, um novo conceito surgiu na agricultura, que é a agricultura de precisão. Uma máquina agrícola dotada de receptor GPS armazena dados relativos à produtividade em um cartão magnético que, tratados por programa específico, produz um mapa de produtividade da lavoura. As informações permitem também otimizar a aplicação de corretivos e fertilizantes.

8.9 - LIMITAÇÕES DOS RECEPTORES GPS

A leitura da altitude fornecida pelo receptor é muito afetada pelo erro do sistema. Para altitudes mais precisas, existem receptores GPS com altímetro barométrico convencional. Os sinais dos satélites não penetram em vegetação densa, vales estreitos, cavernas ou na água. Montanhas altas ou edifícios próximos também afetam sua precisão. Para o uso automotivo, deve-se providenciar uma extensão para fixar a antena externamente ou posicionar o receptor junto ao pára-brisas. É importante que o receptor utilize pilhas comercializadas no nosso mercado e que tenha como acessório um adaptador para ligá-lo no acendedor de cigarros do veículo. Para o uso em ambiente marinho, é fundamental que o receptor seja a prova d'água para evitar corrosão em seus componentes.

9 - O SISTEMA OMNITRACS DA QUALCOMM

Em Julho de 1985, sete veteranos industriais foram juntos a casa do Dr. Irwin Jacobs para discutir uma idéia [23]. Estes visionários Franklin Antonio, Adelia Coffman, Andrew Cohen, Klein Gilhousen, Irwin Jacobs, Andrew Viterbi e Harvey White sabiam que eles queriam construir comunicações com qualidade, ou seja, *QUALity COMMunications*, e esboçado um plano, 20 anos depois se tornou a história de sucesso do início e crescimento de uma das maiores indústrias de telecomunicações do mundo: a Qualcomm Incorporated.

A Qualcomm começou provendo contratos de pesquisa e serviços de desenvolvimento, com fabricação de produtos limitados para o mercado de telecomunicações sem fio. Um dos primeiros objetivos da equipe foi o desenvolvimento de um produto comercial. Este esforço resultou no sistema OmniTRACS. Introduzido em 1988, o sistema OmniTRACS é hoje o maior sistema móvel comercial baseado em satélite para a indústria de transportes. Desde sua fundação em 1985, a Qualcomm tem sido a catalisadora para o desenvolvimento e proliferação de tecnologias sem fio ao redor do mundo.

Sob a liderança do Dr. Irwin Mark Jacobs, a visão da Qualcomm para o futuro das tecnologias móveis se tornou realidade. Atualmente é o Dr. Paul Jacobs quem assume a função de Diretor Geral da Qualcomm e está incumbido de continuar seu papel de inovador e líder mais hábil da cadeia de valores das comunicações sem fio.

9.1 - O SISTEMA OMNITRACS

Vamos apresentar aqui o sistema OmniTRACS da Qualcomm [24] que foi tecnicamente desenvolvido por Omninet Corporation, Los Angeles, CA em 1985 para ser um sistema satelital móvel em banda Ku para aplicações em terminais móveis militares. Apesar de sua concepção ser para aplicações militares, em janeiro de 1988 iniciaram os testes operacionais em aplicações de comunicação móvel e posicionamento de veículos para uso comercial, instalado em caminhões espalhados por todo o EUA, pela Qualcomm Incorporations em San Diego na Califórnia, através de Irwin M. Jacobs seu fundador e também os 7 veteranos industriais e parceiros de pesquisa e desenvolvimento.

Serão descritas aqui todas as características técnicas do sistema OmniTRACS. Este sistema é o primeiro sistema de comunicação móvel em banda Ku que possibilita o envio de mensagens bidirecionais e posicionamento para terminais móveis usando os satélites existentes em banda Ku. Interferências para e dos sistemas são minimizadas pelo uso de técnicas de espalhamento espectral, juntamente com baixa potência, baixas taxas de transmissão de dados. É também apresentada a aplicabilidade desta tecnologia para implementar uma operação militar com terminal móvel sobre satélites SHF (*Super High Frequency* ou Frequência Super alta, que são ondas de rádio frequência na faixa de 3 GHz à 30 GHz) existentes.

A rede OmniTRACS provê com um custo eficaz usuários móveis, mensagens bidirecionais e serviço de localização por posicionamento usando os satélites em banda Ku existentes. Um dispositivo de determinação de posição adicional integrado com um terminal móvel permite que uma posição seja transmitida automaticamente para o concentrador ou HUB. A variedade de mensagens de texto do tipo livre e pré-formatadas acima de 2000 caracteres é suportada. Uma impressora opcional permite transcrição de mensagens para impressão.

A figura 9.1 abaixo mostra o sistema OmniTRACS básico.

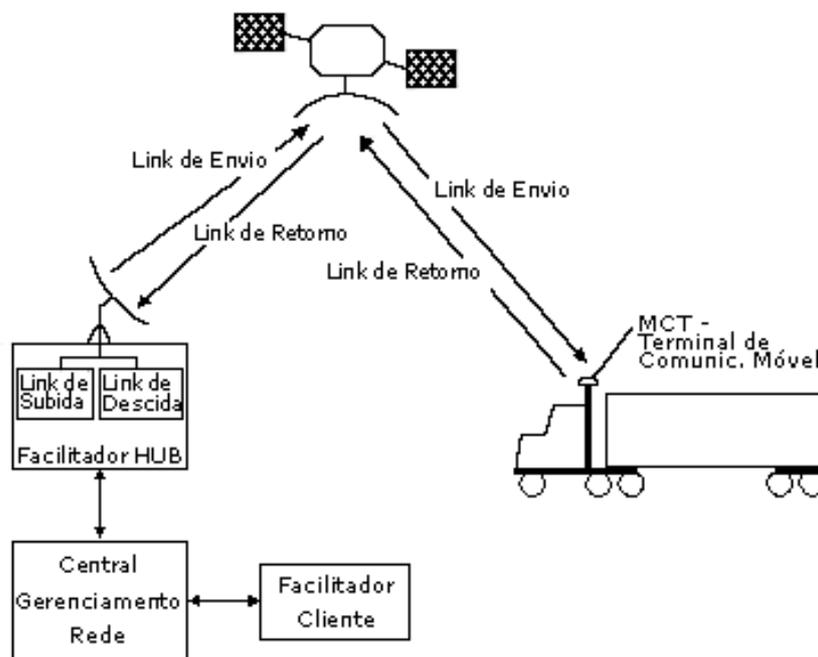


Figura 9.1 - Diagrama em blocos do sistema OmniTRACS.

Todo o tráfego de mensagens passa através da central HUB ou facilitador de gerenciamento da rede NMF (*Network Management Facility*). O NMF contém uma estação terrestre incluindo *modems* satelitais para comunicação com os terminais móveis via o satélite, um computador de gerenciamento da rede, mensagens e rastreamento, e *modems* telefônicos para conexão com a central de operação dos clientes.

Devido à transmissão de plataformas móveis em banda Ku caírem sob uma alocação secundária, as unidades não devem interferir com os outros serviços existentes, mas ao mesmo tempo devem tolerar interferências daqueles serviços. Isto nos remete a um desenho semelhante a um “*LPI anti-jam system*” (A/J – *anti-jam* ou anti-interferência e LPI - *Low Probability of Interception*) conhecido como “Sistema anti-interferência com baixa probabilidade de interceptação”. Um sistema combinado de *frequency hopping* (salto de frequência) e formas de onda usando *Direct Sequence Spread Spectrum - DSSS* (espalhamento espectral de seqüência direta), juntos com baixa potência e baixas taxas de transmissão de dados.

Vale dizer que FHSS (*Frequency-Hopping Spread-Spectrum*) [25] é um esquema de modulação *spread-spectrum* que utiliza uma portadora de banda estreita alterando a frequência segundo um padrão conhecido pelo transmissor e pelo receptor. Sincronizados adequadamente, eles mantêm um único canal lógico. Para um receptor não desejado, o FHSS aparece como ruído de pulso de curta-duração. A tecnologia FHSS usa a largura de banda de forma ineficaz para garantir alta segurança; portanto, os sistemas FHSS costumam apresentar velocidades de transferência menores do que as de sistemas DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*). Dispositivos WLAN com desempenho mais lento (1 Mbps) utilizam FHSS.

Como dissemos anteriormente, o sistema OmniTRACS começou seus testes operacionais em janeiro de 1988 onde um terminal móvel foi deslocado de costa a costa em constante comunicação com uma HUB localizada em San Diego na Califórnia. Naquele tempo havia aproximadamente 100 unidades instaladas em caminhões interestaduais operando em todo o EUA. Terminais foram instalados desde caminhões, vans, automóveis até bicicletas. Os testes operacionais foram muito bem sucedidos em todos os tipos de ambientes desde as grandes e largas autopistas no oeste do país até os “grandes cânions de concreto” ou grandes e verticais construções no centro de nova York.

Atualmente o sistema OmniTRACS da Qualcomm está em mais de 30 países no mundo em milhares de clientes com aproximadamente 1.200.000 unidades comercializadas do terminal de comunicação móvel ou MCT (*Mobile Communication Terminal*).

9.2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema usa dois *transponders* em um único satélite em banda Ku. Um *transponder* é usado para uma taxa moderada contínua de fluxo de dados (5kbs) da HUB para todos os terminais móveis no sistema (os usuários do sistema podem também ser móveis ou fixos). Mensagens são endereçadas para um terminal móvel individual ou para um grupo de terminais móveis neste canal. Para ajudar na coordenação da frequência são providas duas modulações para o *link* de envio. Em uma, modulação *FHSS - Frequency-Hopping Spread-Spectrum* ou modulação de espalhamento espectral com salto de frequência são usadas para espalhar a densidade de potência sobre toda a largura de banda. Estas técnicas reduzem a densidade de potência do *link* de descida para níveis aceitáveis e provê ganho de processamento que os terminais móveis usam para rejeitar os sinais dos satélites adjacentes. Na outra, a modulação para o *link* de envio usa uma forma de onda triangular similar a forma de onda de dispersão FM, aquelas usadas por sinais de televisão via satélite, resultando em interferências cujas propriedades são similares aos sinais de televisão.

Um segundo *transponder*, no mesmo satélite é usado pelo *link* de retorno. Cada terminal móvel tem um nível baixo de potência de transmissão (+19 dBW EIRP) (*Equivalent Isotropic Radiated Power* [26] ou Potência Efetiva Isotropicamente Irradiada que é um parâmetro de transmissão aplicado à estação terrena transmissora para o enlace de subida e ao satélite para o enlace de descida). Este nível de potência permite taxas de dados no *link* ou *enlace* de retorno em escalas de 22 até 132 bps, dependendo da margem disponível no *link* para cada terminal individual. A antena padrão do terminal móvel é um pouco larga (largura do foco de aproximadamente 6° ao longo do arco orbital) e portanto, o potencial existe (mesmo a níveis de potência tão baixo) para causar interferências em outros usuários em satélites adjacentes. Para atenuar esta interferência, são utilizadas várias técnicas:

1. Técnicas de *Direct Sequence Spread Spectrum - DSSS* (espalhamento espectral de seqüência direta) são usadas para espalhar a densidade de potência espectral instantânea de cada *link* de subida móvel sobre a largura de banda de 1,0 MHz;
2. Salto de freqüência (*Frequency-Hopping*) e técnicas *Frequency Division Multiplexing – FDM* [27] ou Multiplexação por divisão de freqüência são usadas para assegurar que a densidade espectral de potência produzida pela combinação de todos os terminais móveis ativos seja uniformemente espalhado sobre a largura de banda de 48 MHz.
3. As transmissões dos terminais móveis são controladas muito cuidadosamente. Um terminal móvel não transmitirá a não ser que seja comandado para fazer isso, ambas, tanto uma solicitação direta (reconhecimento, relatório, etc.) ou a resposta para um grupo pesquisado (e limitado) definido cuidadosamente. Estas técnicas de pesquisa controlam o número e locação de freqüência dos transmissores móveis todo o tempo para que o nível de interferência possa ser corretamente regulado. Além disso, a recepção do comando implica que a antena esteja corretamente orientada para transmissão. Como resultado das técnicas, a interferência para outros serviços de satélite por uma rede consistindo de dezenas de milhares de terminais móveis é menos do que é causada por terminais VSAT convencionais.

9.3 - DESCRIÇÃO DO TERMINAL MÓVEL

A Figura 9.2 mostra um diagrama em blocos funcional de um terminal móvel.

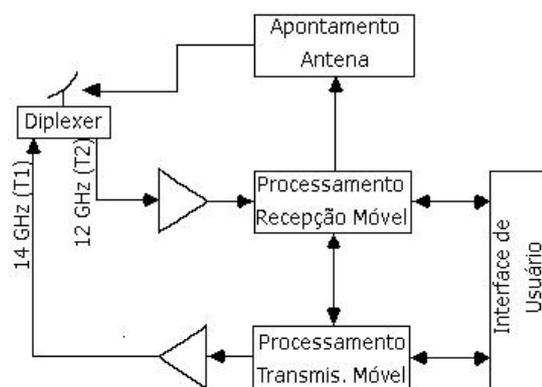


Figura 9.2 - Diagrama em blocos do terminal móvel.

Um microprocessador implementa todo o processamento de sinal, funções de aquisição e demodulação. A antena tem um padrão assimétrico com largura de foco em elevação de aproximadamente 40° 3dB e azimute em largura de foco de aproximadamente 6° . Ela é conduzida somente em azimute. Um amplificador de baixo ruído e uma convencional cadeia de conversão para baixo produzem um sinal ao microprocessador para aquisição, rastreamento e demodulação.

Durante a transmissão, um conversor para frequência superior e cadeia de espalhamento produz sinal na banda de 14-14,5 GHz para um amplificador de potência de 1,0 watt. Este sinal é transmitido através de uma antena direcional que tem um ganho máximo de +19dBi para a potência de transmissão total de +19dBW.

Sempre que a unidade móvel não está em sincronia com o receptor ela executa um algoritmo de aquisição de recebimento até que os dados do satélite possam ser demodulados. Neste ponto, a antena é apontada em direção ao satélite e mensagens podem ser recebidas da HUB. Quando comandada pela HUB, o terminal móvel pode iniciar a transmissão da mensagem. O terminal é do tipo *half-duplex* (bidirecional, porém só há uma transmissão em um sentido por vez) e as transmissões são feitas até 50% do ciclo do carregamento para permitir continuidade no rastreamento da antena do sinal do *link* de descida recebido. Se a qualquer tempo durante uma transmissão o sinal do receptor se perder, o terminal cessa a transmissão para prevenir interferências de fontes existentes.

9.4 - DESCRIÇÃO DO SINAL MODULADOR DO *LINK* DE RETORNO

Primeiramente vamos lembrar alguns conceitos importantes. *Multiple frequency-shift keying* (MFSK) ou chaveamento por deslocamento de frequência múltipla [27], é uma variação de *frequency-shift keying* (FSK) ou chaveamento por deslocamento de frequência, que usa mais do que duas frequências.

MFSK é uma forma de *M-ary orthogonal modulation* ou modulação orthogonal M-ary, onde cada símbolo consiste de um elemento de um alfabeto de M formas de ondas ortogonais. M é o tamanho do alfabeto e é usualmente a potência de dois para que cada símbolo represente $\log_2 M$ bits.

Como outros M-ary esquemas ortogonais, a razão requerida E_b/N_0 para uma dada probabilidade de erro diminui a medida que M aumenta sem a necessidade de detecção coerente multisímbolos. De fato, como M aproxima do infinito a razão requerida E_b/N_0 diminui assintoticamente para o limite *Shannon* de -1,6 dB. No entanto essa redução é lenta com M aumentando, e grandes valores são impraticáveis por causa do incremento exponencial na largura de banda requerida. Valores típicos na prática são da ordem de 4 a 64, e MFSK é combinado com outro esquema de correção de erro no envio para prover adicional (sistemático) ganho na codificação.

Também temos o conceito de Baud [27], que deriva do sobrenome de J.M.E. Baudot, francês inventor do código telegráfico Baudot. Um Baud é uma medida de velocidade de sinalização e representa o número de mudanças na linha de transmissão (já em frequência, amplitude, fase etc...) ou eventos por segundo. Para se determinar a taxa de transmissão de um canal em bits por segundo - bps, deve ser levado em consideração o tipo de codificação utilizada, além da velocidade de sinalização do canal de comunicação.

Voltando ao nosso assunto principal sobre o sinal modulador do *link* de retorno, dados binários a 44,1 bps (bits por segundo) são codificados a uma taxa convolucional de 1/3 para produzir símbolos-código a uma taxa de 132,3 símbolos por segundo. Estes símbolos-códigos são usados quatro de uma vez para conduzir um 16-ary FSK modulador a uma taxa de 33,1 FSK baud. Um ciclo de taxa de transmissão de 50% produz um período de símbolo FSK de 15,1 ms. As frequências de saída do modulador FSK são espalhados em seqüência direta a taxa de 1,0 *Megachip* ou milhões de pedaços por segundo para uma largura de banda instantânea de 1,0 MHz. Este sinal de largura de banda de 1,0 MHz é então saltado de frequência para uma largura de banda de 48 MHz. Para maximizar a capacidade do sistema em áreas de satélites com um bom G/T (relação na antena entre o Ganho/Temperatura de ruído - dB/K) e para prover adequada margem em áreas com pobre G/T, 0,5x e 3,0x, taxas de dados de 22,0 e 132,3 bps são também providas. Esses são implementados pela repetição de símbolos FSK e uma taxa símbolo FSK três vezes respectivamente.

9.5 - DENSIDADE DE POTÊNCIA DO *LINK* DE RETORNO

Os terminais OmniTRACS vão de encontro ao *VSAT Inbound Guidelines* (referência para tráfego de entrada de dados nas redes [11] tipo VSAT, uma abreviatura para *Very Small Aperture Terminal*. Nessa rede, temos a estação terrena mais popular que existe, que geralmente são estações com antenas variando de 80 cm a 2 metros e pouco de diâmetro) para densidade de potência de transmissão ao longo do arco equatorial. A figura 9.3 mostra o padrão da antena do terminal móvel em azimute mantendo a elevação ao ganho máximo.

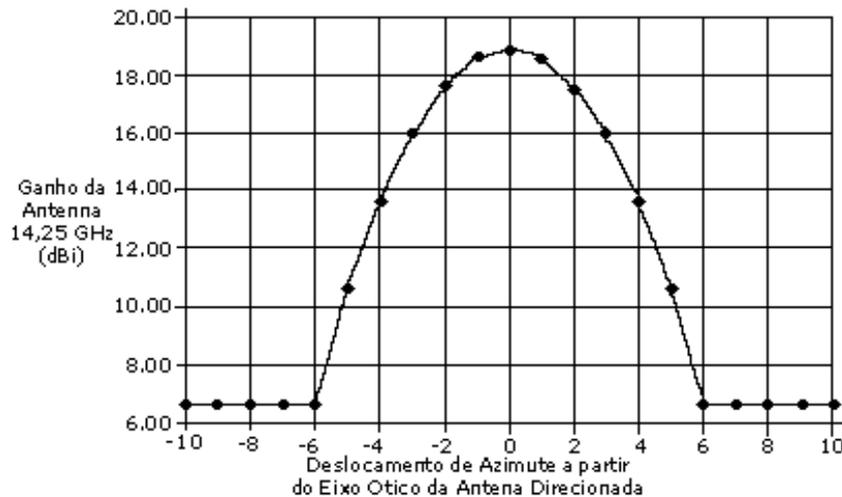


Figura 9.3 - OmniTRACS - Ganho da antena na transmissão (Azimute de corte).

Essa figura assume um ganho nominal de 16 dBi no eixo óptico da antena direcionada. Os lóbulos laterais dessa antena são assimétricos e não uniformes, mas permanecem abaixo de -12 dB relativo ao ganho no eixo óptico da antena direcionada. A tabela 9.1 abaixo mostra a densidade de potência de transmissão máxima acessível no *link* para o sistema OmniTRACS, no *link* de retorno com 250 unidades transmitindo simultaneamente.

Tabela 9.1 - Densidade de potência do *link* de retorno do sistema OmniTRACS.

Potência de transmissão máxima	1,26 watts	1,0 dBW
Ganho máximo da antena na transmissão	-	19,0 dBi
Largura de banda ocupada	48 MHz	-76,8 dB/Hz
Largura de banda referencial FCC	4 KHz	36,0 dB-HZ/4KHz
(FCC - Federal Communications Commission)		
Números de <i>links</i> de subida	250	24,0 dB
Ciclo de taxa de transmissão	50%	-3,0dB

Densidade EIRP do sistema		0,2 dBW/4KHz

A tabela 9.1 combinada com o padrão da antena transmissora do sistema OmniTRACS da figura 9.3 produz a densidade de potência EIRP mostrada na figura 9.4.

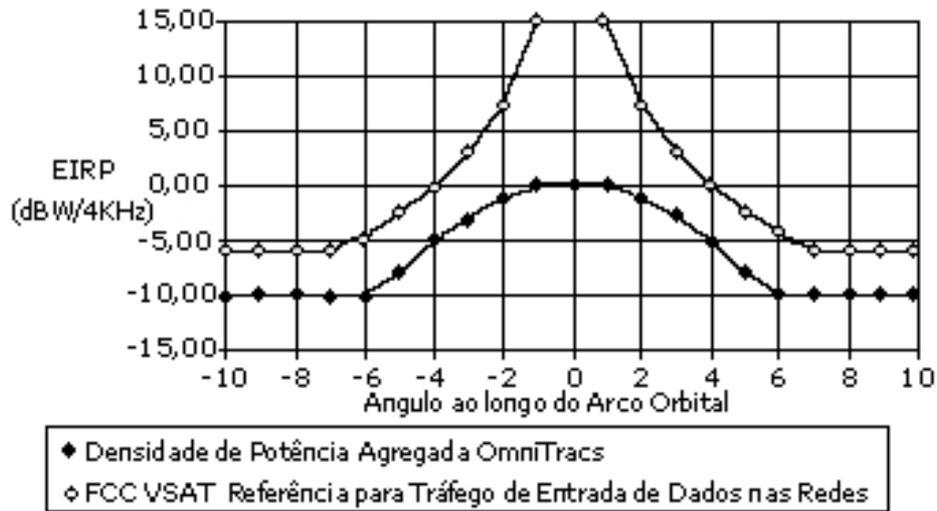


Figura 9.4 - Densidade de potência do *link* de retorno do sistema OmniTRACS comparado com a referência para tráfego de entrada de dados nas redes tipo VSAT padrão FCC.

9.6 - DESCRIÇÃO DO SINAL MODULADOR DO LINK DE ENVIO

Vamos lembrar aqui um conceito importante sobre modulação. O *Phase Shift Keying* (PSK) [27] é um esquema de modulação onde a fase da portadora é variada de modo a representar os níveis 0 e 1, sendo que durante cada intervalo de bit esta permanece constante. A amplitude e a frequência permanecem sempre inalteradas. Exemplo: Uma fase 0 graus representa o binário 0, enquanto uma fase 180 graus representa 1. Isto representa o método 2-PSK, porque temos duas representações de fases diferentes. A modulação PSK não é susceptível a degradações por ruídos que tanto afetam a técnica ASK ou tem as exigências de banda da técnica FSK.

Neste tipo de modulação, a característica da onda portadora que vai variar é a fase, deixando a amplitude e a frequência constantes. Esta modulação também é conhecida como BPSK (*Binary Phase Shift Keying*). Da mesma forma que na modulação ASK, a primeira coisa a ser feita é o estabelecimento de um padrão entre transmissor e receptor, para que a comunicação possa ser efetuada e haja entendimento entre eles.

Voltando ao nosso assunto principal sobre o sinal modulador do *link* de envio, [23] [24] dados binários a 4.960,3 bits por segundo é codificado em bloco na taxa $\frac{1}{2}$ para produzir códigos símbolos à taxa de 9.920,6 símbolos por segundo. Estes códigos símbolos são usados para conduzir um modulador BPSK a uma taxa de 9.920,6 PSK baud.

Uma forma de onda dispersal de onda triangular é usada resultando em propriedades de coordenação similar aos sinais de vídeo. Os cálculos da densidade de potência são mostrados abaixo na tabela 9.2.

Tabela 9.2 - Densidade de potência do *link* de envio do sistema OmniTRACS

EIRP satélite transmissor	-	44,0 dBW
Largura de banda ocupada	2MHz	-63,0dB/Hz
Largura de banda referencial FCC	4KHz	36,0 dB-Hz/4KHz
<hr/>		
Densidade de potência na transmissão	-	17,0 dBW/4KHz

A coordenação para o sistema OmniTRACS será muito mais fácil do que a coordenação de um sinal de vídeo. A banda de frequência está em uma escala de +/- 1 MHz em torno do centro de uma forma de onda dispersal que conterà densidades de potência instantâneas relativamente altas, mas as bandas de frequência externa dessa escala de 1 MHz são eliminadas rapidamente, até mesmo mais rápido que os sinais de vídeo. A figura 9.5 abaixo mostra a máscara de coordenação usada com o sinal do *link* de envio OmniTRACS comparada com a máscara de coordenação sugerida pela *FCC Advisory Committee on 2º orbital spacing for video signals*.

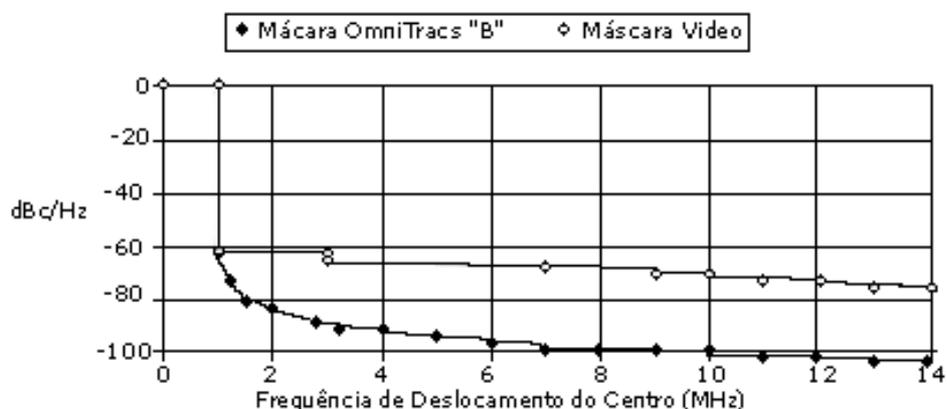


Figura 9.5 - Máscara de coordenação para o *link* de envio OmniTRACS comparado com máscaras de coordenação de vídeo.

10 - O SISTEMA OMNISAT DA AUTOTRAC

10.1 - O QUE É O SISTEMA OMNISAT DA AUTOTRAC

É antes de tudo um serviço que alia tecnologia de ponta, tecnologia militar, logística aplicada, segurança, comunicação bidirecional, posicionamento em mapas e experiência de mercado. Um serviço que é colocado à disposição das empresas e órgãos que têm necessidade de comunicar-se e de monitorar os seus veículos de uma forma rápida, eficiente e assertiva.

10.2 - COMO FUNCIONA

Monitoramento significa, ao mesmo tempo, a partir de uma Central de Operações saber onde seus veículos realmente estão e ter a capacidade de trocar (receber e enviar) mensagens com eles. Então, o Sistema OmniSAT de monitoramento e comunicação em tempo real, funciona com a ação combinada da família de satélites GPS (*Global Positioning System*) e do satélite brasileiro Brasilsat B2 da Star One (com seus 20 anos de experiência servindo o mercado brasileiro como Embratel) em banda C e do satélite PanAmSat, que é líder mundial no setor de serviços de transmissão de vídeo e dados via satélite, em banda Ku. De um lado os veículos equipados com a antena de comunicação e o terminal de dados, dotado de visor e teclado. Do outro lado um micro-computador com uma configuração bem simples.

Ainda mais, os veículos podem ser equipados com impressoras, sensores e atuadores diversos (velocidade, temperatura, RPM...), scanners e assim por diante. Do lado da Central de Operações, as informações vindas dos veículos podem ser tratadas e distribuídas aos setores interessados e competentes, garantindo uma perfeita *interface* com outros sistemas de dados já existentes nos clientes.

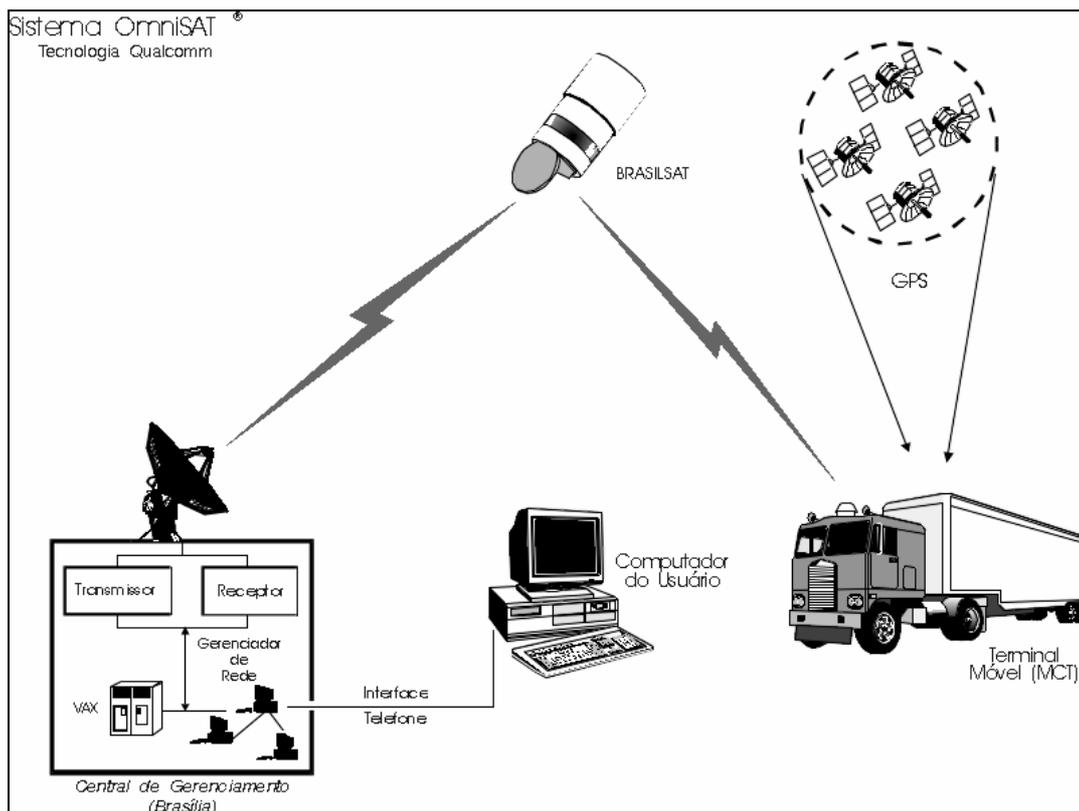


Figura 10.1 - Demonstração gráfica do sistema OmniSAT.

10.3 - O SISTEMA OMNISAT NO MUNDO

Hoje já são aproximadamente mais de 1.200.000 veículos, pertencentes em milhares de diferentes clientes, em mais de 30 países no mundo, rodando equipados com o Sistema OmniSAT. Tal mercado pressupõe garantia de eficiência, perfeito funcionamento, robustez e adequação dos aparelhos aos mais variados usos sob diferentes condições.

10.4 - EVOLUÇÃO DO SISTEMA

Os desenvolvimentos técnicos, as novas aplicações, os *softwares* específicos, os novos acessórios são incorporados ao Sistema OmniSAT à medida que novas necessidades vão surgindo, assim como a busca de novas tecnologias e soluções que venham a ser importantes para fins do comprometimento da Autotrac a ser firmado em contrato, sem maiores ônus para o Estado.

O serviço de rastreamento via satélite, assim como a concessão de operação e distribuição do sistema OmniSAT, tem cobertura para toda América do Sul. O objetivo de distribuição

da AUTOTRAC é de cobertura nacional, assim, atingindo todas as Áreas Nielsen. No entanto, de acordo com dados do GEIPOT, foi constatado que a malha de distribuição da frota nacional de transporte de carga está mais fortemente concentrada no Sudeste do país com 50%, seguida da região Sul, representada com 25%.

10.5 - AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

A diferenciação do Sistema OmniSAT baseia-se num conjunto de características operacionais que refletem um melhor desempenho deste em relação aos demais sistemas de comunicação hoje existentes. Resumindo:

- Menor Tempo de Transmissão e Operação: Por possuir um satélite exclusivo, o sistema OmniSAT permite que uma mensagem seja enviada da Central de operações até a unidade móvel em menos de 3 segundos e, da unidade móvel até a Central de operações em média de 15 segundos.
- Posicionamento em tempo real: O sistema OmniSAT permite intervalos de posicionamento automáticos em média de 60 segundos, com chegada no centro de comando e controle poucos segundos após a geração da informação.
- Canal Próprio e Exclusivo de Satélite: O sistema OmniSAT possui um canal de 36 MHz de banda exclusivo no satélite Brasilsat B2, garantido em contrato junto à Embratel, fazendo com que o sistema não precise compartilhar tempo de satélite com alguma outra aplicação, além de permitir a recepção simultânea de milhares de mensagens numa mesma fração de segundo de veículos diferentes, o que garante uma capacidade de gerenciamento de pelo menos 100.000 veículos ao mesmo tempo.
- Qualidade dos equipamentos fornecidos: Os equipamentos fornecidos para o Sistema OmniSAT possuem um padrão de qualidade segundo as normas do exército americano, usuário do sistema para monitoramento de suas viaturas. Vale ressaltar que o equipamento permite também a conexão com inúmeros acessórios em função de suas características. Pode-se acoplar impressoras, diversos sensores e atuadores, scanners, leitoras de cartão magnético, canetas ópticas e outros periféricos que possuam uma *interface* de comunicação serial,

bastando para tal, desenvolver as rotinas básicas para comunicação com o Sistema OmniSAT.

- Plataformas de trabalho e recursos da central de gerenciamento do cliente: O sistema OmniSAT está disponível em inúmeras plataformas e possui *interfaces* para integração com os mais diversos programas e bancos de dados que existam implantados nos clientes, facilitando a inserção do Sistema OmniSAT na operação do cliente. Tais características permitem a integração do Sistema à diversas soluções de automação dos Centros de Operação e Controle dos clientes.
- Central Própria de Operações Totalmente Automatizada e Redundante: O sistema OmniSAT possui uma Central de operações que processa toda a troca de mensagens entre os clientes e seus veículos, não dependendo do intermédio de outras várias centrais de operação.
- Capacidade para operar 200.000 MCTs (veículos) em banda C e Ku: A Central de operações do sistema OmniSAT tem a capacidade de operar 200.000 veículos com a estrutura hoje existente, sendo totalmente redundante e de fácil expansão.
- Sistema Aprovado pelo maior número de usuários no Brasil e no Mundo: Liderança de mercado em todos os países onde se encontra em operação, o sistema OmniSAT já conta com mais de 1.200.000 veículos instalados em todo o mundo, sendo cerca de 80.000 unidades no Brasil.
- Relação Custo-Benefício: O Sistema OmniSAT oferece a melhor relação custo benefício quando se fala no preço dos equipamentos e nos custos de comunicação.
- Garantia da continuidade e qualidade de atendimento ao cliente: Sendo a fornecedora de equipamentos e operadora dos serviços de comunicação o interesse da Autotrak, como operadora do Sistema OmniSAT no Brasil, é o de manter o melhor atendimento aos seus clientes.
- Certeza de funcionamento do Satélite Brasilsat e PanAmSat: Mesmo em casos de litígios internacionais.

10.6 - ESTRUTURA FISICA

A Autotrak Comércio e Telecomunicações está instalada no campus da Universidade de Brasília (UnB), em uma área de 8,5 mil metros quadrados. A empresa ocupa um espaço

projetado exclusivamente para acomodar sua estrutura operacional. A empresa reúne no prédio principal os setores de desenvolvimento de produtos, laboratório técnico, administração e finanças, recursos humanos, *marketing*, pós-vendas, diretorias comercial, técnica e de produto e a presidência. Há ainda salas de reunião e de treinamento para motoristas e operadores e o laboratório de testes e manutenção de equipamentos.

No pátio interno encontra-se a antena de comunicação com o satélite BrasilSAT, com 11 metros de diâmetro, e a antena de comunicação com o satélite PanAmSAT, com 9 metros de diâmetro. As conexões com a subsidiária argentina, localizada em Buenos Aires (OmniTRACS) são realizadas por meio de fibra óptica. No prédio anexo funciona a Central de Gerenciamento (HUB) do sistema, a sala dos geradores e no-breaks e a Central de Atendimento Telefônico ao Usuário (0800 70 12345).

A Central de Gerenciamento do Sistema OmniSAT, totalmente automatizada, é responsável pela operação de um canal exclusivo do satélite, além de dar suporte 24 horas ao dia, às operações dos clientes, sendo controlada por dois servidores AlphaServer DS 20, com capacidade de processar mais de 3.000.000 (três milhões) de mensagens por dia. Além disso, a fim de manter funcionamento ininterrupto do Sistema, toda a estrutura da Central de Gerenciamento foi concebida em duplicidade, existindo em alguns casos até a triplicidade de equipamentos, possuindo inclusive de 2 (dois) no-breaks de 80 KVA em configuração paralela e redundante e 2 (dois) grupos motor-gerador de 180 KVA, a diesel, que oferecem à empresa total autonomia de suprimento de energia elétrica.

Conforme pode ser visto na figura abaixo, a Autotracs tem sede na capital do país e outras 14 unidades de negócios espalhadas pelo Brasil, além da subsidiária OmniTRACS, sediada em Buenos Aires - Argentina. A empresa mantém ainda pontos de apoio nas principais cidades brasileiras.

11 - O MERCADO DA AUTOTRAC E SEUS NÚMEROS

O uso de sistemas de monitoramento e rastreamento de veículos no Brasil existe há 15 anos. Sua evolução está diretamente relacionada ao amadurecimento do mercado de transportes do país e às novas necessidades do mercado embarcador e frotista. Ou seja, empresas transportadoras necessitavam de uma solução mais abrangente no quesito segurança. E os embarcadores (indústrias/distribuidores) precisavam de uma tecnologia que permitisse uma maior integração com ferramentas de análise e integração logística, como o *supply-chain*. A utilização do GPS - *Global Positioning System* ou Sistema de Posicionamento Global para atividades de logística nas empresas transportadoras surgiu como consequência da experiência de utilização do exército norte-americano.

O mercado brasileiro de transporte de cargas conta hoje com uma frota de cerca de 2,5 milhões de veículos sendo que 1 milhão deles estão divididos em aproximadamente 15 mil transportadoras sendo cerca de 10 mil, catalogadas. O milhão e meio restante são em parte veículos com mais de vinte anos, e na maioria pertencentes a indivíduos que trabalham de forma autônoma. Este mercado emprega cerca de 4 milhões de trabalhadores e representa cerca de 3,4% do PIB. Cerca de 68% da produção nacional é transportada através de estradas. Neste mercado de números fantásticos, observa-se que aproximadamente apenas 150.000 veículos são rastreados, revelando um imenso potencial para negócios.

Aliado a isto, juntamente com a carência em várias regiões do país de sistemas de comunicação, outros mercados e aplicações têm sido prospectados e consolidados para o uso de sistemas de gerenciamento de frota e comunicação móvel de dados via satélite. Prova disto, são os contratos realizados pela Autotrak nas áreas ferroviária, de *utilities*, segurança pública, dentre outros.

Além do mercado brasileiro o Sistema OmniSAT cobre também a América do Sul, o que abre ainda mais o leque de possibilidades. Em 1999 a Autotrak estabeleceu um *link* de comunicação de dados com a Argentina, inaugurando assim o funcionamento do Sistema OmniSAT no Mercosul.

11.1 - OS TIPOS DE MERCADO

11.1.1 - Mercado tradicional

Chamamos de mercado tradicional, aqueles onde as aplicações do sistema OmniSAT estão relacionadas ao transporte e distribuição de cargas, em aplicações de gerenciamento logístico e de risco.

No Brasil, este mercado concentra empresas que atuam nos meios rodoviário, fluvial e ferroviário. Transportadoras, operadores logísticos, atacadistas, distribuidores e embarcadores de carga formam o principal nicho de clientes.

Atualmente, a Autotrak possui cerca de 10.000 clientes neste setor, incluindo as grandes transportadoras, as principais ferrovias, e diversos embarcadores de carga, em um total de aproximadamente 80.000 equipamentos instalados, em um mercado potencial estimado em 150.000 unidades nos próximos 5 anos.

11.1.2 - Mercado especial

Denominamos de mercado especial, aqueles onde as aplicações do sistema OmniSAT se referem, principalmente, à comunicação móvel de dados, destacando-se aí os órgãos de segurança pública, empresas de *utilities* como concessionárias de energia elétrica, telefonia e tv a cabo, secretarias de fazenda e órgãos públicos tais como o IBAMA, Forças Armadas, Correios, IBGE, entre outros.

Atualmente existem cerca de 20.000 equipamentos destinados a estas aplicações, e aproximadamente 120 clientes e um mercado potencial estimado em 30.000 unidades para os próximos 5 anos.

De forma criativa e inovadora, a Autotrak, através do sistema OmniSAT, vem proporcionando a tais segmentos alternativas funcionais e eficazes na gerência e desempenho de suas atividades, tais como:

- Consultas e atualização móvel a banco de dados: utilização do sistema OmniSAT para consultar, inserir e atualizar bases de dados remotas. Tal aplicação é bastante utilizada por Secretarias de Segurança Pública e de Fazenda. O uso do sistema permite que agentes estejam ligados diretamente de suas viaturas à central de comando, consultando dados como multas, placas, identificação de suspeitos, pagamento de tributos etc.
- Controle de Despacho de Serviços: envolve o uso do sistema OmniSAT para controlar remotamente equipes de campo envolvidas na prestação de algum serviço. Utilizado principalmente por empresas de *utilities*, o sistema integra em tempo real, a Central de Atendimento do prestador de serviço, que através do sistema OmniSAT emite uma ordem de serviço para uma unidade remota, podendo acompanhar a ocorrência em todas as etapas, permitindo assim uma prestação de serviços mais dinâmica e com maior qualidade.
- Comunicação entre veículos: uso do sistema OmniSAT para a comunicação entre veículos localizados em regiões remotas. Utilizado atualmente pelo IBAMA em regiões tais como a Amazônia, onde as formas de comunicação tradicional não são funcionais, sendo necessário um meio de comunicação eficiente, seguro e confiável.
- Controle de ciclos operacionais e emissão de relatórios gerenciais: utilização do sistema OmniSAT para captação e tratamento de informações vitais para todas as fases envolvidas em um ciclo operacional PDCA (planejamento/ação/controle e avaliação). Destacamos aqui, o projeto desenvolvido junto a ECT, onde gestores desta empresa necessitam de informações obtidas a partir do sistema, para controle das linhas de transferência e gestão de seus contratos de serviço.
- Pesquisa e transmissão de dados: utilização do sistema OmniSAT para a realização de pesquisas e acompanhamento de projetos. Este sistema poderá ser futuramente utilizado pelo Ministério do Planejamento e Orçamento para o acompanhamento *'in loco'* de obras do Programa Federal de Combate aos Efeitos da Seca.

11.2 - CLIENTES E CASOS DE SUCESSO

Ao longo dos 15 anos de operação, a Companhia constituiu uma importante carteira de clientes nos mais diferentes segmentos, contando atualmente com aproximadamente 20.000 mil clientes, entre pessoas físicas e jurídicas.

Os 20 maiores clientes da Companhia respondem por apenas 30% do faturamento líquido da Companhia, sendo que os cinco maiores pertencem a três segmentos diferentes.

A tecnologia Autotrak está instalada em mais de 100 mil veículos. São mais de vinte mil clientes, entre eles as principais empresas do setor de transportes nos modais rodoviário, ferroviário e hidroviário (navegação fluvial e cabotagem). O equipamento é também utilizado por *utilities*, como as concessionárias para distribuição de energia elétrica, empresas de telefonia e de água e saneamento, e TVs a cabo; e de órgãos do governo, como secretarias de Fazenda e de Segurança Pública, Forças Armadas, polícias militar, civil e rodoviária, departamentos de trânsito, corpo de bombeiros, Ibama e Inmet. Veja na figura abaixo alguns clientes do mercado de transportes e logística, indústrias e grandes empresas de consumo e *utilities*.



Figura 11.1 - Grandes clientes do mercado de transportes e logística, indústrias e grandes empresas de consumo e *utilities*.

11.2.1 - Cases Transportadoras

11.2.1.1 - Atlas Transportes

A Atlas Transportes, uma das maiores transportadoras do País, é cliente da Autotrak desde 1996. Lauro Neto, Vice-Presidente, lembra do tempo em que Nelson Piquet vinha pessoalmente apresentar os equipamentos. Fundada em 1952, na cidade de São Paulo, onde se localiza sua sede, a empresa conta atualmente com 34 filiais e um quadro de mais de 1.900 funcionários. Com uma estrutura desse porte, a logística assume importância estratégica para a competitividade. Segundo Lauro Neto, o desenho de um plano logístico aprimorado faz parte das atividades de transportes, tanto no modal aéreo como no rodoviário, sempre buscando as melhores rotas.

A base da estrutura logística da Atlas é a alta tecnologia. Todas as filiais estão conectadas por intranet, com comunicação em tempo real entre as equipes comercial, operacional e administrativa. Essa infra-estrutura dá apoio a uma frota composta de 730 veículos, entre próprios e agregados, dos quais 502 são rastreados via satélite, em um investimento da ordem de R\$ 5.000.000,00. Explica o Vice-Presidente da empresa que, toda operação é controlada automaticamente e, no caso de qualquer ocorrência, é possível utilizarmos recursos oferecidos pela Autotrak, como acionamento de bloqueio, disparo de alarmes sonoros, travas das portas do baú, além dos diversos sensores.

O relacionamento da Atlas Transportes com a Autotrak ocorre desde 1996. Segundo Lauro Neto, eles optaram pela Autotrak por ser a empresa que demonstrou força e preocupação com os investimentos tecnológicos. No início, o objetivo maior da empresa com o uso do Sistema era a segurança. Com o andamento do processo, foram agregadas vantagens logísticas, pelo fácil acesso na comunicação com o veículo, e hoje a empresa já utiliza o equipamento como meio para tráfego de suas informações. Lauro afirma que o grande benefício ainda se dá na área de segurança, mas há preocupação cada vez maior em estar agregando as vantagens logísticas do Sistema aos processos.

A satisfação da Atlas com os produtos e serviços da Autotrak pode ser medida pela avaliação que o Vice-Presidente da empresa de transportes faz do futuro dessa parceria. Segundo ele, cada vez mais a Atlas precisará da Autotrak no desenvolvimento de novos

processos, aliamos o uso do Sistema a investimentos fortes no gerenciamento de risco e no treinamento dos motoristas e do pessoal da Central de Monitoramento. Com tudo isso, pode-se dizer que hoje a Atlas é uma das empresas que tem um dos melhores índices de tentativas frustradas de roubo de carga no País, segundo Lauro Neto [28].

11.2.1.2 - DM transporte e logística internacional - Eldorado do Sul/RS

A DM Transporte e Logística Internacional está no mercado há mais de 35 anos. A empresa atende clientes, de médio e grande porte, no Brasil, Argentina, Chile e Uruguai. Atualmente, 100% da frota DM está equipada com a tecnologia Autotrak. Em parceria com a empresa de Nelson Piquet, a transportadora desenvolveu um serviço de rastreamento *on-line* próprio, o SIDM (Sistema Informatizado DM). Específico para o transporte internacional e elaborado especialmente para a transportadora, o sistema permite monitorar todas as cargas e veículos e também interligar todas as filiais e representantes DM. José Marcelo Ribeiro Dossa, gerente de logística da DM, afirma que a equipe da Autotrak proporciona atendimento personalizado e rápido e ajuda a desenvolver soluções customizadas [28].

11.2.1.3 - Vicunha

Trata-se de um embarcador, com fábricas em Fortaleza e Natal, fabricante de têxteis e um dos maiores grupos privados do Brasil. Sua operação baseia-se no transporte de matéria-prima de diversos pontos (SP e Sul do Brasil) para as fábricas em Fortaleza e Natal; e no transporte do produto acabado (fios e tecido) das fábricas para todo o Brasil.

Além de se controlar com a logística a chegada, transporte e entrega das matérias-primas e mercadorias, a carga da Vicunha é um tipo bastante visado em roubos, o que eleva o valor do seu seguro, afetando seus custos operacionais e competitividade, além de afetar sua distribuição e, conseqüentemente, o atendimento do mercado consumidor.

No Projeto Vicunha, a AUTOTRAC elaborou, juntamente com a seguradora do cliente, uma operação em que todos os veículos seriam rastreados e monitorados, tanto pela transportadora quanto pela própria Vicunha, além de sua gerenciadora de risco.

Os resultados obtidos foram excelentes, sendo que em um ano de operação, completado em novembro de 1999, a Vicunha atingiu a marca de 12 meses sem roubos, além de ter otimizado significativamente sua operação logística.

Hoje, fazem parte deste projeto, cerca de 14 transportadoras de todo o Brasil, com 100% dos veículos que transportam cargas da Vicunha, equipados com o Sistema OmniSAT [29].

11.2.1.4 - Marbo Logística Integrada

Inicialmente criada para atender as viagens de longa distância do grupo atacadista Martins, um dos maiores do Brasil, com faturamento anual de mais de 1 bilhão de reais, a Marbo transportes vem constantemente evoluindo suas operações.

No ano de 1999, apenas 35% de sua demanda originava do atacadista Martins, tendo então se tornado um grande operador logístico, com os 65% restantes destinados a empresas como Nestlé, Souza Cruz (do grupo British American Tobacco), Vicunha, Alpargatas, dentre outros.

A Marbo possui toda a sua frota de veículos equipada com o Sistema OmniSAT (cerca de 630 veículos) e vem, ano a ano, expandido este número [30].

11.2.1.5 - Expresso Figueiredo - Belo Horizonte/MG

A Expresso Figueiredo é especializada no transporte de produtos siderúrgicos, como bobinas de aço. Figuram na lista de clientes indústrias de grande porte, como Acesita, Usiminas, Vega do Sul e Belgo Mineira. O tipo de material transportado pela Figueiredo requer a utilização de cavalos-mecânicos com configurações especiais de tração e implementos diferenciados que fazem com que os veículos tenham alto valor de mercado e, por isso, sejam muito visados para roubo, assim como as cargas. A Figueiredo adotou a tecnologia Autotrak a partir do segundo semestre de 2002 e atualmente tem 100% da frota equipada. Segundo o diretor comercial da Expresso Figueiredo, Isauro Figueiredo Jr, as informações estão sempre disponíveis quando necessárias e sempre com a devida confiabilidade. Por isso, elas estão sendo integradas gradativamente aos sistemas operacionais e de gestão [28].

11.2.1.6 - Jolivan Transportadora

Segundo Lindor Paganini, Diretor Comercial da Jolivan, a importância do serviço de monitoramento de veículos é essencial para o bom funcionamento de qualquer empresa de transporte, se ela quer atingir um lugar de destaque no mercado. Por isso, a Autotrak tem sido muito importante para a Jolivan em todos esses anos. Sem esse tipo de serviço, já se teriam perdido o mercado, mas com a ajuda da Autotrak, ele só tem a crescer.

Sediada em Iconha, cidade localizada há cerca de 90 km de Vitória (ES), a Transportadora Jolivan é hoje uma das maiores empresas de transporte rodoviário de carga do País. Com uma frota própria de cerca de 400 veículos, entre caminhões pesados, médios e leves, a companhia realiza o transporte de um amplo leque de cargas, com os mais diferentes valores agregados e perfis de operação logística, em todo o território nacional, como gêneros alimentícios, limpeza, celulose, eletrodomésticos, polipropileno e aço.

Para a Jolivan, a administração logística assume importância igual ou até maior que a segurança contra roubos e acidentes nas operações de transporte. Explica Lindor Paganini, Diretor Comercial, que suas prioridades incluem a melhor distribuição possível dos veículos nas filiais e uma informação precisa ao cliente, quanto ao dia e hora exata da entrega da mercadoria, e as estratégias quanto à logística, segundo o executivo, estão ligadas a um objetivo muito mais amplo que é garantir a competitividade de clientes que possuem atuação mundial. Segundo Lindor, o desafio maior é acompanhar a evolução dos negócios no mundo globalizado. Essa é a ferramenta indispensável. Nesse contexto de atuação, que envolve até mesmo a disputa com grupos empresariais estrangeiros, o Sistema vem garantindo, há quatro anos, um desempenho à altura das necessidades de monitoramento da Jolivan. Segundo Lindor, quando decidiram modernizar sua frota, pensando em maior segurança e confiabilidade, optaram pelo uso dos equipamentos da Autotrak, garantindo assim, segurança e maior agilidade e precisão das informações prestadas aos clientes. Entre os principais clientes da Jolivan, estão Gerdau, Bombril, Procter & Gamble, Bahia Sul Celulose, Polibrasil, Caraíba Metais e Belgo Mineira. Paganini também ressalta a importância da cobertura oferecida pelo Sistema da Autotrak na melhoria da performance técnica da frota a serviço da Jolivan, onde o uso do Sistema tem proporcionado excelentes resultados. O roubo de carga não existe mais, e é possível se

ter uma precisão de 100% em relação ao dia e hora do recebimento da carga, uma vez que se monitora os veículos 24 horas por dia [28].

11.2.1.7 - Ouro Verde Transporte e Locação Ltda. - Ponta Grossa/PR

A Ouro Verde atua nos segmentos de cargas secas, líquidas, perigosas e internacionais e transporta vidro, papel, alimentos, higiene e limpeza, bebidas, lubrificantes, aglomerados, petroquímicos e químicos. A empresa atende todo o território nacional, além da Argentina, Paraguai, Uruguai e Chile, por meio de 41 filiais em todo o Brasil e uma em Buenos Aires. A tecnologia Autotrak está presente em toda a frota própria da empresa e na dos agregados. Segundo analisa o diretor comercial da companhia, Hélio José Branco de Matias, a tecnologia Autotrak dá uma maior segurança no transporte e é uma ótima ferramenta logística para o cumprimento de prazos, por possibilitar a comunicação imediata com os motoristas e o posicionamento exato dos veículos [28].

11.2.2 - *Cases Indústrias*

11.2.2.1 - Bergamaschi - Chapecó/SC

A Bergamaschi atua no segmento de cargas frigorificadas e de grãos a partir da região Sul e do Centro-Oeste e é cliente da Autotrak desde 1998. Segundo o diretor da empresa, Dirceu Capeleto, que já no primeiro equipamento instalado teve-se a certeza de que, tanto para fins logísticos como de segurança, a opção tecnológica era a mais acertada. O resultado foi tão positivo que a Bergamaschi passou a ser uma verdadeira difusora da tecnologia Autotrak entre seus clientes. Segundo Dirceu, no transporte de grãos, provou-se aos embarcadores que o monitoramento da frota traz eficiência, previsibilidade das operações e diminuição de acidentes. Ganhou-se, com isso, notoriedade e mais clientes, comenta Capeleto. Ele garante que a Autotrak se transformou em um importante parceiro estratégico nos negócios [28].

11.2.2.2 - Procter & Gamble - São Paulo/SP

A Procter & Gamble é uma gigante mundial na fabricação de bens de consumo não-duráveis para os segmentos de limpeza, saúde e higiene pessoal. No Brasil, a empresa

resolveu terceirizar o transporte de matérias-primas e produtos acabados. A área de distribuição física da companhia administra 13 empresas transportadoras em todo o país e mais de 850 embarques mensais. Desde julho de 2000, a multinacional trabalha apenas com veículos equipados com a tecnologia Autotrak. A decisão surgiu com a intensificação dos roubos de cargas. Segundo afirma o coordenador de distribuição física da Procter & Gamble, Sergio Silva, houve uma significativa redução nos índices de ocorrências de roubo de cargas a partir do momento que as transportadoras completaram a instalação do equipamento em suas frotas. A tecnologia da Autotrak é utilizada pela empresa apenas para as aplicações de segurança do transporte rodoviário de cargas. Mas a empresa já estuda a possibilidade de utilizar o sistema para acompanhamento e informação em tempo real das entregas realizadas aos clientes [28].

11.2.3 - Cases Cargas Frigorificadas

11.2.3.1 - Grupo Friboi - Regiões Centro-Oeste e Sudeste

O Grupo Friboi é um dos maiores frigoríficos do Brasil. Abate cerca de 8 mil cabeças por dia e realiza 2.700 embarques por mês de produto acabado e 8 mil de animais vivos. O grupo opera em todo o território nacional e exporta para os principais mercados do exterior. Como optou por terceirizar todo o transporte de animais vivos, o Friboi passou a utilizar a tecnologia Autotrak para realizar o monitoramento total dos trajetos realizados pelos prestadores de serviços. Afinal, os fretes envolvem geralmente distâncias muito curtas, por isso qualquer divergência nas medições da quilometragem influencia diretamente no resultado da empresa. Além disso, para chegar às fazendas é preciso rodar por estradas vicinais ou secundárias que muitas vezes sequer aparecem nos mapas cartográficos. Por tudo isso o produto da Autotrak se mostrou o único capaz de realizar esse rastreamento com precisão. A equipe técnica da Autotrak integrou um sensor de hodômetro ao sistema, que passou a fornecer informações exatas sobre as distâncias percorridas. Segundo afirma o gerente de logística do Grupo Friboi, Rodrigo Mendonça Horvath, teve-se uma redução nos custos e o investimento foi compensador. A Friboi tem 145 caminhões frigorificados equipados com a tecnologia Autotrak e ampliou o uso do sistema para o controle logístico no transporte de contêineres para exportação [28].

11.2.4 - Cases Distribuidoras de Combustíveis

11.2.4.1 - Simarelli Distribuidora de Derivados de Petróleo Ltda. - Cuiabá/MT

A Simarelli Distribuidora de Derivados de Petróleo transporta derivados de petróleo para consumidores nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia e São Paulo. Possui uma rede de 48 postos próprios de revenda de combustível e outros 39 embandeirados. Além disso, tem bases próprias de estocagem e distribuição em Cuiabá e Sinop (MT), Campo Grande e Dourados (MS) e utiliza bases em Paulínia (SP), Porto Velho e Vilhena (RO) e Senador Canedo (GO). Ao todo, a empresa movimenta cerca de 22 milhões de litros de combustíveis por mês. A instalação da tecnologia Autotrak na frota da empresa gerou resultados inquestionáveis. Segundo assegura o diretor-presidente da empresa, Carlos Simarelli, após a implementação da tecnologia Autotrak, jamais houve um furto, seja da carga ou dos veículos. Além disso, conseguiu-se um maior acompanhamento das operações, o que reduz a necessidade de manutenção da frota e aumenta a qualidade do ambiente de trabalho para os motoristas. E tão logo a empresa aumente sua frota, atualizará seus equipamentos com a maior e melhor tecnologia disponível no mercado [28].

11.2.5 - Cases Petroquímicas

11.2.5.1 - Braskem

A Braskem é a maior empresa petroquímica da América Latina e está entre as 5 maiores indústrias brasileiras de capital privado. As 13 fábricas localizadas em Alagoas, Bahia, São Paulo e Rio Grande do Sul produzem petroquímicos básicos, como eteno, propeno, benzeno, gasolina e GLP (gás de cozinha). A estrutura da empresa integra a primeira e segunda gerações petroquímicas e trabalha em parceria com as indústrias que utilizam essas matérias-primas. Toda a cadeia de produção, distribuição e parcerias depende de um eficiente sistema logístico, que inclui o transporte terceirizado de matérias-primas e produtos finais. A tecnologia Autotrak foi o sistema escolhido pela empresa para consolidar essa estrutura, depois que a Braskem liderou as negociações em bloco de todos os seus prestadores de serviços de transporte e logística. Além da confiabilidade e agilidade nas informações geradas pelo sistema da Autotrak, houve ganhos diretos com a redução dos roubos de cargas. Outro fator decisivo na escolha foi a inclusão do Autotrak

Caminhoneiro nas negociações. Segundo atesta o gerente corporativo de logística da Braskem, José Frederico Maciel, com esse produto foi possível aos transportadores autônomos o acesso ao equipamento de forma facilitada, sem arcar com o custo de comunicação pelo seu uso. Com os resultados positivos já alcançados, a Braskem prepara-se para ampliar o uso da tecnologia Autotrak e outros modais serão envolvidos. As ferrovias e os transportadores marítimos deverão atender os padrões da Braskem para a continuidade de suas operações [28].

11.2.6 - Cases gases industriais

11.2.6.1 - White Martins - Rio de Janeiro/RJ

A White Martins é a maior empresa de gases industriais da América do Sul, presente em 9 países do continente. Seu portfólio de produtos inclui gases atmosféricos (oxigênio, nitrogênio e argônio), gases de processo (gás carbônico, acetileno, hidrogênio, misturas para soldagem), gases especiais e medicinais, cilindros de aço sem costura e equipamentos para aplicação, transporte e armazenamento de gases. Para manter um elevado nível de serviço nas entregas e ser referência no mercado de gases industriais, a White Martins utiliza a tecnologia Autotrak em seus veículos. A empresa trabalha para o desenvolvimento constante de novas ferramentas de suporte aos sistemas de planejamento de logística e transportes. Em conjunto com a Autotrak, a White Martins desenvolveu uma ferramenta que monitora os veículos de Distribuição de Líquidos, utilizando a tecnologia Autotrak. Segundo explica o gerente de logística da White Martins, Nélio Alves, as informações operacionais e de localização dos veículos foram conjugadas aos atuais sistemas de controle de viagens, tornando mais precisos e oportunos os dados para planejamento [28].

11.2.7 - Cases empresas de navegação

O Brasil possui uma vocação natural para o transporte de cargas e pessoas pelas chamadas hidrovias. Especialmente na região norte do país, grande parte do transporte é realizado através de embarcações, que se utilizam dos rios Amazonas, Solimões, Madeira, Jupiá, Negro, dentre outros.

Existe, contudo, uma dificuldade muito grande para a comunicação nesta região. Para citarmos um exemplo, o trecho fluvial entre Belém e Manaus ocorria sem comunicação durante todo o percurso. Esta falta de comunicação além de gerar um alto risco em casos de emergência, propiciava falhas na operação como: paradas não autorizadas no caminho, redução do RPM do motor da embarcação para a venda de combustível, o que tinha como consequência um aumento do tempo de viagem além de seu custo operacional.

Após a implantação do sistema OmniSAT, a comunicação entre as empresas e as embarcações é permanente e em tempo real, além do rastreamento via satélite, permitindo às empresas reduções significativas no tempo de viagem e nos gastos com combustível. O controle de posição, além de coibir paradas desautorizadas e desvios de rota, permite saber exatamente quando a embarcação chegará ao destino, otimizando a logística, além de permitir um apoio eficiente em casos de emergência durante a viagem.

Atualmente, cerca de 20 empresas de navegação operam nesta região com o sistema OmniSAT instalado em aproximadamente 200 embarcações [28].

11.2.8 - Cases ferrovias

Há cerca de 3 anos atrás o mercado ferroviário brasileiro [28] passou por um processo de privatização sem precedentes na história e, com isto, surgiu a necessidade de transportar um maior volume de carga em menores tempos e com alto grau de confiabilidade. Entretanto, não só os equipamentos de transporte, bem como os sistemas de comunicação e controle, encontravam-se obsoletos e incompatíveis com este grande desafio.

Nesta época, as maiores malhas ferroviárias do país viram no Sistema OmniSAT a ferramenta ideal para o gerenciamento e o controle de suas frotas, quebrando um paradigma histórico do uso de comunicação por rádio nas ferrovias. O Sistema OmniSAT de comunicação de dados bidirecional se mostrou a solução correta e segura para o desenvolvimento de modernos sistemas de licenciamento de trens.

A Autotrac apoiou o desenvolvimento destes sistemas em parceria com as ferrovias FCA – Ferrovia Centro Atlântica e FSA – Ferrovia Sul Atlântico, atualmente ALL – América Latina Logística, pioneiras no uso do sistema OmniSAT em licenciamento de trens. Os

maiores benefícios alcançados neste processo foram a redução a zero do número de acidentes provocados por falhas no licenciamento, registro eletrônico de todas as mensagens transmitidas e recebidas dos trens, bloqueio automático de trechos já ocupados por outros veículos ferroviários, aumento da eficiência do uso dos trens, redução de tempos de cruzamentos de veículos e muitos outros.

Atualmente, existem cerca de 1500 locomotivas e autos de linha operando com o Sistema OmniSAT nas ferrovias ALL, CFN – Companhia Ferroviária do Nordeste, FCA, MRS e Ferrobán, correspondendo a cerca de 80% da frota nacional. Em outras palavras, o transporte ferroviário de cargas no Brasil é guiado pela velocidade e confiabilidade do Sistema OmniSAT de transmissão de dados, operado exclusivamente pela Autotrac em toda a América do Sul.

11.2.8.1 - América Latina logística

A ALL (América Latina Logística) foi fundada em março de 1997 como FSA (Ferrovia Sul-Atlântico) e nesse mesmo ano ganhou o processo de privatização da R.F.F.S.A.A. (Rede Ferroviária Federal). A partir de então, a empresa começou a operar ferrovias no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, malha sul paulista e Argentina. Foi criado assim um corredor ferroviário com mais de 15 mil km de linhas, sendo que 7 mil km só no Brasil. Para se ter uma idéia do porte da ALL, a empresa transportou 24 milhões de toneladas em 2003, sua frota é formada por 584 locomotivas, 17.500 vagões e aproximadamente 2.500 caminhões e outros veículos rodoviários.

Foi em 1997 que a ALL teve os primeiros contatos com a Autotrac. Depois de vencer as barreiras que prendiam a companhia ferroviária ao uso do rádio como sistema de comunicação, decidiu-se por equipar, de início, 120 locomotivas. Quando utilizou o Sistema da Autotrac e percebeu a falta de registros e o risco zero de erro humano, a ALL deixou de usar o aparelho nas operações ferroviárias. Assim, foi substituída a comunicação entre o maquinista e o CCO no padrão de Autorização de Utilização da Via pela formatação de macros para os licenciamentos no sistema por bloqueios, mais ágil e seguro.

Entre as diversas vantagens e benefícios que a Autotrac proporcionou à ALL, estão o monitoramento da velocidade dos trens, da temperatura da roda, da caixa de rolamento dos

vagões e da temperatura de trilhos ao longo da malha ferroviária. Identificar atrasos, evitar acidentes, manter a integridade do material rodante e ter o veículo rastreado por GPS, o que permite controle absoluto de toda a operação, também são citados pela ALL como pontos positivos do uso da Tecnologia Autotrac. Segundo afirma Raimundo Pires Martins da Costa, diretor de Operações da ALL, considera-se os produtos e serviços da Autotrac muito bons. Os equipamentos cumprem os requisitos de confiabilidade, boa qualidade e disponibilidade operacional necessária [28].

11.2.8.2 - Ferrovia Centro-Atlântica (FCA)

A Ferrovia Centro-Atlântica (FCA) é responsável pela operação da maior malha ferroviária do País, a Centro-Leste, com 7.840 km de linhas que abrangem sete estados (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Sergipe, Goiás, Bahia e São Paulo) e o Distrito Federal. A FCA pode ser considerada o principal eixo de conexão ferroviária para cargas entre as regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste. Com frota de 11.138 vagões e 468 locomotivas, transporta principalmente álcool e derivados de petróleo, produtos siderúrgicos, minérios, soja, cimento e petroquímicos.

A FCA tem 700 equipamentos da Autotrac instalados em locomotivas, ao longo da via, nas composições de manutenção e em pontos de manutenção volante. Com a tecnologia Autotrac, a concessionária reduziu os custos de operação, aumentou a produtividade, ampliou a segurança e adquiriu uma poderosa ferramenta de gerenciamento de informações. Segundo afirma o gerente do Centro de Controle Operacional (CCO) da FCA, Benício José de A. Carvalho, o sistema Autotrac facilitou a implementação dos sistemas de supervisão da FCA, possibilitando mais segurança e agilidade na circulação dos trens.

Desde o início das operações, a ferrovia utiliza a posição estratégica da sua malha ferroviária para atuar como completo sistema logístico de transporte. É interligada com as principais ferrovias brasileiras e mantém parcerias com outros modais, o que possibilita a conexão com os maiores centros consumidores do Brasil e do Mercosul. Contribui também para o escoamento da produção nacional para o mercado internacional e para a navegação fluvial e de cabotagem ao fornecer acesso aos portos de Aracaju (SE); Aratu, Juazeiro e

Salvador (BA); Vitória (ES); Santos (SP); Rio de Janeiro e Angra dos Reis (RJ); e Rio São Francisco e Pirapora (MG) [28].

11.2.9 - Cases operadores logísticos

11.2.9.1 - Cotia Penske Logistics

Segundo Mohamed Nassif, Diretor de Projetos e Informática, o importante é ter a informação da entrega da mercadoria em tempo real, e é isso que o Sistema proporciona, desde que se implementou esse controle. Tem-se um prestador de serviço, a Servitrans, com uma frota dedicada à Cotia Penske, ou seja, ele presta um serviço exclusivo, com 14 carretas, três veículos médios e cinco ou seis veículos pequenos. É uma frota usada para atender os clientes em São Paulo, principalmente nas transferências. A frota é pintada com a programação visual da Cotia Penske. A Servitrans tem o caminhão e contrata os motoristas. Trabalha-se também com transportadoras, como a Itapemirim, Mercúrio, Transvale, Araçatuba, Cometa etc.

Como se trabalha com cargas sensíveis, com alto valor agregado, tem-se a necessidade de utilização do Sistema da Autotrak pelas empresas de transporte não só por questão de segurança, mas para agilizar o prazo de faturamento para os clientes.

Assim, o prazo de entrega das mercadorias tem que ser encurtado. Precisa-se disponibilizar com grande agilidade as informações para que o cliente possa colocar o título em cobrança. Hoje em dia, isso é tão importante quanto fazer o gerenciamento de risco. Então, coloca-se algumas macros específicas da Cotia Penske e, por meio delas, monitora-se todo o processo, da entrega ao recebimento. Essas informações vão automaticamente para os clientes, sem que eles precisem esperar que o documento volte ou que tenha uma assinatura de alguém.

No caso do nosso cliente HP, por exemplo, tem-se a informação em tempo real da entrega em São Paulo. Para os clientes, antecipar um dia que seja na cobrança é um ganho muito grande. Antigamente, tinha-se que esperar vir o conhecimento de transporte para poder disponibilizar a informação. Isso demorava de 24h a 48h, dependendo da região. Começou-se a utilizar as ferramentas do Sistema da Autotrak para acompanhar todo o

abastecimento de peças, por exemplo, no Centro de Distribuição da General Motors. Isso significa abastecimento de peças em *just-in-time* no próprio CD da montadora, com monitoramento da carga em trânsito durante todo o processo, além de todo o gerenciamento de risco. O que se está implantando com intensidade é a integração da informação com o RP (contas a pagar e a receber) e com o TMS (*Transportation Management System, software* de gerenciamento das atividades de transporte de cargas). No futuro, também se utilizará o Sistema para o gerenciamento das informações de cargas expressas, inclusive para os clientes que vendem via internet.

As empresas ainda estão muito preocupadas apenas com as questões de segurança da frota e da carga. Transporte é a utilização intensiva do veículo; por isso, a maior utilização da Tecnologia Autotrak aumenta a produtividade da frota, que é o que já acontece, por exemplo, nos Estados Unidos. No Brasil, isso ainda é muito incipiente, mas deve crescer. No caso da Cotia Penske, isso deve acontecer na medida em que se amplie *milk run* (a programação precisa da coleta e da entrega de mercadorias) na General Motors, por exemplo. O Sistema pode trazer outras informações importantes, como a própria manutenção da frota. Observa-se que as empresas de transporte subaproveitam o potencial da Autotrak [28].

11.2.10 - Cases Utilities

11.2.10.1 - CEB (Companhia Energética de Brasília) - Brasília/DF

A CEB adotou o *software* desenvolvido pela Autotrak em junho de 2000 como parte do plano de unificar todo o atendimento ao consumidor em uma única estrutura informatizada. A integração foi um sucesso e, já em 2001, todos os índices que atestam a qualidade da energia elétrica fornecida melhoraram cerca de 25%. Com *software* da Autotrak, a CEB identifica, em tempo real, problemas de distribuição de energia e despacha automaticamente as equipes de manutenção em todo o Distrito Federal. Segundo declara o presidente da CEB, Rogério Villas Boas, a natureza da sua atividade faz com que seus parceiros também tenham um compromisso muito forte com a sociedade. Nesse aspecto, a Autotrak tem sido uma empresa permanentemente atenta às necessidades e, acima de tudo, compromissada com seus desafios empresariais [28].

11.2.10.2 - CEMIG

A CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais é uma das principais *utilities* de energia elétrica do Brasil, prestando atendimento em todo o estado de Minas Gerais, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais. Ciente de que o modelo de operação anterior não era adequado aos seus novos desafios, a CEMIG iniciou o chamado Projeto de Comunicação Móvel de Dados, que fazia parte do programa de reformulação e modernização da operação da empresa. As ações neste sentido previam a instalação de uma única central de atendimento ao consumidor (via DDG 0800) em Belo Horizonte e a fusão dos atuais 48 Centros de Operação Regional de Distribuição – CORD - em apenas sete.

Já em 1997, a Autotrac participou de um projeto piloto, implantando o sistema OmniSAT em 55 veículos da frota da CEMIG na região do triângulo mineiro. Os resultados obtidos foram significativos, trazendo vantagens tais como: redução do tempo de atendimento, redução de gastos com horas extras, redução do quilômetro rodado, maior interação entre os eletricitistas e a central de operações, e o acesso “*on-line*” dos eletricitistas em campo aos bancos de dados da empresa. Além disso, a conservação dos veículos e a economia de combustível foram ganhos adicionais expressivos alcançados no projeto piloto.

O novo modelo de funcionamento da operação estabeleceu um novo padrão de atendimento aos usuários de energia elétrica. A partir de uma solicitação à Central de Atendimento ao Consumidor – CAC, através de uma ligação gratuita de qualquer ponto do estado, o pedido é imediatamente inserido pelo atendente no banco de dados da CEMIG. O próprio sistema faz automaticamente a triagem, enviando para um dos sete Centros de Operação Regional de Distribuição – CORD, e dali, via-satélite, para o terminal de bordo do veículo disponível que se encontrar mais próximo do local do atendimento. O eletricitista no carro recebe a ordem de serviço, atende à solicitação e envia os dados relativos ao fechamento do serviço de volta ao Centro de Operação, tudo isto através do Sistema OmniSAT.

Além da melhoria da qualidade de atendimento ao cliente, a CEMIG prevê que haja uma economia anual da ordem de R\$7,5 milhões de reais (cerca de US\$ 4 milhões de dólares), após a completa implantação do projeto. A redução do tempo de atendimento, a otimização e maximização do uso da frota de veículos, a redução de despesas operacionais, a redução

do tempo de deslocamento e de recebimento de novos serviços, o aumento da produtividade e da segurança das equipes externas são algumas das vantagens a serem obtidas pela CEMIG e seus clientes.

A parceria firmada entre a CEMIG e a Autotrak [28] gerou investimentos da ordem de R\$8,6 milhões de reais para a instalação de 1.534 equipamentos e um custo anual incluindo os serviços de comunicação e uso de *software* da ordem de R\$ 400.000,00.

11.2.11 - Cases governo

11.2.11.1 - Zefaz-AM

A fiscalização sobre o recolhimento de tributos relativos às cargas transportadas através das rodovias brasileiras é realizada pelos fiscais das secretarias de fazenda estaduais. Face às grandes dimensões brasileiras, esta atividade torna-se bastante complexa. Os fiscais percorrem grandes distâncias dentro de seus estados, verificando a autenticidade documentos fiscais assim como a precisão dos dados declarados.

A variedade de empresas e produtos a serem fiscalizados, demanda dos fiscais em campo um grande volume de informações e apoio da base. A necessidade de comunicação e o acesso rápido e confiável a informações sobre o cadastro do contribuinte e sobre o recolhimento de impostos, fazem a diferença durante a atuação.

Dada a inexistência na Sefaz/AM de um sistema de informações com características de robustez, sigilo, velocidade de transmissão e cobertura, capaz de municiar os fiscais em campo com todas as informações necessárias para uma eficaz operação de fiscalização, observam-se as oportunidades de melhoria no aumento de produtividade na arrecadação, melhoria na qualidade das informações em campo, melhor gerenciamento nas operações programadas de fiscalização e melhoria na gestão da frota.

A solução proposta pela Autotrak está baseada na utilização da tecnologia OmniSAT de comunicação móvel de dados e rastreamento de frotas via satélite. As viaturas serão equipadas com um Terminal Móvel de Comunicação (MCT), composto de antena banda C,

GPS integrado e terminal de dados, pelo qual os fiscais em campo recebem e enviam mensagens, consultas, etc., tudo em tempo real.

Para a comunicação com os veículos (MCT), é instalado na Sefaz/AM, o *software* Supervisor. Este *software* foi concebido e desenvolvido pela Autotrac, para utilização em ambiente *Windows* multiusuário e reúne num único produto, todas as funcionalidades para gestão e operação do Sistema OmniSAT.

A interligação entre as viaturas em campo e os computadores (rede, base de dados, etc.) da Sefaz/AM é realizada pela estação terrena da Autotrac, que opera um canal exclusivo no satélite BrasilSAT. A conectividade entre os computadores da Sefaz/AM e esta estação terrena é realizada por um *link* de dados de alta velocidade - *Frame Relay*.

A integração entre o Sistema OmniSAT e as bases de dados de interesse da Sefaz/AM (Sintegra, cadastros, etc.), será realizada conjuntamente entre analistas da Autotrac e da Sefaz/AM, a fim de manter a segurança e integridade dos dados.

As principais aplicações são: consulta e atualização da base de dados a partir da viatura em campo, cadastro de contribuinte, permitir ao fiscal em campo consultar as validades das autorizações para impressão de documentos fiscais de um contribuinte, controle de mercadoria em trânsito, verificação do status do IPVA através da placa de um veículo, guia de trânsito que permite ao fiscal em campo comprovar o pagamento dos impostos e em outra localidade como posto fiscal, blitz, etc.

Os principais benefícios do projeto são o incremento de arrecadação através da inibição da infração por parte do contribuinte e pela fiscalização móvel mais eficaz e adequada a operações de trânsito, melhor gerenciamento das operações de campo e gestão da frota [28].

11.2.11.2 - Secretaria de Segurança Pública e Defesa da Cidadania do Ceará

O projeto da SSPDC-CE tem como carro chefe a integração entre as forças de segurança pública daquele estado, a saber, polícia militar, polícia civil e bombeiros. A idéia é que as três forças devem atuar conjuntamente e com informações compartilhadas, de forma que o

cidadão encaminhe suas solicitações (ocorrências) a um único ponto, que realiza a triagem do tipo de força a ser empregada. Por exemplo, em um acidente de trânsito com vítima, seriam encaminhadas viaturas da polícia militar (batalhão de trânsito), ambulâncias do bombeiro e polícia civil (perícia).

Desta forma foi criado o CIOPS – Centro Integrado de Operações de Segurança, constituído de um Call Center, um centro de despacho e um CPD, além dos comandos das três forças e da Diretoria do CIOPS.

Quando um cidadão liga para o CIOPS, sua ligação é atendida, identificada e classificada pelos atendentes do Call Center, que em seguida a enviam para o Centro de Despacho (via rede interna). Em caso de operações conjuntas, os comandos das forças se reúnem para acompanhar e operacionalizar simultaneamente o atendimento à ocorrência.

Todo o CIOPS é baseado em tecnologia de ponta, com computadores de última geração, central de atendimento telefônico moderna e o Sistema OmniSAT como ferramenta de localização (via GPS), comunicação móvel de dados e diversas outras aplicações, como o rastreamento no qual com o Sistema OmniSAT no CIOPS, tanto o atendente telefônico como o despachante, possuem mapas digitalizados com a posição dos veículos mais próximos a cada ocorrência além dos percursos utilizados pela viatura durante seu turno de trabalho, Despacho Integrado de ocorrências para as viaturas, eletrônico e integrado e a consulta à base de dados a partir da viatura em campo.

Todas estas facilidades disponíveis pelo Sistema OmniSAT da AUTOTRAC, têm ainda como grande diferencial a cobertura em todo a América do Sul, o sigilo das comunicações, a velocidade do tráfego de dados, a robustez e qualidade dos equipamentos (desenhados originalmente para as forças armadas americanas), o baixo custo, e a rapidez para implantação. Atualmente, a SSPDC-CE possui 150 viaturas equipadas com o sistema OmniSAT.

Em todo Brasil existem cerca de 8.000 viaturas de polícias equipadas com o sistema OmniSAT e potencial de 20.000 unidades em todo o país [28].

11.3 - GERENCIAMENTO LOGÍSTICO

O sucesso ou não de um produto ou serviço no mercado está muitas vezes relacionado à administração logística. Um sistema de logística eficiente proporciona rapidez e custo baixo na prestação de um serviço ou venda de um produto. Apesar de não ser um ativo que pode ser mensurado, a logística de uma empresa agrega vantagens por possibilitar a capacidade de vender seus produtos a um custo menor ou proporcionar um nível mais elevado de atendimento ao cliente.

O setor de transporte é uma das principais atividades da administração logística. Afinal, o segmento ocupa uma posição única, pois reduz as resistências de tempo e espaço para a produção de mercadorias e serviços. Sem o transporte, a atividade humana organizada seria impossível. Com o uso da tecnologia OmniSAT da Autotrak, empresas do segmento de transporte rodoviário, hidroviário e ferroviário de cargas beneficiam-se das informações em tempo real fornecidas pelo sistema para aprimorar a administração logística. Ao monitorar a carga de ponta-a-ponta, do embarque à entrega ao consumidor final, é garantida mais eficiência e agilidade no transporte.

11.3.1 - O que é gerenciamento logístico

A atividade logística é um processo que envolve várias etapas: planejamento, implementação e controle do fluxo e armazenamento de produtos e gerenciamento de informações desde o ponto-de-origem até o ponto-de-consumo. No segmento de transportes, o gerenciamento logístico é o "cérebro" das operações, pois cada etapa é conduzida para obter o aproveitamento máximo dos recursos envolvidos.

Ao adotar ferramentas de gerenciamento logístico é possível evitar perdas, otimizar prazos e viagens e ajustar os ciclos operacionais de transporte às exigências do mercado. A tecnologia Autotrak oferece uma série de soluções práticas na área de gerenciamento logístico que estão integradas ao rastreamento automático e contínuo da frota. Permite o monitoramento da carga do embarque à entrega.

11.3.2 - Características de gerenciamento logístico

Integra o rol de atividades da administração logística, o serviço ao cliente, o processamento de pedidos, comunicações de distribuição, controle de inventário, previsão de demanda, tráfego e transporte, armazenamento e estocagem, localização de fábrica e armazéns/depósitos, movimentação de materiais, suprimentos, suporte de peças de reposição e serviços, embalagem, reaproveitamento e remoção de refugo e administração de devoluções.

A tecnologia da Autotrak é utilizada por uma das principais atividades da administração logística: o setor de transporte. Empresas desse segmento nos modais rodoviário, ferroviário e hidroviário recorrem ao sistema Autotrak para garantir os indicadores de performance em logística estabelecidos pelo mercado e para otimizar os resultados das suas operações.

11.3.3 - Vantagens operacionais do gerenciamento logístico

- Controle total dos ciclos operacionais da empresa com garantia de otimização de recursos;
- Fim dos desvios de rotas;
- Acompanhamento dos tempos de carga e descarga;
- Solução simultânea dos problemas de manutenção;
- Monitoramento dos tempos de parada do motorista;
- Padronização, qualidade e pontualidade;
- Integração com roteirizadores.

11.3.4 - Vantagens financeiras do gerenciamento logístico

- Menor tempo de carga e descarga;
- Maximização do quilômetro carregado;
- Menores gastos com manutenção e combustível;
- Redução da hora parada e dos prêmios de seguro;
- Fim/diminuição de despesas em função dos riscos de acidentes, roubos e assaltos;
- Fim dos telefonemas interurbanos;
- Otimiza a frota com oportunidades de novos negócios na viagem (frete-retorno).

11.4 - GERENCIAMENTO DE RISCO

A tecnologia Autotrak oferece uma série de soluções práticas para gerenciamento de risco, o que garante mais segurança para veículos e cargas. O equipamento foi testado e adotado por diversas empresas do mercado, que comprovaram a eficácia da tecnologia na prevenção de furtos, roubos e assaltos. O sistema, que também é uma peça fundamental na recuperação de cargas roubadas, trabalha integrado ao rastreamento automático e contínuo da frota.

11.4.1 - O que é gerenciamento de risco

Gerenciamento de risco é o conjunto de ações necessárias para minimizar, ou mesmo impedir, o risco que determinado evento negativo ocorra durante uma operação, como o transporte de uma mercadoria. Esse gerenciamento é executado por meio de procedimentos operacionais, administrativos e de sigilo das informações. Além disso, requer o uso adequado de sistemas de monitoramento/rastreamento e de comunicações inteligentes; pronto atendimento; escolha criteriosa e instalação correta de equipamentos; manutenção preventiva e corretiva; recursos humanos treinados e muito mais.

No segmento de transporte de cargas - especialmente no modal rodoviário - gerenciamento de risco e segurança são dois conceitos que andam lado a lado. No Brasil, particularmente, onde os roubos a caminhões fazem parte do cotidiano das estradas, o gerenciamento de risco é vital para o segmento. As soluções oferecidas pela Autotrak nessa área atendem a todas as definições acadêmicas de gerenciamento de risco e estão integradas ao rastreamento automático e contínuo da frota.

11.4.2 - Características do gerenciamento de risco

O sistema da Autotrak utiliza ferramentas que possibilitam o gerenciamento de risco de frotas de empresas do segmento de transporte de cargas nos modais rodoviário, ferroviário e hidroviário interessadas em realizar o monitoramento constante de suas frotas e garantir a segurança das operações.

12 - A TECNOLOGIA

O Sistema OmniSAT é baseado em tecnologia de ponta, utilizando comunicação via satélite digital CDMA (*Code Division Multiple Access*), também desenvolvido pela *Qualcomm Incorporated*, e largamente utilizado em outras aplicações, como telefonia celular.

Por ter sido projetado originalmente para o uso militar, o Sistema OmniSAT é extremamente robusto e confiável, sendo próprio para utilização embarcada em condições adversas.

Desde sua criação até hoje, o sistema vem sendo constantemente atualizado, com novas versões de *hardware* e *software*, sempre mantendo a sua compatibilidade, de forma a proteger o investimento de seus clientes.

A Autotrac, líder em tecnologia aplicada à logística e segurança de transporte e serviços, opera, desde 1994, o sistema OmniSAT, desenvolvido pela *Qualcomm Incorporated*, empresa norte-americana líder mundial no desenvolvimento de produtos e serviços de telecomunicações sem fio (*wireless*).

As funcionalidades da tecnologia Autotrac na comunicação de dados, gerenciamento logístico e gerenciamento de risco são utilizadas por diversas empresas nos modais Rodoviário, Ferroviário, Hidroviário, Indústrias(embarcadores), Operadores, Gerenciadoras de risco, *Utilities* (concessionárias de energia elétrica, empresas de telefonia e de água e saneamento e TV a cabo), Órgãos públicos (Secretarias de Fazenda, Secretarias de Segurança Pública, Departamentos de Trânsito, Ibama, Inmet e etc.).

O envio e recebimento de mensagens, localização por posicionamento, controle e monitoramento do veículo e consulta remota a banco de dados fazem do sistema uma ferramenta única nas atividades de logística e gerenciamento de risco. Graças às características e funcionalidades, a tecnologia Autotrac tornou-se um sucesso. O sistema é adotado por empresas e órgãos públicos de todo o país que buscam um meio eficiente para realizar acompanhamento de frotas, cargas e operações em campo.

12.1 - TECNOLOGIA CDMA

A tecnologia chave para o funcionamento do sistema Autotrak é a CDMA (Tecnologia Digital de Acesso Múltiplo por Divisão de Código - *Code Division Multiple Access*). Criada pela *Qualcomm Incorporated*, a tecnologia revolucionou o curso da história das comunicações sem fio (*wireless*). O código é a base do desenvolvimento de uma nova geração de produtos e serviços digitais.

Por meio da tecnologia CDMA, é possível enviar uma grande quantidade de dados em um tempo muito menor. Essa característica na transmissão de dados, aliada às questões de sigilo e confiabilidade, garante a qualidade de comunicação para todos os usuários da tecnologia no Brasil e no mundo. A evolução contínua do sistema é promovida com o trabalho conjunto da Qualcomm e da Autotrak no desenvolvimento de novas tecnologias e nas constantes atualizações do sistema.

12.2 - SATÉLITE BrasilSAT/PanAmSAT

Para garantir a plena funcionalidade de sua operação, a Autotrak dispõe de *transponders* exclusivos nos satélites BrasilSAT e PanAmSAT. É por meio desses canais que todas as mensagens dos clientes da Autotrak são transmitidas. Isso garante diferencial em *performance*, velocidade e na extensa área de cobertura.

A utilização desses *transponders* exclusivos agrega uma série de vantagens para os usuários finais, como a transmissão e recebimento de informações em tempo real; uso exclusivo para clientes da Autotrak, sem concorrência com transmissões ou sinais de outras empresas e/ou fontes; sigilo total e segurança das informações transmitidas; extensa área de cobertura e ausência de interferências e/ou de possíveis dificuldades de comunicação causadas pela presença de acidentes geográficos (montanhas, florestas), condições climáticas adversas (mau tempo, tempestades), áreas de sombras e ruídos. Os usuários de veículos equipados com a tecnologia Autotrak usufruem de diferenciais tecnológicos que fizeram da Autotrak a empresa referência no setor.

12.3 - GPS

O GPS (*Global Positioning System* - Sistema de Posicionamento Global) foi desenvolvido pelas Forças Armadas Norte-Americanas e é composto por um conjunto de 24 satélites que percorrem a órbita da Terra a cada 12 horas. O sistema permite que dispositivos eletrônicos chamados GPS *Receivers* (Receptores GPS) sejam convertidos de sinais de satélites para posicionamentos. Isso permite a localização geográfica de qualquer objeto no globo terrestre com uma precisão em cerca de cinco metros.

12.4 - CENTRAL DE COMUNICAÇÃO (HUB)

O cérebro da operação da tecnologia Autotrak está localizado na matriz da empresa, em Brasília. Em uma área de 310 m², a Central de Comunicação, ou HUB, abriga todos os equipamentos de comunicação que estabelecem a *interface* entre o cliente da Autotrak e os veículos equipados com a tecnologia e monitorados via satélite.

Em funcionamento 24 horas por dia, 07 dias por semana, a Central de Comunicação é totalmente automatizada. O controle é feito por dois servidores, com capacidade de processamento de mais de 10 milhões de mensagens diariamente.

A Central opera os canais exclusivos da Autotrak com os satélites BrasilSAT e PanAmSAT e controla a qualidade dos sinais emitidos, efetua medições do sistema, realiza testes remotos nos equipamentos de comunicação dos veículos (MCT), além de desenvolver novas tecnologias de *interface*.

Com equipamentos de última geração, a central mantém o maquinário em duplicidade e até triplicidade. Dois *no-breaks* e dois grupos motor/gerador garantem autonomia total de funcionamento no caso de problemas com o fornecimento de energia pela rede pública.

Para coordenar e operacionalizar toda essa estrutura, a Central de Comunicação da Autotrak conta com uma equipe técnica disponível em tempo integral, composta por engenheiros, técnicos e operadores que asseguram o pleno funcionamento da tecnologia.

12.5 - COMO FUNCIONA A TECNOLOGIA AUTOTRAC

A tecnologia Autotrak é composta, basicamente, por dois itens: o *hardware* embarcado nos veículos e *software* inteligente, instalado na base de operações do cliente. O *hardware*, chamado também de eletrônica embarcada, é composto pelo MCT (*Mobile Communication Terminal* - Terminal de Comunicação Móvel) do qual fazem parte o terminal dados e a antena de comunicação via satélite com GPS integrado. Além disso, o sistema comporta o OBC, para aplicações de segurança, e uma série de sensores e atuadores instalados de acordo com o perfil de risco do cliente.

O *software* inteligente SuperVisor permite que o setor de transportes e/ou operacional da empresa seja responsável pelo gerenciamento das atividades de monitoramento, rastreamento e comunicação com a frota. Desenvolvido integralmente pela equipe de programadores da Autotrak e rodando em plataforma *Windows*, o Supervisor é totalmente customizável, sendo passível de integração com outros sistemas utilizados pelo cliente. Além disso, o *software* traz toda a expertise logística e de gerenciamento de risco, adquirida ao longo dos anos de experiência da Autotrak no mercado brasileiro.



Figura 12.1 - Topologia da rede de comunicação OmniSAT.

12.6 - ELETRÔNICA EMBARCADA

12.6.1 - O MCT

O equipamento instalado no veículo é chamado de MCT (*Mobile Communication Terminal*). O MCT é composto por um terminal de fácil uso, onde o usuário lê e envia suas mensagens e por uma antena de transmissão via satélite com um GPS (*Global Positioning System*) integrado.

Uma parte vital do sistema OmniSAT é o que chamamos Terminal de Comunicação Móvel Integrado (MCT). Ele é um equipamento de comunicação digital, bidirecional, via satélite, que utiliza a Banda C e Banda Ku.

Projetado com especificações militares, o que garante sua durabilidade e robustez, é ele que viabiliza a comunicação entre os veículos e a empresa, podendo ser instalado em veículos médios, caminhões, barcos, trens etc. Além dessa aplicação primária, ele também pode ser utilizado para sensoriamento remoto, funcionando como *interface*, através de sua porta serial.

O MCT é dividido em dois módulos principais: Antena Banda C ou Banda Ku com GPS integrado e o terminal (teclado/tela). Controlado por um microprocessador e circuitos que codificam e decodificam as mensagens, o MCT possui uma memória volátil e uma memória estática, com capacidade de armazenamento de até 100 mensagens; 63 macros (formulários eletrônicos) de envio e outros 63 macros de retorno, além de planos de frequência e parâmetros de configuração.

A Antena Banda C ou Banda Ku com GPS integrado permite a comunicação do veículo com o Sistema OmniSAT. Para se obter uma melhor *performance* do sistema, combinam-se as técnicas de modulação *Frequency Hopping*, TDMA e CDMA (*spread spectrum*). Já o receptor GPS torna possível a determinação exata da localização de um ponto fixo ou em movimento, com precisão de aproximadamente 50 metros, permitindo assim o monitoramento do veículo em qualquer lugar da América do Sul. O terminal é composto por um teclado e uma tela de cristal líquido integrados.



Figura 12.2 - O MCT.

O Terminal de Comunicação Móvel (MCT) tem capacidade de suportar variadas condições de temperatura, trepidações, quedas e até tentativas intencionais de quebra. Pode ser instalado em caminhões, ônibus, veículos médios (utilitários e caminhonetes), embarcações e ferrovias. O uso combinado de técnicas de modulação proporciona rápida conexão com cada um dos satélites e melhora ainda mais o desempenho do sistema.

Acessórios como impressoras, *paggers*, *palm tops*, *hand helds*, leitores óticos e computadores de bordo – OBC, podem ser utilizados juntamente com MCT, disponibilizando ainda mais vantagens para os clientes.

12.7 - PRINCIPAIS ACESSÓRIOS DISPONÍVEIS COMERCIALMENTE

12.7.1 - OBC



Figura 12.3 - Computador de Bordo.

Desenvolvido pela Autotrak, o OBC (Computador de Bordo - *On Border Computer*) é um equipamento voltado para aplicações de segurança e utilizado principalmente por empresas que precisam de ferramentas de gerenciamento de risco.

O OBC gerencia sensores e atuadores que informam aos clientes, em tempo real, o status do veículo e de alguns componentes. É possível, por exemplo, saber se as portas estão abertas ou fechadas, se a carreta está engatada ou desengatada, se o motor está ligado ou desligado e qual a temperatura do baú, entre outros.

O computador de bordo permite também que o cliente programe os procedimentos a serem adotados pelo sistema em situações de exceção. Os atuadores entram em ação quando algum sensor informa alterações dos parâmetros pré-estabelecidos, como velocidade máxima excedida, portas do baú abertas sem autorização do operador na empresa, variações de temperatura indesejáveis etc.

Com o OBC, é possível programar ações para quando algum componente do caminhão for violado, como parar o veículo, acionar sirenes e setas, enviar mensagens automáticas de emergência e imobilizar a carreta, entre outros. Essa possibilidade propicia flexibilidade na aplicação do produto para gerenciamento de risco.

12.7.2 - Sensores

Os sensores são os equipamentos responsáveis pelo monitoramento constante do veículo. Eles registram todas as variações de status ocorridas durante o percurso e comunicam ao OBC as ocorrências não programadas. Na tentativa de violação desses parâmetros, o operador na base de operações do cliente é imediatamente avisado e toma as medidas cabíveis.

Há vários tipos de sensores disponíveis e a alternativa de desenvolver novas aplicações sob demanda. A seguir veremos os principais sensores comercializados pela Autotrac.

12.7.2.1 - Sensor de ignição

Informa variações do estado da ignição (ligado/desligado).

12.7.2.2 - Sensor de velocidade

Mede as variações de velocidade durante o percurso. No caso de excesso de velocidade, pode imediatamente ativar um atuador e/ou comunicar a central do cliente. É configurável.

12.7.2.3 - Sensor de violação do sistema

Detecta imediatamente qualquer tentativa de violação do sistema, acionando uma série de atuadores contra eventuais sinistros. É ativado sem necessidade de intervenção do motorista ou da base de operações do cliente.

12.7.2.4 - Sensor de porta do baú

Detecta a abertura não autorizada da porta do baú.

12.7.2.5 - Sensor de temperatura

Extremamente recomendado no transporte de cargas frigoríficas. Monitora e informa constantemente a temperatura do baú. Caso esteja fora dos padrões por um determinado período de tempo, o sensor alerta o motorista e/ou o operador.

Sensor de carona: detecta o ingresso não autorizado de pessoas na cabine do veículo.
Sensor de desengate de carreta: informa quando a carreta é desengatada do veículo de forma não autorizada. Pode automaticamente ativar alarmes, sirenes, imobilizar a carreta e até bloquear o veículo.

12.7.3 - Atuadores

Os atuadores são os mecanismos que interferem diretamente no funcionamento do veículo. Podem ser ativados automaticamente pelo sistema, por meio do OBC, ou pelo operador na empresa, sempre que ocorrer um evento não programado.

Há vários tipos de atuadores disponíveis e a possibilidade de desenvolver novas aplicações sob demanda.

A seguir veremos os principais atuadores comercializados pela Autotrac.

12.7.3.1 - Bloqueio do veículo

Bloqueia o veículo de forma definitiva (até que o operador cancele o comando) ou por um determinado período de tempo.

12.7.3.2 - Trava do baú

Trava as portas do baú do veículo e pode ser ativada ou não a partir da base de operações do cliente.

12.7.3.3 - Sirenes

Ativa as sirenes do veículo.

12.7.3.4 - Imobilizador de veículo

Imobiliza a carreta e não permite o engate de outro cavalo mecânico não autorizado. Utilizado como alternativa de segurança em caminhões equipados com freio estacionário.

12.7.3.5 - Chave de portas

Aciona o travamento e o destravamento das portas do baú.

12.7.3.6 - *Code*

Dispositivo de segurança que impede o engate e o desengate não autorizado do conjunto cavalo-mecânico/carreta. Evita uma prática comum de roubo de carga na qual o conjunto é desatrelado e outro cavalo mecânico leva a carreta. Assegura controle contra vandalismo e engate parcial e reduz o risco de acidentes.

12.7.3.7 - Kit acionamento para válvulas de tanque de combustível

Desenvolvido especialmente para o mercado de transportadoras de combustíveis. Impede o roubo e a adulteração desse tipo de carga ao controlar a abertura e o fechamento das válvulas que travam o tanque de combustível.

12.7.4 - Periféricos

O MCT permite que outros periféricos, como impressoras, *paggers* e leitores de códigos de barra, sejam integrados sem prejudicar o desempenho do sistema. Essa funcionalidade torna a tecnologia ainda mais eficiente para a dinâmica das operações dos clientes.

A frota de um departamento de trânsito equipada com a tecnologia Autotrak integrada a uma impressora, por exemplo, permite que o agente emita multas no local da infração e dentro do próprio veículo.

Outras possibilidades são a impressão de notas fiscais, o envio de mensagens para *paggers*, controle de estoque por meio de leitura do código de barras de um determinado produto, entre outros.

12.8 - SOFTWARE INTELIGENTE

O Supervisor é o *software* desenvolvido para atender a todas as necessidades dos usuários do Sistema OmniSAT. Reúne em um só aplicativo todas as funcionalidades para operação do sistema, garantindo confiabilidade e segurança, em um ambiente gráfico de fácil operação.

Adiante, no capítulo sobre produtos e serviços, veremos com detalhe o *software* Supervisor nas modalidades *Client* ou *Desktop* com instalação local no ambiente do cliente, WEB instalada nos servidores da Autotrak e acessada via Internet pelo cliente e Telemetria que é a versão web responsável pelo gerenciamento das informações de velocidade, RPM e Temperatura.

13 - PRODUTOS E SERVIÇOS AUTOTRAC

13.1 - CATEGORIAS DOS PRODUTOS E SERVIÇOS AUTOTRAC

A Autotrak oferece seus produtos e serviços em três categorias:

a) AUTOTRAC SATÉLITE

Sistema de comunicação móvel de dados e rastreamento de veículos baseado em tecnologia via satélite, com cobertura nacional destinado a pessoas jurídicas com frota própria e/ou terceirizada;

b) AUTOTRAC CAMINHONEIRO

Sistema de comunicação móvel de dados e rastreamento de veículos criado para atender as necessidades dos caminhoneiros autônomos e das empresas de logística e transporte que os contratam, tendo como base a mesma tecnologia do Autotrak Satélite;

c) AUTOTRAC FROTISTA

Sistema de comunicação móvel de dados e rastreamento de veículos criado para atender as necessidades de pequenos frotistas, geralmente aqueles caminhoneiros autônomos que adquiriram outro caminhão e podem chegar a uma frota em torno de 10 caminhões. Tem como base a mesma tecnologia Autotrak Satélite;

d) AUTOTRAC CELULAR

Sistema de comunicação móvel de dados e rastreamento de veículos que utiliza tecnologia celular, indicado para empresas de transporte e logística com atuação em perímetro urbano.

e) AUTOTRAC DTAXI

Sistema de comunicação móvel de dados e despacho de corridas para frotas de táxi. Utiliza *software* específico para a operação de despacho de dados e como tecnologia embarcada utiliza a mesma tecnologia Autotrak Celular.

f) AUTOTRAC AUTO

Sistema de localização e bloqueio de veículos que utiliza a tecnologia celular. Simples e compacto é indicado para empresas de transporte com menor valor agregado e/ou como tecnologia de redundância em veículos já rastreados. Não permite a troca de mensagens.

Os produtos que a Autotrac comercializa nas categorias Autotrac Satélite, Autotrac Caminhoneiro e Autotrac Frotista têm por base equipamentos de comunicação MCTs (Terminal de Comunicação Móvel) da Qualcomm. Os produtos Autotrac Celular e Autotrac Dtaxi têm por base equipamentos de comunicação UCCs (Unidade de Comunicação Celular) desenvolvidos pela própria Autotrac. O produto Autotrac Auto tem por base equipamentos de comunicação UCVs (Unidade de Comunicação Veicular), também desenvolvidos pela própria Autotrac.

13.1.2 - Autotrac Satélite

O Autotrac Satélite, lançado comercialmente em abril de 1994, é o principal produto da Companhia. Indicado para empresas de transportes e prestação de serviços em campo, o produto é utilizado para comunicação bidirecional de dados, gerenciamento logístico, sendo utilizado para monitorar e controlar eventos de viagem, dessa forma contribuindo para que os indicadores de desempenho e segurança da frota possam ser gerenciados passo-a-passo.

13.1.2.1 - Vantagens

As principais vantagens para as transportadoras que utilizam o Autotrac Satélite são:

- Canais de satélites exclusivos, evitando concorrência com transmissões ou sinais de outras empresas e/ou fontes, permitindo a transmissão e recebimento de informações com maior velocidade;
- Sigilo e segurança das informações transmitidas;
- Extensa área de cobertura e redução de interferência e ou possíveis dificuldades de comunicação causadas por acidentes geográficos, condições climáticas adversas, áreas de sombras e ruídos;

- Gerenciamento do planejamento e dos indicadores de transporte;
- Maior controle dos ciclos operacionais de transporte e otimização da cadeia de abastecimento;
- Incremento do quilômetro carregado e redução da ociosidade;
- Redução dos tempos de carga e descarga;
- Otimização do frete-retorno;
- Rastreabilidade e integração das informações de transporte;
- Suporte em tempo real para as atividades de campo;
- Programação das áreas de risco e cercas eletrônicas;
- Redução dos desvios de rota;
- Percepção de situações de risco e emergências e atuação remota;
- Localização através do GPS;
- Gerenciamento das atividades do motorista;
- Redução do custo total da logística de transporte.

13.1.3 - Autotrak Caminhoneiro

O Autotrak Caminhoneiro foi lançado comercialmente em abril de 2004 e foi desenvolvido especialmente para os caminhoneiros autônomos, categoria responsável pelo transporte de aproximadamente 50% da carga movimentada no País.

A maior parte das empresas contratantes de serviços de caminhoneiros autônomos - geralmente transportadoras - exige que os veículos sejam rastreados para atender os indicadores de desempenho em logística e os requisitos de segurança estabelecidos para o transporte de cargas, que muitas vezes só permitem o transporte com rastreamento. Nesse cenário, o caminhoneiro autônomo precisa se adequar à demanda do mercado, e a Autotrak desenvolveu um produto que atende às necessidades desse profissional.

O Autotrak Caminhoneiro tem todas as funcionalidades oferecidas pelo Autotrak satélite. A diferença é que o produto foi adaptado às necessidades específicas dos caminhoneiros, principalmente quanto ao custo com o sistema, o autônomo também pode oferecer ao embarcador ferramentas para gerenciamento logístico e de risco e comunicação de dados.

13.1.3.1 - Vantagens

As principais vantagens para o caminhoneiro autônomo que utiliza Autotrak Caminhoneiro são:

- Condições de transportar maior valor agregado, o que significa mais fretes e melhor remuneração pelo trabalho;
- O caminhoneiro adquire apenas o equipamento de comunicação e rastreamento, de forma facilitada por planos especiais de financiamento;
- Não é necessário arcar com os custos de comunicação via satélite, que serão pagos sempre pelas empresas que contratam os seus serviços;
- Obtenção de descontos no valor do seguro do veículo equipado;
- O caminhoneiro pode ser localizado e contratado por todas as transportadoras clientes da Autotrak através do Site Caminhoneiro, desenvolvido e mantido pela Companhia.

Para as transportadoras que utilizam o Autotrak Caminhoneiro, este sistema também apresenta muitas vantagens, entre elas:

- A transportadora não precisa adquirir o equipamento de comunicação e rastreamento;
- Comunicação entre o rastreamento de todos os caminhões de autônomos agregados à sua frota;
- Garantia dos mesmos padrões de qualidade e produtividade adotados pela empresa para os veículos próprios, tanto para logística de transporte quanto para o gerenciamento de risco;
- Acesso ao banco de dados do site caminhoneiro (www.autotrak.com.br), que dispõe do cadastro de todos caminhoneiros autônomos equipados com tecnologia Autotrak;
- Fácil localização e contratação dos caminhoneiros autônomos equipados com o Autotrak Caminhoneiro por meio do site caminhoneiro;
- Pagamento do custo de comunicação do caminhoneiro contratado apenas referente ao período de prestação de serviço.

13.1.3.2 - Site Autotrac Caminhoneiro

O Site Autotrac Caminhoneiro foi criado para que embarcadores e empresas de transporte de todo o país possam contratar *on-line* veículos de autônomos equipados com o Autotrac Caminhoneiro. Através do site, é possível localizar os veículos disponíveis com as características necessárias para atender as demandas de transporte da empresa e se comunicar com eles, convidando-os para trabalhar e fazer parte da sua operação.

Os usuários que contêm a tecnologia Caminhoneiro ficam disponibilizados aos embarcadores e transportadores através do site caminhoneiro, onde o embarcador e transportador, através de seu acesso ao site, poderá visualizar os MCTs disponíveis no site.

O Site Caminhoneiro disponibiliza informações de pesquisa para os embarcados e transportadores por Veículo, MCT e Placa. Essas informações ficam disponíveis 24hs quando o MCT não está agregado a alguma conta de comunicação.

As informações pesquisadas dos veículos por localidade pelo embarcador ou transportador terão informações completa do veículo e motorista que adquiriu o projeto caminhoneiro junto a Autotrac.

Segue algumas informações que o site disponibiliza para os embarcadores e transportadores que estão consultando:

- N° do MCT: Número do equipamento instalado no veículo;
- Tipo de Veículo: cavalo, passeio, furgão, van, picape, toco ou truck;
- Tipo de Carroceria: Baú (furgão), carga seca, gaiola, tanque, graneleiro, container, frigorífico, basculante, canavieiro, florestal, guindaste, silo, cegonha e sem carroceria;
- Ano: Ano de fabricação do veículo;
- Status: Disponível ou previsão de disponibilidade;
- Localização: America do Sul;
- Detalhes do Veículo:
 - a. Proprietário do MCT: Nome do proprietário atual;

- b. Motorista: Dados sobre o motorista;
 - c. Veículo: Dados sobre o veículo;
 - d. Carreta: Placa e Chassi;
 - e. OBC: Versão do OBC e Periféricos;
 - f. Disponibilidade: Data, hora e destino;
- Histórico de Contratações: Contratante, nº de contratações, telefone de contato e ultima contratação. No histórico de contratações, o embarcador e transportador poderão visualizar a data/hora da inclusão, data/hora de exclusão e tempo de permanência na conta de comunicação que o mesmo trabalhou.

O Site Caminhoneiro além de proporcionar todas essas informações ao embarcador e transportador, traz a vantagem de proporcionar ao trabalhador autônomo uma oportunidade de trabalho no mercado de frete e ser visualizado e convidado através do site por diversas empresas brasileiras na America latina.

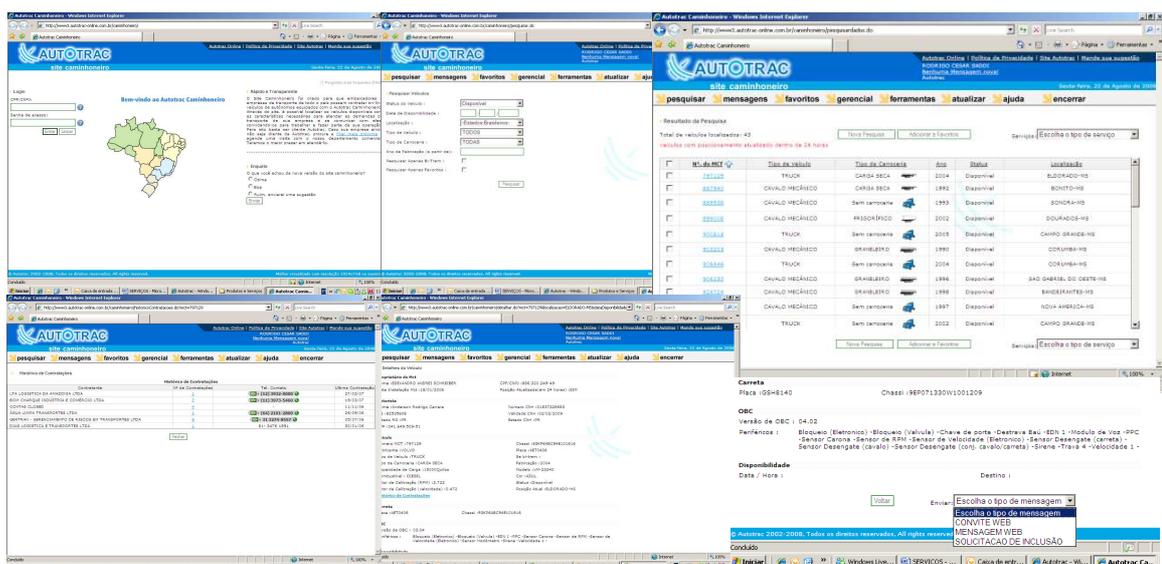


Figura 13.1 - Imagens do Site Caminhoneiro com tela inicial, pesquisa de veículos, consulta de mensagens e informações, histórico de contratações e opção de envio para contratação.

13.1.4 - Autotrak Frotista

O Autotrak Frotista foi lançado comercialmente em outubro de 2007. O número de caminhões no país gira em torno de 2.500.000 (dois milhões e quinhentos mil) de caminhões, sendo que 50% estão na mão de transportadoras e os outros 50% na mão de caminhoneiros autônomos. Com a expertise adquirida do funcionamento do Autotrak

Caminhoneiro, observou-se que a classe de caminhoneiros autônomos pode ser dividida em duas: os que dirigem seu próprio caminhão, e aqueles que na verdade são conhecidos como frotistas. Estes são os proprietários de um ou mais caminhões e que na maioria dos casos não fazem mais viagens, ficam apenas gerenciando os fretes e controlando os seus motoristas.

O produto Autotrak Caminhoneiro comentado anteriormente atende perfeitamente a classe que dirige seu próprio caminhão, contudo os frotistas gostariam de ter mais serviços disponíveis, como por exemplo, a possibilidade de enviar mensagens, comandos e visualizar a posição exata dos seus veículos. E o mais importante, estão dispostos a pagar pelos serviços adicionais.

Foi observado também que os veículos que fazem parte do AC (Autotrak Caminhoneiro), quando estão disponíveis, não geram nenhuma receita para empresa. Nesse contexto, observou-se a necessidade de criar um perfil de cliente onde o mesmo possa atender a sua demanda de comunicação e com isso aumentar a receita da organização nos produtos agregados ao Autotrak Caminhoneiro.

O objetivo principal é dar a liberdade para que o Frotista possa se comunicar com seu veículo a qualquer momento, estando disponível ou não, a partir do Site do Autotrak Caminhoneiro.

- O principal produto deste projeto é permitir que os clientes com o perfil “frotista” enviem e recebam mensagens, recebam alertas de botões de pânico, bloqueiem e desbloqueiem o(s) seu(s) veículo(s), peçam posição adicional visualizando a posição exata (com status da ignição) quando o veículo estiver na conta da Autotrak, ou seja, disponível, através do Site do Autotrak Caminhoneiro.

13.1.4.1 - Características permitidas

- Enviar e receber mensagens 24 horas por dia independente da conta em que o caminhão se encontrar, inclusive receber o aviso de botão de pânico caso ele seja acionado;
- Visualizar todos os convites de frete que seu veículo receba;

- Bloquear e desbloquear o caminhão sempre que o mesmo se encontrar “disponível” na conta da Autotrak;
- Visualizar e receber a localização exata do veículo, sempre que o caminhão estiver "disponível" na conta da Autotrak, de hora em hora, nas paradas, em cada troca de mensagem com seu motorista, sempre com o status da ignição “on” ou “off”;
- Pedir uma posição extra sempre que necessário;
- Visualizar as 10 últimas posições, bem como o trajeto percorrido pelo mesmo;

13.1.4.2 - Vantagens para o frotista

- Melhor controle sobre seu veículo (tranquilidade, paz, e maior segurança);
- Ampliação do poder e a velocidade de decisão;
- Economia de diversos custos operacionais (telefone, km rodado fora de rota, km rodado vazio, hora parada indevida, e etc.);
- Continua mantendo as principais vantagens do Autotrak Caminhoneiro:
 - O caminhão fica disponível para centenas de Transportadoras e Embarcadores em todo o Brasil;
 - Pode fazer uso da Central de Frete através do 0800 da Autotrak que tem ajudado centenas de autônomos todos meses a conseguir fretes e rodar menos vazio;
 - Participar das promoções indicação e fidelidade.
- Desenvolvido sob demanda para o mercado de pequenos frotistas;
- O site possibilita que o proprietário dos veículos equipados com a tecnologia Autotrak possa se comunicar com seus motoristas e rastrear seus veículos quando estes não estiverem alocados ou trabalhando para nenhuma empresa de transporte;
- Sempre que determinado veículo não estiver associado à conta de comunicação e rastreamento de qualquer cliente Autotrak, o próprio proprietário do veículo pode gerenciar sua frota, usufruindo das vantagens e responsabilidades da gestão logística e de risco dos seus veículos, visando incremento de produtividade, principalmente nos momentos em que o veículo não está agregado a nenhum contratante de serviços de transporte;

- Quando os veículos estiverem em "serviço", trabalhando na conta de alguma transportadora, a única opção disponível será enviar e receber mensagens do seu MCT; é bom ressaltar que neste momento será impossível visualizar o posicionamento do veículo ou enviar comandos para o mesmo;
- O usuário FROTISTA somente consegue visualizar a posição de seu veículo, e enviar comandos de bloqueio, quando este veículo se encontrar "disponível" na conta da Autotrak.
- Quando o veículo estiver em "serviço" na conta de algum cliente o usuário FROTISTA não consegue enxergar a posição do veículo, ou mesmo enviar comandos, a única operação disponível neste momento será trocar mensagens com o seu MCT.
- Os custos desta mensagens e seus caracteres serão do cliente Autotrak Frotista de acordo com a tabela vigente de comunicação satelital.

De	Assunto	Para	Data	Status
NELSON PIQUET SOUTO MAIOR	PEDIDO DE POSIÇÃO EXTRA	967210	11/10/07 09:20	Enviada
NELSON PIQUET SOUTO MAIOR	MENSAGEM FROTISTA WEB	967210	11/10/07 08:51	Recebida
NELSON PIQUET SOUTO MAIOR	MENSAGEM FROTISTA WEB	967210	11/10/07 08:47	Recebida
NELSON PIQUET SOUTO MAIOR	MENSAGEM FROTISTA WEB	967210	11/10/07 08:37	Recebida
NELSON PIQUET SOUTO MAIOR	MENSAGEM FROTISTA WEB	967210	10/10/07 15:15	Enviada
967210	RESPOSTA MENSAGEM FROTISTA WEB	NELSON PIQUET SOUTO MAIOR	04/10/07 11:46	Lida
NELSON PIQUET SOUTO MAIOR	PEDIDO DE POSIÇÃO EXTRA	967210	11/10/07 09:04	Enviada
NELSON PIQUET SOUTO MAIOR	PEDIDO DE POSIÇÃO EXTRA	967210	11/10/07 08:59	Enviada
NELSON PIQUET SOUTO MAIOR	PEDIDO DE POSIÇÃO EXTRA	967210	11/10/07 08:59	Enviada
NELSON PIQUET SOUTO MAIOR	MENSAGEM FROTISTA WEB	967210	11/10/07 08:48	Enviada
FABRICIO BORGES DOS SANTOS	MENSAGEM WEB	967210	28/09/07 15:52	Enviada

Figura 13.2 - Site Autotrak Frotista.

13.1.5 - Autotrak Celular

O Autotrak Celular, lançado comercialmente em fevereiro de 2006, é um produto com as mesmas características e funcionalidades do Autotrak Satélite, exceto pela tecnologia utilizada para a comunicação e a respectiva cobertura. Ao invés de comunicação via satélite, esse produto utiliza comunicação de dados por rede celular. Todos os equipamentos embarcados, tais como terminal de dados, antenas de comunicação, computadores de bordo, sensores e atuadores foram desenvolvidos pela própria Autotrak.

13.1.5.1 - Características

O Autotrak Celular é destinado a empresas de transporte com atuação em perímetro urbano. É o caso de empresas de *delivery*, *couriers*, transportadoras e atacadistas com atuação em áreas urbanas, polícias, concessionárias de energia e frotas de táxi.

13.1.5.2 - Vantagens

O Autotrak celular foi criado para atender empresas de transporte, logística e prestação de serviços com atuação fortemente urbana. Por meio da rede celular de comunicação de dados e utilizando a mesma estrutura de atendimento, o mesmo *software* de operação do Sistema, os mesmos dispositivos de segurança e a mesma central de comunicação, mantendo o padrão de qualidade dos produtos da empresa com tecnologia satelital.

13.1.5.3 - Diferenciais do Autotrak celular

- Rapidez na transmissão de dados;
- Mensagens de texto: permite receber e enviar mensagens em formato livre ou através de mensagens pré formatadas;
- Confirmação gratuita de entrega de mensagens enviadas ao veículo;
- Confirmação de leitura da mensagem;
- Retransmissão automática da mensagem: O sistema retransmite automática e gratuitamente a mensagem nos casos em que o veículo, naquele momento, não esteja apto a recebê-la – Fora da área de cobertura das operadoras de telefonia celular, etc.;
- Mensagens Macros: As mensagens macros (pré- formatadas) são efetuadas através do *software* instalado na cooperativa/empresa e transmitidas ao veículo via rede de dados da telefonia celular GSM ou CDMA, podendo ser alteradas pelo usuário a qualquer momento, sem necessidade de retorno do veículo à base;
- Replicação das comunicações: As comunicações entre o veículo e a base podem ser replicadas total ou parcialmente para outros pontos. Ex.: filiais;

- Posição (localização do veículo) gratuita: Sempre que se troca uma mensagem com o veículo, como também quando sua ignição é desligada, a base recebe a localização do veículo sem ônus adicional;
- Acessórios eletrônicos: Além do equipamento principal (UCC), os acessórios de segurança (Sensores/Atuadores) eletrônicos, programados remotamente, dotados de inteligência própria e especificados para uso embarcado;
- Gerenciamento Logístico: Gerenciamento em tempo real do planejamento e dos indicadores de transporte, controle e melhor aproveitamento do ciclo operacional de transporte com carregamentos, paradas e entregas, rastreabilidade e integração das informações com emissão de relatórios e acesso de informações pela internet, eliminação dos desvios de rota, redução do tempo ocioso, incremento do quilômetro carregado e gerenciamento das atividades do motorista;
- Gerenciamento de Risco: Programação dos procedimentos de transportes com gerenciamento das exceções, prevenção e eliminação de riscos, fim das paradas indevidas, programação das áreas de riscos e cercas eletrônicas, percepção de emergência em tempo real, localização exata do veículo, controle de temperatura e velocidade.

13.1.5.4 - Topologia da rede de comunicação de dados

A topologia da rede de comunicação de dados é apresentada abaixo utilizando a constelação de satélites GPS para posicionamento e a rede celular para comunicação e transmissão dos dados.

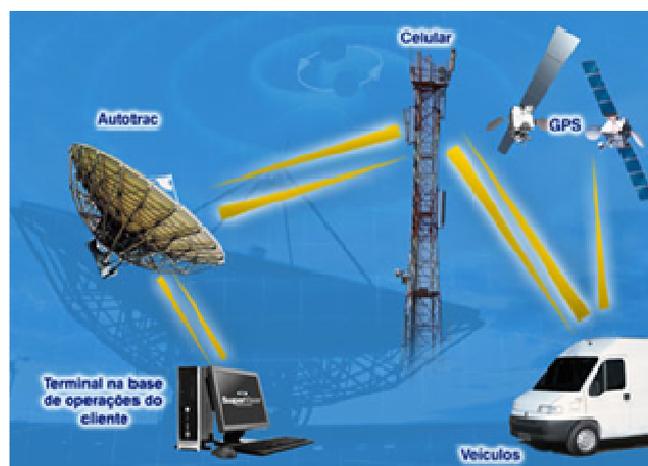


Figura 13.3 - Topologia de rede de comunicação de dados do Autotrak Celular.

13.1.5.5 - Principais características técnicas

- Bateria auxiliar de larga autonomia;
- Conexão para acessórios: leitor de código de barras, impressora, *palm tops*, leitores de cartão, etc. (padrão USB e RS232);
- Equipamento com capacidade para voz e imagem;
- Funcionamento adequado para todos os tipos de veículos (alimentação 9 ~ 32 volts);
- GPS de 12 canais com XTrac;
- Terminal com *display* de 8 linhas.

13.1.6 - Autotrac Dtaxi

O sistema Autotrac Dtaxi foi lançado comercialmente em outubro de 2007. É um sistema composto do *software* denominado Autotrac Dtaxi que é instalado nas cooperativas de táxi e o *hardware* Autotrac Celular que é instalado nos táxis dessas cooperativas. Então, o Autotrac Dtaxi é um sistema de Despacho Automático de corridas de táxi, que implementa eficiência logística às Cooperativas de táxi, bem como o rastreamento, localização geográfica, comunicação em tempo real e maior segurança.

Quando um passageiro ou uma empresa precisam de táxi, eles ligam para uma cooperativa e são atendidos por um dos atendentes do *call-center*, que registra todos os dados da corrida no sistema Autotrac Dtaxi.

Vamos explicar agora como é feito o despacho da corrida de táxi. Temos basicamente 3 tipos de despacho: Manual, Semi-automático e Automático.

O Despacho Manual será feito quando, na operação da cooperativa, a frota de táxis for mista, isto é, com veículos que possuam UCC e outros sem, utilizando o rádio. Nesse caso, faremos o despacho para um veículo que não possui UCC, através do rádio, registrando as informações de despacho no Autotrac Dtaxi manualmente. Assim, após o atendente registrar a O.S. (ordem de serviço), ela é encaminhada para a tela do despachante, que efetua o despacho manual pelo rádio e registra essas informações no Autotrac Dtaxi.

O Despacho Semi-automático, também para o caso de frota mista, será feito para um veículo que possui UCC, onde o despacho é feito pelo despachante, clicando no veículo e na O.S. e a seguir clicando em despachar, e assim a O.S. é encaminhada via UCC ao táxi mantendo todos os dados de início e finalização daquela O.S. armazenados automaticamente no sistema.

O Despacho Automático será feito para operações em frotas totalmente equipadas com UCC. Nesse caso, o sistema automaticamente filtra as restrições das O.S, prioriza os veículos de acordo com as regras de negócios das cooperativas, as quais são totalmente configuráveis pelo sistema, e a seguir despacha automaticamente para o táxi que tem a melhor condição de atender aquela O.S. Vale ressaltar que cada cooperativa tem a sua regra, ou o seu modelo de negócio de despacho já definido, cabendo a equipe de pós-vendas, na instalação, configurar essa regra no Dtáxi, que foi previamente concebido para trabalhar em qualquer tipo de cooperativa com qualquer tipo de operação.

No caso do despacho automático, basta o atendente cadastrar a O.S. que o sistema automaticamente irá efetuar o despacho, sem a intervenção do despachante, que daí em diante acompanha somente as exceções de despacho.

Existe também nas cooperativas a figura dos retornistas, que são aqueles que verificam a previsão do tempo de atendimento das O.S e avisam os passageiros por telefone. Eles também ligam para os passageiros em casos de atrasos, mudanças ou impossibilidades de atendimento. Quando o Autotrax Dtáxi estiver operando no despacho automático, o sistema irá gerar automaticamente a previsão de atendimento das O.S com contagem regressiva para atendimento, baseado em informações como a distância, horários de pico, pesos de trânsito e outras.

Para um observador com boa percepção comercial, é fácil ver que o despacho automático, além de aumentar a qualidade do atendimento das cooperativas, aumenta-se também a sua produtividade e assim o seu faturamento, proporcionando uma redução em seu custo fixo, principalmente na equipe de despachantes e retornistas, e nos custos das ligações telefônicas geradas pelos retornistas.

13.1.6.1 - Principais ganhos que as cooperativas têm ao utilizar o Autotrac Dtaxi

- Despacho automático das corridas de táxi respeitando as regras de negócio das cooperativas;
- Aumento no faturamento da cooperativa devido ao aumento da produtividade da frota pelo despacho automático;
- Ganho na redução da equipe de Despachantes;
- Ganho devido à redução do número de ligações telefônicas originadas pelos Retornistas;
- Ganho na redução da equipe de Retornistas;
- Ganho na redução da equipe do departamento financeiro, devido às funcionalidades do módulo financeiro e ao preenchimento dos *vouchers* diretamente pelo motorista em campo;
- Ganho na eliminação dos custos de licença do Rádio + Manutenção + Aluguel terrenos/repetidoras;
- Aumento da eficiência das operações logísticas das corridas de táxis;
- Melhoria na qualidade de atendimento aos clientes;
- Maior segurança do passageiro e taxista;
- Eliminação do ruído gerado pelo rádio (táxi e cooperativa);
- Redução do custo fixo unitário devido ao aumento do número de atendimentos e redução de custos operacionais;
- Redução no valor do seguro contra roubo, quando desejável;
- Melhor distribuição de rendas aos cooperados, garantido eletronicamente o cumprimento das regras de negócio das cooperativas, eliminando a “furação de olho” pelos taxistas;
- Diferencial de *marketing* junto aos seus clientes;
- Maior velocidade e qualidade no atendimento aos clientes;
- Disponibilidade de comunicação em toda a área de cobertura celular, pois em algumas áreas existe a dificuldade em se conseguir frequências de rádio para operações de táxi, e também, no rádio há limitações na área de cobertura;

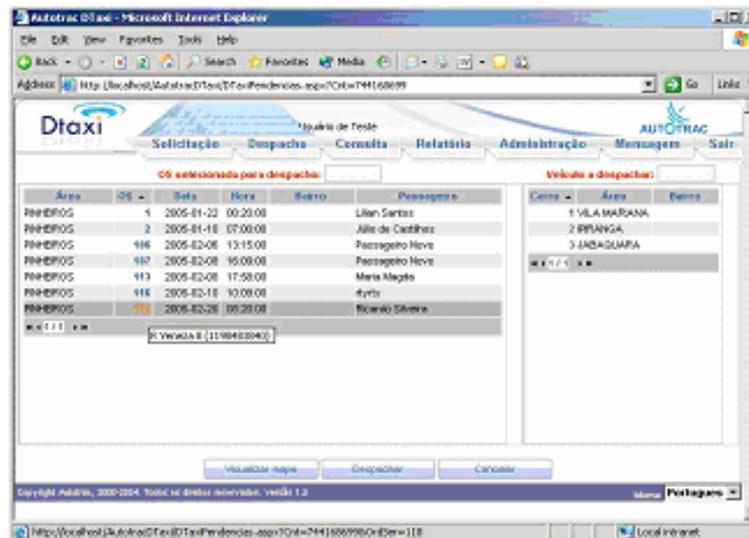


Figura 13.4 - Software de despacho de corridas do Dtáxi.

13.1.7 - Autotrac Auto

O Autotrac Auto foi lançado comercialmente em outubro de 2007, e utiliza a rede celular para comunicação de dados. É uma poderosa ferramenta para rastreamento, localização e bloqueio de veículos. Desenvolvido com tecnologia inovadora, oferece uma série de funcionalidades logísticas que garantem a eficiência nas operações de transportes aumentando a produtividade da frota.

Quando o assunto é gerenciamento de risco, o Sistema Autotrac Auto oferece tecnologia de ponta para proteger a frota através do bloqueio e inibição do roubo, com rapidez nos acionamentos, condicionado à cobertura das operadoras de telefonia, etc.

Mais simples e compacto, essa tecnologia é indicada para as empresas de transporte que carregam produtos de menor valor agregado, com baixa atratividade de roubo ou para aquelas que desejam um equipamento de redundância em veículos já rastreados

Utiliza a mesma topologia de rede de comunicação de dados apresentada para o Autotrac Celular.

13.1.7.1 - Diferenciais

- Operação com *software* supervisor, também utilizado nos produtos Autotrac Satélite, Caminhoneiro e Celular, facilitando a padronização do gerenciamento e reduzindo custos operacionais;
- Integração do sistema com a estação terrena de comunicação própria da Autotrac (HUB), garantindo o *link* dedicado à operação celular, redundância e reduzindo problemas de instabilidade da comunicação;
- Armazenamento do histórico de posições do veículo, via GPS, mesmo em áreas sem cobertura de comunicação da operadora, e posterior transmissão dos dados para registro do itinerário percorrido;
- Retransmissão automática de dados garantindo a comunicação mesmo em casos de falha ou intermitência na área de cobertura da operadora;
- Confirmação eletrônica de entrega de comando de bloqueio, roteamento e cópia de dados entre diversas contas de comunicação;
- Cliente não necessita adquirir linhas celulares. A negociação é feita diretamente com a Autotrac;
- Contem o botão de pânico como item de série.

13.2 - PRODUTOS – *HARDWARE* – EQUIPAMENTOS EMBARCADOS

13.2.1 - Descrição do *hardware* do terminal móvel satelital - MCT

Para operar o Sistema OmniSAT de Comunicação Móvel é necessária a utilização do equipamento denominado MCT – *Mobile Communication Terminal* (Terminal de Comunicação Móvel), que existe atualmente no mercado em quatro versões, que são elas: o MCT COMUM, o MCT IGPS, MCT banda C e MCT banda Ku. Eles diferem entre si nos itens que compõem o equipamento, mas as suas funções são as mesmas. Faremos uma descrição destes equipamentos e de seus itens a seguir.

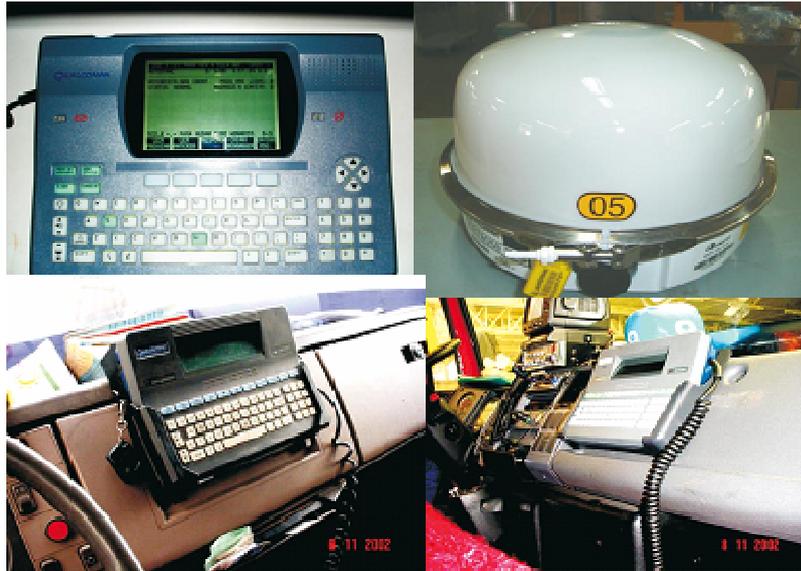


Figura 13.5 - O MCT - Terminal de comunicação móvel.

13.2.1.1 - Evoluções do MCT

13.2.1.2 - MCT comum



Figura 13.6 - O MCT Comum.

É a 1ª versão do equipamento, que é composto por 4 peças. São elas:

- a) Uma caixa preta (módulo de comunicação).
- b) Uma antena banda-C.
- c) Um receptor de GPS.

d) Um terminal (visor + teclado).

13.2.1.3 - MCT IGPS



Figura 13.7 - O MCT IGPS.

Esta é 2ª versão do equipamento, na qual o receptor GPS foi incorporado na antena, desta forma ele fica composto por 3 peças:

- a) Uma caixa preta (módulo de comunicação).
- b) Uma antena banda C (que incorpora o receptor GPS).
- c) Um terminal (visor + teclado).

13.2.1.4 - MCT Banda C



Figura 13.8 - O MCT Banda C.

Nesta versão integrou-se a caixa preta (módulo de comunicação) junto à antena banda - C, tornando o sistema mais compacto e facilitando sua instalação. Ele fica composto por duas peças:

- a) Uma antena banda - C (módulo de comunicação e receptor de GPS integrados);
- b) Um terminal (visor + teclado).

13.2.1.5 - MCT Banda Ku



Figura 13.9 - O MCT Banda Ku.

Esta é a versão mais atualizada do equipamento, que tem como principais diferenças, o tamanho físico e a frequência utilizada para a transmissão e recepção das mensagens. Ele também é composto por duas peças:

- a) Uma antena banda Ku (módulo de comunicação e receptor de GPS integrados);
- b) Um terminal (visor + teclado).

De uma forma geral, os itens utilizados pelas quatro versões do sistema OmniSAT são praticamente os mesmos, mudando apenas as versões, mas mantendo as suas aplicações.

13.2.2 - Especificações da caixa preta

13.2.2.1 - Especificações da caixa preta comum:

- a) Utilização: são utilizadas para compor o MCT COMUM (04 peças);

- b) Dimensões: (32,40 x 23,41 x 7,2 cm);
- c) Peso: 3.395 kg;
- d) Alimentação: tensão DC do veículo na faixa de +9 a +32 volts, consumo médio de 40 watts (30 watts, quando em *sleep*, 60 watts quando transmitindo);
- e) *Interfaces*: conector para *interface* externa de 37 pinos incluindo:
 - *interfaces* assíncronas RS-232 e RS-422;
 - entradas diferenciais para sensores de velocidade e RPM;
 - 02 entradas para monitoramento de tomada externa de força mecânica (TDF);
 - entrada para barramento padrão SAE J1708;
 - entrada para sensor de trailer TRACS;
 - entrada para botão de pânico;
 - saída para aviso remoto de mensagem e pager.
- f) Temperatura de operação: de -30° a 70° C.



Figura 13.10 - Caixa Preta Comum.

13.2.2.2 - Especificações caixa preta IGPS

- a) Utilização: é utilizada para compor o MCT IGPS (03 peças);
- b) Dimensões: (32,40 x 23,41 x 7,2 cm);
- c) Peso: 3.500 kg;
- d) Alimentação: tensão DC do veículo na faixa de +9 à +32 volts, consumo médio de 40 watts (30 watts, quando em *sleep*, 60 watts quando transmitindo);
- e) *Interfaces*: conector para *interface* externa de 37 pinos incluindo:

- interfaces assíncronas RS-232 e RS-422;
 - entradas diferenciais para sensores de velocidade e RPM;
 - 02 entradas para monitoramento de tomada externa de força mecânica (TDF);
 - entrada para barramento padrão SAE J1708;
 - entrada para sensor de trailer TRACS;
 - entrada para botão de pânico;
 - saída para aviso remoto de mensagem e pager.
- f) Temperatura de operação: de -30° a 70° C.



Figura 13.11 - Caixa preta IGPS.

As caixas pretas COMUM e IGPS, são diferentes entre si na versão do *firmware*, no *part number* e na cor da tarja de identificação (rosa, azul e verde).

13.2.3 - Antena de comunicação

É o equipamento responsável pela transmissão das mensagens trocadas entre o veículo e a central de rastreamento. Abaixo serão mostrados os tipos existentes.

13.2.3.1 - Antena comum



Figura 13.12 - Antena Comum.

Utilização: é utilizada para compor o MCT COMUM (04 peças).

Dimensões: 39,1 diâmetro x 24,8 altura

Peso: 7,150 kg.

Alimentação: alimentada pelo cabo de IF do módulo de comunicação .

Potência de transmissão: 2 watts.

Frequência de transmissão: sintonizada na faixa de 5,755 a 6,255 GHz.

Frequência de recepção: sintonizada na faixa de 3,700 a 4,200 GHz.

Conexões: 2 cabos coaxiais TNC (IF e REF) para comunicação com o módulo de comunicação.

Temperatura de operação: de -30° a 70° C.

13.2.3.2 - Antena IGPS



Figura 13.13 - Antena IGPS.

Utilização: são utilizadas para compor o MCT IGPS (03 peças).

Dimensões: 39,1 diâmetro x 24,8 altura.

Potência de transmissão: 2 watts.

Frequência de transmissão: sintonizada na faixa de 5,755 a 6,255 GHz.

Frequência de recepção: sintonizada na faixa de 3,700 a 4,200 GHz.

Conexões: 2 cabos coaxiais TNC (IF e REF) para comunicação com o módulo de comunicação.

Temperatura de operação: de -30° a 70° C.

13.2.3.3 - Antena IMCT banda Ku



Figura 13.14 - Antena IMCT Banda Ku.

Utilização: é utilizada para compor o equipamento MCT banda Ku (02 peças)

Dimensões: 29,0 diâmetro x 19,5 altura

Peso: 5,130 kg

Alimentação: alimentada pelo cabo da antena IMCT.

Potência de transmissão: 2 watts

Frequência de transmissão: sintonizada na faixa de 5,755 a 6,255 GHz

Frequência de recepção: sintonizada na faixa de 3,700 a 4,200 GHz

Temperatura de operação: de -30° a 70° C.

Também é o tipo de antena que incorpora o receptor de GPS e a caixa preta (módulo de comunicação).

O que difere da antena banda C é a frequência de transmissão e o seu tamanho.

13.2.4 - Terminal

13.2.4.1 - Características

É dotado de um teclado e um visor de cristal líquido, com algumas funções pré-programadas por onde o motorista poderá visualizar as mensagens enviadas, recebidas e o status do terminal.

Possui indicadores luminosos e sonoros para indicar mensagens a serem lidas ou que o veículo está sem sinal. Existem 03 modelos de terminais utilizados para a Tecnologia Satelital OmniSAT.

13.2.4.2 - Terminal DU



Figura 13.15 - Terminal DU.

Utilização: é utilizado nas quatro versões do sistema.

Dimensões: 29,5 cm x 21,6 cm x 6,35 cm.

Peso: 1,230 kg.

Alimentação: alimentado pela antena.

Tela: tela de cristal líquido, com dimensões de 4 x 38 caracteres.

Teclado: teclado do tipo QWERTY em material plástico.

Indicadores: *bips* sonoros e leds para indicar mensagem a ser lida ou que o veículo está sem sinal.

Conexões: cabo para alimentação e comunicação serial (RS-422).

Temperatura de operação: de -30° a 70°C (inclusive o visor de cristal líquido).

13.2.4.3 - Terminal EDU



Figura 13.16 - Terminal EDU.

Utilização: é utilizado nas quatro versões do sistema.

Dimensões: 32,4 cm x 23,5 cm x 6,0 cm.

Peso: 1,415 kg.

Alimentação: alimentado pela antena.

Tela: tela de cristal líquido, com dimensões de 15 x 38 caracteres.

Teclado: teclado do tipo QWERTY em material plástico.

Indicadores: *bips* sonoros e leds para indicar mensagem a ser lida ou que o veículo está sem sinal.

Conexões: cabo para alimentação e comunicação serial (RS-422).

Temperatura de operação: de -30° a 70°C (inclusive o visor de cristal líquido).

Conforme fotos acima, a única diferença entre os dois terminais é o modelo e a cor da carcaça frontal, uma é cinza e a outra é azul.

13.2.5 - Receptor de GPS

É o equipamento responsável pelo recebimento dos sinais de localização, oriundos do Sistema de Posicionamento Global (GPS), sinais estes que são direcionados para a “caixa preta” e/ou “antena”, onde são utilizados para se obter a posição do veículo.

Como foi comentado, o sistema de posicionamento global é constituído de uma rede de 24 satélites que circundam a terra em um período de 12 horas a uma altura de 20.200 km da superfície terrestre. Para conseguir o posicionamento, o receptor GPS deve conseguir “enxergar” no mínimo três satélites, os quais fornecem os dados de latitude, longitude e horário. Embora não utilizada pelo sistema OmniSAT, a altitude também pode ser obtida, desde que se “enxerguem” quatro ou mais satélites. A altitude é um dado que não é anexado às margens, e só pode ser vista no terminal do MCT. Na prática, o GPS localiza mais do que 4 satélites (até 12), para que a redundância de informações implique em uma maior precisão da informação.

13.2.5.1 - Utilização do GPS

O receptores GPS abaixo só poderão ser utilizados com o MCT COMUM (04 peças). Nos demais IMCTs o receptor GPS é instalado internamente e faz parte do circuito eletrônico da antena.

São utilizados 04 modelos de receptor GPS:

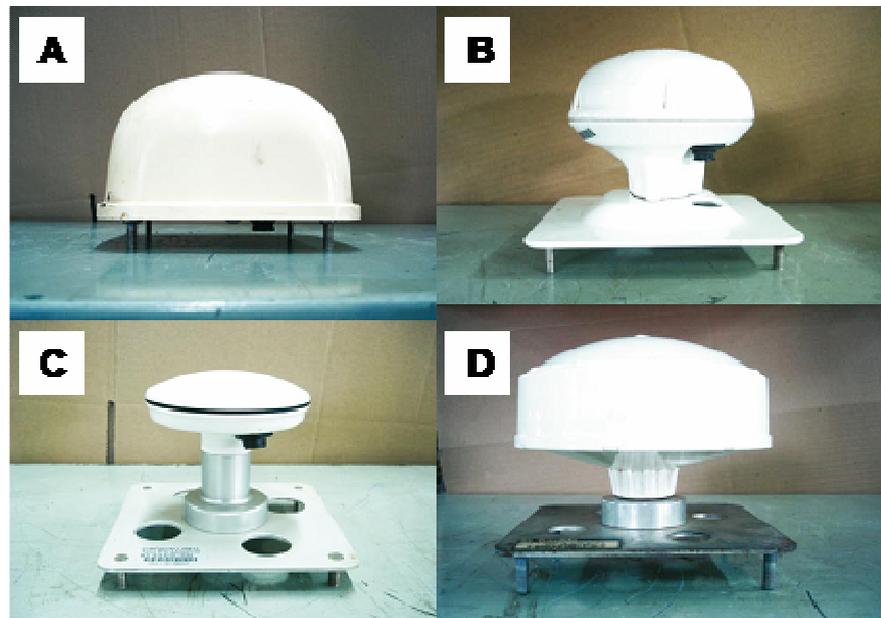


Figura 13.17 - A - Koden, B – Marconi, C - Talon e D – Trimble.

13.2.6 - Botão de pânico

O botão de pânico é um acessório instalado junto com o MCT, que uma vez apertado, provoca a transmissão imediata de uma mensagem prioritária de pânico. Este recurso geralmente é utilizado em casos de roubo ou tentativa de roubo do veículo e/ou da carga, e em casos de acidente onde não é possível ao motorista escrever e enviar uma mensagem.



Figura 13.18 - Botão de Pânico.

13.2.6.1 - Funcionalidade

Quando um botão de pânico é acionado, a central 24 horas da Autotrac entra em estado de alerta e passa a monitorar o veículo continuamente, recebendo posições do mesmo no menor intervalo de tempo. Ao mesmo tempo, o operador de plantão da central 24 horas da Autotrac, de posse de uma lista de telefones de emergência fornecida pelo cliente, faz uma ligação telefônica para a(s) pessoa(s) responsável(eis), informando o ocorrido. A partir deste momento, o cliente será responsável pelas medidas cabíveis, podendo contar com o apoio da Autotrac. Ao término da emergência, a Autotrac deve ser avisada para retirar o veículo do estado de alerta, retornando-o para as condições normais de funcionamento.

13.2.7 - Pager

O *Pager* tem como finalidade informar ao motorista, através de *bips* sonoros e piscadas de *leds* a chegada de uma mensagem.

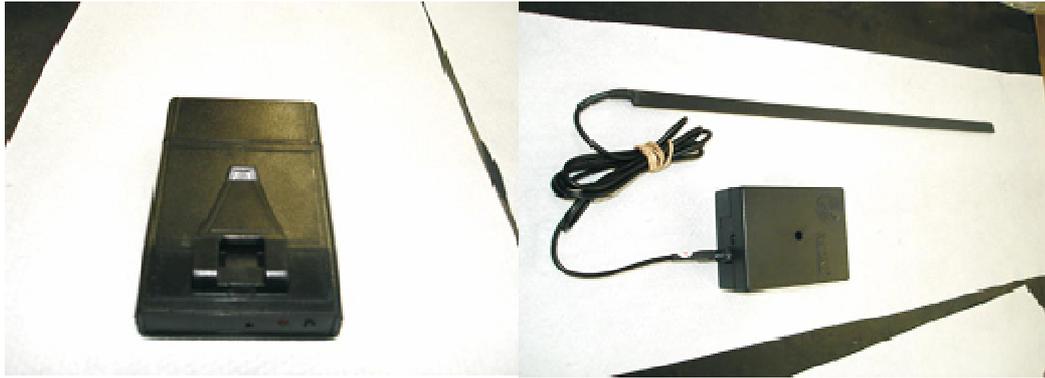


Figura 13.19 – Pager.

13.2.7.1 - Funcionalidade

Quando o equipamento MCT/IMCT receber uma mensagem, o *pager* RX emitirá *bips* sonoros e piscadas de leds em grupos de três até que a mensagem recebida pelo MCT/IMCT seja lida.

O pager RX poderá ser desligado através do seguinte procedimento:

- a - manter o botão pressionado até se ouvir dois *bips*. Para religá-lo basta um toque no botão e então se ouvirá um bip, O receptor deve ser mantido desligado quando o motorista estiver dentro do veículo, para aumentar a durabilidade das baterias.

13.2.8 - OBC – *On board computer* ou computador de bordo

O computador de bordo é um equipamento acessório ao MCT, instalado no veículo, que possui aplicações em gerenciamento de risco e logística, onde é importante saber as condições do veículo e da carga, como por exemplo, velocidade máxima, abertura das portas, temperatura do baú, status da ignição (ligado/desligado), engate da carreta (engatada/desengatada), funcionamento da antena e terminal, dentre outros.

O OBC permite ainda que possam ser tomadas medidas através de atuadores, caso algum(s) deste(s) sensor(es) acima, tenham suas entradas (ou seus valores) violadas em relação aos parâmetros especificados pelo cliente, por exemplo: velocidade máxima excedida, portas do baú abertas sem autorização do operador na empresa, temperatura da

carga menor ou maior do que desejado, etc. Dentre as medidas que podem ser tomadas pelo OBC, estão: bloqueio do motor, acionamento de sirene e setas, envio automático de mensagem de emergência para o computador do cliente, etc.

Através do *software* Supervisor, o cliente pode especificar e monitorar todos os parâmetros e status de operação destes sensores e atuadores, via satélite, a partir de seu computador.

13.2.8.1 - Topologia da rede do OBC

Veja na figura abaixo a topologia da rede do OBC e alguns de seus respectivos acessórios sensores e atuadores instalados.

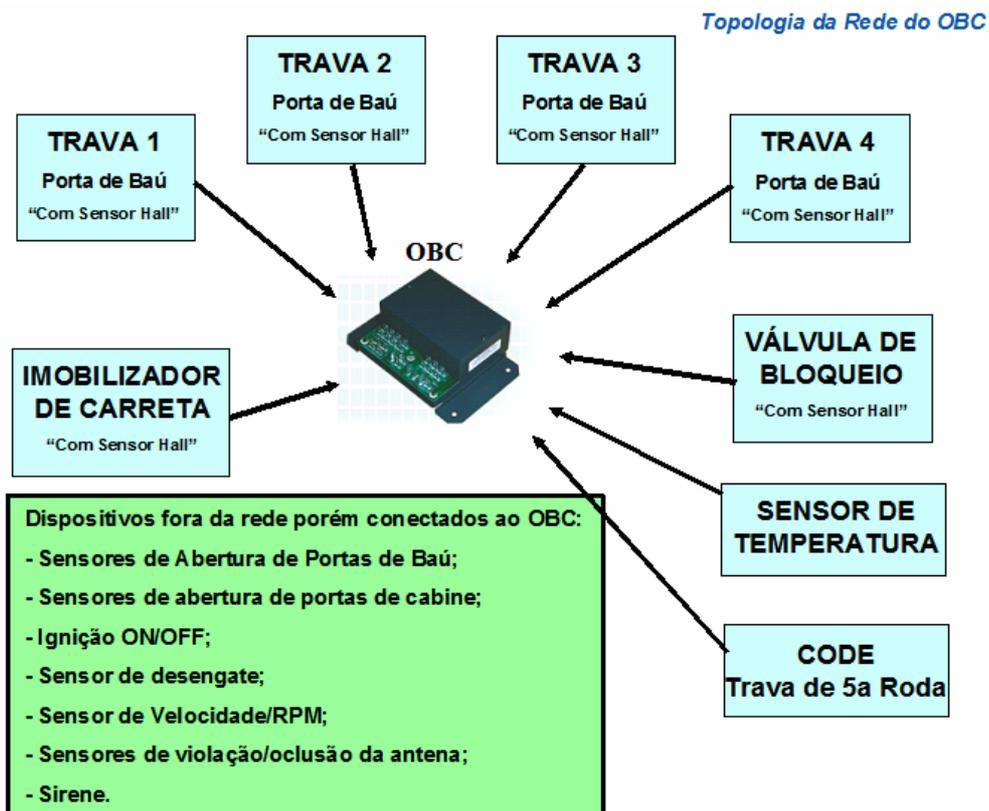


Figura 13.20 - Topologia da rede OBC e respectivos acessórios sensores e atuadores.

13.2.8.2 - Finalidade

O OBC (Computador de Bordo - *On Border Computer*) é um equipamento desenvolvido pela Autotrac, voltado para aplicações de segurança. O computador de bordo gerencia

sensores e atuadores que informam ao cliente, em tempo real, o status do veículo e de alguns componentes.

Com o OBC é possível programar ações para caso algum componente do veículo seja violado.



Figura 13.21 - O OBC – *On Board Computer* – Computador de Bordo.

13.2.8.3 - Versões do OBC

a) O OBC versão 01: Possui três conectores por onde ele faz a comunicação com os outros componentes.

Especificações técnicas:

- d - Tensão de operação: 9 a 32 volts;
- e - Temperatura de operação: -30°C a 70° C;
- f - Consumo em STAND BY: 100mA;
- g - Entradas digitais: 08;
- h - Saídas digitais: 04.



Figura 13.22 - O OBC Versão 01.

b) O OBC versão 02

Na versão 02 do OBC, incorpora-se novas funções e algumas novidades na instalação. O OBC utiliza conectores do tipo FASTON 6,3 mm para todas as entradas, saídas e comunicação. Esse tipo de conector possui uma área maior para o contato dos terminais, tornando as ligações mais seguras e eficientes. A identificação das funções dos terminais foi facilitada uma vez que, ao lado de cada terminal está escrito em qual periférico ele deve ser conectado.

Especificações técnicas:

- a - Tensão de operação: 9 a 32 volts;
- b - Temperatura de operação: -30°C a 70°C;
- c - Consumo em STAND BY: 100mA;
- d - Entradas digitais: 08;
- e - Saídas digitais: 04.



Figura 13.23 - O OBC Versão 02.

c) O OBC versão 03

A versão 03 possui uma maior inteligência embarcada, cada periférico possui uma identificação para o OBC, permitindo saber o estado atual em que cada um destes se encontra. Ele possui também um novo sistema de ligação, utilizando a tecnologia Faston para as conexões e fazendo uso de portas receptáculos que facilitam o acoplamento da fiação e minimiza as falhas de conexão. Possui um processador com 16 KB de memória e os periféricos são comandados por um canal serial com padrão RS 485 através de um protocolo que permite avaliar a violação de um deles.

Especificações técnicas:

- a - Tensão de operação: 9 a 32 volts;
- b - Temperatura de operação: -30°C a 70°C;
- c - Consumo em STAND BY: 100mA;
- d - Entradas digitais: 08;
- e - Saídas digitais: 04;
- f - Dispositivo em rede: 06.



Figura 13.24 - OBC Versão 03.

d) O OBC versão 04

O OBC versão 04 possui características automotivas, elaborado com circuitos eletrônicos de moderna tecnologia e de alto desempenho. Todo o seu desenvolvimento foi baseado em normas automotivas determinadas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). O gabinete possui uma maior proteção contra infiltração de umidade e poeira e contra curtos circuitos e ruídos normalmente presentes nos veículos. Seus periféricos trabalham em uma rede de comunicação segura e inviolável e sua inteligência local permite, em caso de violações, atuar no veículo sem a necessidade de envio de comando.

Especificações técnicas:

- a – Tensão de operação: de 8 a 35 volts;
- b – Temperatura de operação: de -40°C a 85°C ;
- c – Consumo em STAND BY: 60mA;
- d – Entradas digitais: 10;
- e – Saídas digitais: 04;
- f – Dispositivos em rede: 06.



Figura 13.25 - O OBC Versão 04.

13.2.9 - Descrição do *hardware* do terminal móvel Autotrac celular

Possui dimensões de 27cm x 19,5cm x 4cm, peso de 0,800 kg, alimentado pela UCC (Unidade de Comunicação Celular). Possui tela de cristal líquido, com dimensões de 8 x 38 caracteres e teclado do tipo QWERTY em material plástico. Indicadores com *bips* sonoros e *leds* para indicar mensagem a ser lida ou que o veículo está sem sinal. Tem conexões do cabo para alimentação e comunicação serial (RS-485). Temperatura de operação na faixa de -20° a 70°C (inclusive o visor de cristal líquido).

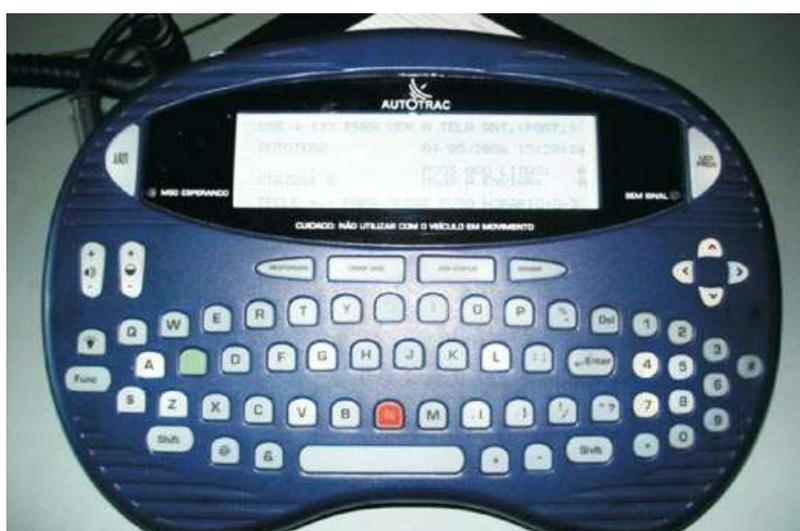


Figura 13.26 - Terminal Dual – Autotrac Celular.

O Sistema de Comunicação Autotrac Celular é um sistema de transmissão de dados entre unidades móveis, normalmente veículos, e pontos fixos dotados de um *software* apropriado.

A comunicação é feita usando a infra-estrutura das operadoras de telefonia celular de cada região e um conjunto de servidores e sistemas de comunicação alocados na Central de Gerenciamento da Autotrac em Brasília. Abaixo mostramos os componentes básicos de comunicação que formam o produto Autotrac Celular.



Figura 13.27 - Componentes básicos de comunicação formam produto Autotrac Celular.

13.2.10 - Descrição do *hardware* do terminal móvel Autotrac Auto

Especialmente desenvolvido para clientes que necessitam somente dos serviços de localizador e bloqueador de veículos. Mais simples e compacto, é indicado para transportadoras que trabalham tanto com cargas de menor valor agregado, onde a atratividade de roubo é menor, quanto em empresas que buscam um equipamento de redundância em veículos já rastreados.

Também pode ser utilizado como localizador em veículos prestadores de serviços que necessitam de posicionamento geográfico como informação básica para o controle e a gestão da frota. Trata-se de mais um serviço para ampliar a segurança no transporte, a um custo competitivo e que pode ser instalado em clientes que já utilizam nossa tecnologia.

Tem como público alvo empresas de transporte, frotistas e autônomos. Suas funcionalidades são as de localizador e bloqueador (operado pelo cliente ou preposto). Os serviços prestados pela Autotrac através desse produto (Autotrac Auto) são exclusivamente

de rastreamento, nos mesmos moldes do Autotrac Satélite e do Autotrac Celular, ou seja, o rastreamento é efetuado pelo cliente através do *software* SuperVisor em todas suas versões. Abaixo mostramos os componentes básicos de comunicação que formam o produto Autotrac Auto.



Figura 13.28 - Componentes básicos de comunicação formam produto Autotrac Auto.

13.3 - PRODUTOS - *HARDWARE* – ACESSÓRIOS EMBARCADOS

13.3.1 - Descrição dos acessórios embarcados - Sensores

Sensores são os dispositivos eletrônicos desenvolvidos pela Autotrac que identificam a violação de regras de segurança estabelecidas por cada cliente, monitorando toda viagem e informando as situações que fogem à normalidade. Há vários tipos de sensores e há alternativa de desenvolver novas aplicações sob demanda. A seguir veremos os sensores comercializados pela Autotrac.

13.3.1.1 - Sensor de ignição

Informa as variações no estado da ignição ligada/desligada.

13.3.1.2 - Sensor de velocidade

O sinal de velocidade tem como finalidade mostrar ao cliente a velocidade em que o veículo está se movimentando. Através do sistema, o cliente poderá pré-determinar a velocidade que o seu veículo irá se movimentar e avisá-lo caso a velocidade seja ultrapassada, podendo também ligar a sirene e até bloquear o veículo.



Figura 13.29 - Sensor de velocidade.

13.3.1.3 - Sensor de RPM

O sensor de RPM tem como finalidade informar sobre a quantidade de rotações do motor por minuto. Através dessa informação, o cliente sabe se o motor do veículo está funcionando de acordo com os padrões especificados pelo fabricante.



Figura 13.30 - Sensor de RPM.

13.3.1.4 - Sensor de violação de sistema

Detecta imediatamente qualquer tentativa de violação do sistema, acionando uma série de atuadores contra eventuais sinistros e é ativado sem necessidade de intervenção do motorista ou da base de operações do cliente.

13.3.1.5 - Sensor de porta do baú

Detecta a abertura não autorizada da porta do baú.



Figura 13.31 - Sensor de porta de baú.

13.3.1.6 - Sensor de temperatura

Utilizado no transporte de cargas frigoríficas, monitora e informa constantemente a temperatura do baú. Caso esteja fora dos padrões o sensor alerta o motorista e/ou o operador.

O sensor de temperatura é o periférico mais simples, porém de grande importância, pois informa a temperatura interna da câmara frigorífica que, na maioria das vezes, transporta produtos alimentícios que necessitam de uma temperatura constante para sua conservação.

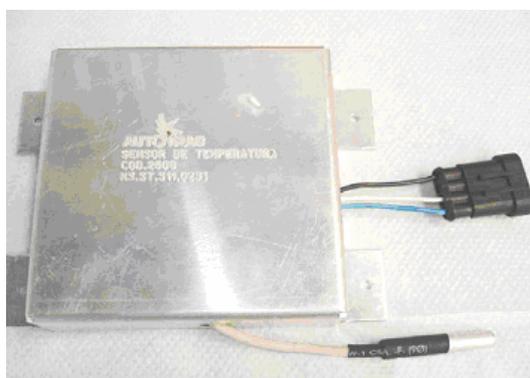


Figura 13.32 - Sensor de temperatura.

13.3.1.7 - Sensor de carona ou porta de cabine

Detecta na abertura das portas, e ingresso não autorizado, de carona ou motorista.



Figura 13.33 - Sensor de carona.

13.3.1.8 - Sensor de desengate cavalo/carreta

Informa quando a carreta é desengatada do cavalo de forma não autorizada.



Figura 13.34 - Sensor de desengate.

13.3.1.9 - Sensor de chuva

O sensor de chuva é um produto desenvolvido para reportar o status do limpador do pára-brisa. A partir desta informação, as centrais de gerenciamento sabem se o veículo segue a velocidade permitida quando está chovendo. A mensagem de advertência para o motorista pode ser feita através da sirene, do bloqueio, além do alerta para a base.

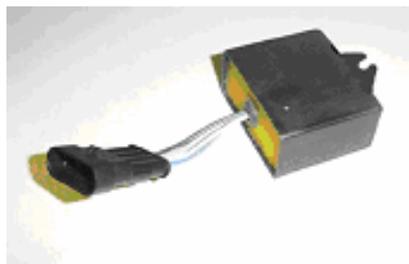


Figura 13.35 - Sensor de chuva.

13.3.2 - Descrição dos acessórios embarcados - Atuadores

Dispositivos desenvolvidos pela Autotrak que agem para inibir uma situação de risco que comprometa o veículo ou a carga transportada. São acionados para resistir ao vandalismo, roubo e tentativas de sinistro. Há vários atuadores disponíveis e há alternativa para desenvolver novas aplicações sob demanda. Abaixo veremos alguns atuadores que a Autotrak comercializa.

13.3.2.1 - Bloqueio do veículo

Bloqueia o veículo de forma definitiva, até que o operador cancele o comando ou por um determinado período de tempo.

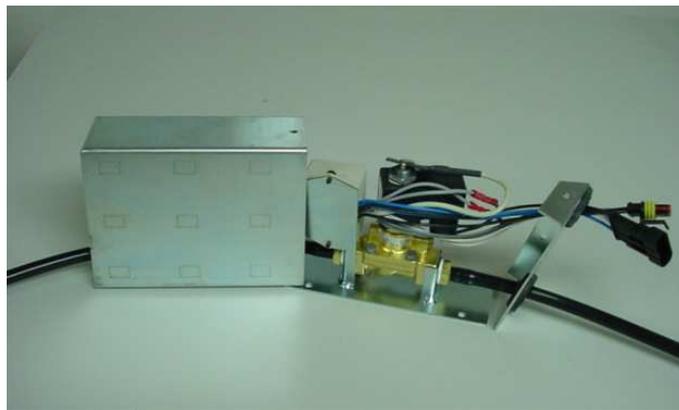


Figura 13.36 - Bloqueador do veículo.

13.3.2.2 - Trava porta de baú fracionados e frigorificada

Trava as portas do baú do veículo e pode ser ativada da base de operações do cliente ou automaticamente pelo OBC, conforme programado pelo cliente.



Figura 13.37 - Trava de porta do baú.

13.3.2.3 - Chave de porta

Aciona o travamento ou o destravamento das portas do baú, mediante a comando de autorização prévia, enviado pelo *software* SuperVisor.



Figura 13.38 - Chave de porta.

13.3.2.4 - Code – Trava de 5ª roda

Dispositivo de segurança que impede o engate e o desengate não autorizado do conjunto cavalo-mecânico/carreta, evitando uma prática comum de roubo de carga na qual o conjunto é desatrelado e outro cavalo mecânico leva a carreta, proporcionando também maior controle contra vandalismo e engate parcial e reduzindo o risco de acidentes.

A finalidade deste produto é controlar o engate e o desengate do cavalo à carreta, funcionando através do acionamento do botão chave de porta. O Code pode ser instalado nos veículos que possuam a 5ª roda de marca Jost, Maxion e Cobrasma.



Figura 13.39 - O Code – Trava de 5ª roda.

O cavalo equipado com o Code pode, através de comandos, engatar e desengatar qualquer carreta.



Figura 13.40 - 5ª Roda de uma carreta.

Uma vez que o OBC tenha recebido o comando que autoriza desengate, basta o motorista pressionar a chave de porta instalada na cabina do veículo para destravar o Code por 20 segundos, ficando assim a alavanca de travamento da quinta roda (ariete) liberada para o desengate. Esta chave é a mesma utilizada para a abertura das portas do baú e das travas de tanque.

Quando receber o comando Proíbe desengate, a chave de porta fica desabilitada impedindo que o Code seja destravado deixando a alavanca da quinta roda (ariete) travada.

Os benefícios diretos do Code são:

- Controle total dos engates e desengates nas operações (logística e segurança);
- Segurança contra o roubo de carga e do cavalo mecânico;
- Segurança contra acionamentos por vandalismo;
- Redução da apólice de seguro;
- Maior segurança do motorista: o acionamento independe da ação dele.

13.3.2.5 - Travas de tanque

A solução para Travas de tanque trata-se de um sistema acionado por meio Eletro-Pneumático pelo Painel de controle do veículo que permite o travamento das tampas das escotilhas de inspeção e das válvulas de fundo que impedem o carregamento e descarregamento nos tanques transportadores de líquidos combustível, lubrificantes e outros, e o sensoriamento das escotilhas de inspeção.

O sistema permite o travamento individual de cada escotilha e válvula de fundo e possui número ilimitado de compartimentos, ou seja, podemos ter várias escotilhas sendo sensoreadas e várias travas da escotilha e válvula de fundo sendo travadas no mesmo veículo, sendo controladas por um único OBC. Veja figuras abaixo.



Figura 13.41 - Veículo tanque, painel de controle, escotilhas e válvulas de fundo.



Figura 13.42 - Instalação painel controle, sensores/travas escotilhas/válvulas de fundo.

O sistema de travamento das válvulas de fundo é um produto que tem como aplicação principal o comando da carga e descarga de combustível (gasolina, diesel, álcool hidratado e querosene de aviação) em veículos-tanque.

É composto pela válvula de fundo e pelo sensor de escotilha. O cliente decide se quer comprar somente a válvula de fundo na quantidade que quiser, ou se quer comprar o sensor de escotilha, também na quantidade que quiser, ou ambos, lembrando que sempre deve adquirir o módulo de acionamento eletrônico das travas de tanque, para uma ou mais válvulas de fundo, sempre somente um módulo de acionamento independente do número de válvulas de fundo. Veja figuras abaixo.



Figura 13.43 - Válvula de fundo eletro-pneumática.

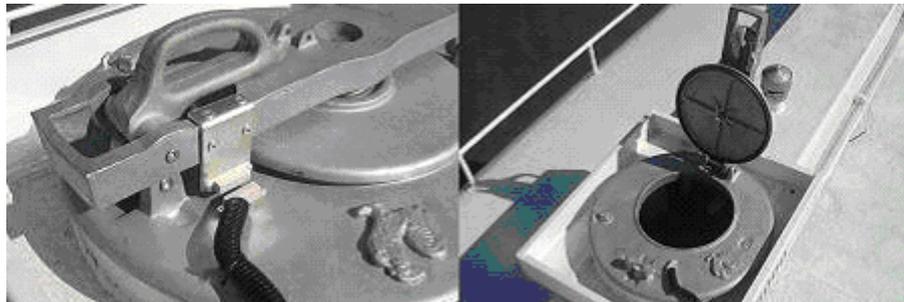


Figura 13.44 - Sensor de escotilha instalado.

Ao receber o comando Destrava Tanque, basta pressionar o botão “chave de porta” instalado no painel do caminhão para que as travas sejam abertas.

Para um melhor controle operacional da abertura e fechamento dos tanques por parte dos motoristas, há um dispositivo sinalizador luminoso instalado na cabine dos veículos. Este dispositivo, um led com luz de cor vermelha, fica piscando constantemente após o OBC receber o comando Destrava Tanque.

Através deste dispositivo sinalizador luminoso, o motorista percebe que o comando de abertura foi recebido pelo OBC podendo então, se for o caso, manobrar e posicionar o veículo sob a cobertura metálica dos postos de combustíveis ou qualquer outra situação que coloque o MCT fora da visada do satélite.

Ao término da operação e ao receber o comando Trava Tanque, o *led* pára de piscar, indicando que os tanques estão fechados.

13.3.2.6 - Acionamento de alarmes e sirenes

Permitem a identificação mais fácil do veículo roubado. Podem ser acionados também em caso de violação de algum outro parâmetro de segurança, como por exemplo, o excesso de velocidade, orientando o motorista quanto à direção defensiva.



Figura 13.45 - Sirene.

13.3.2.7 - Módulo de voz

Aviso sonoro emitido no interior do veículo avisando sobre o seu bloqueio.

13.3.2.8 - Imobilizador de freio

Peça que atua na carreta, esvaziando o ar das cuicas do freio.



Figura 13.46 - Imobilizador de freio.

O Imobilizador de freio tem como objetivo principal, bloquear a linha de alimentação do reservatório de ar do sistema de freio imobilizando a carreta.

13.3.3 - Módulo refrigerador

O modulo refrigerador para veículos frigorificados é um acessório de linha de produção Autotrak Satélite que permite monitorar através do Supervisor e do Supervisor Telemetria o funcionamento das unidades de refrigeração de veículos frigorificados.

O módulo refrigerador é conectado numa porta de comunicação específica do MCT para transmissão de alertas. Na figura a seguir temos o esquema típico de ligação do módulo refrigerador.

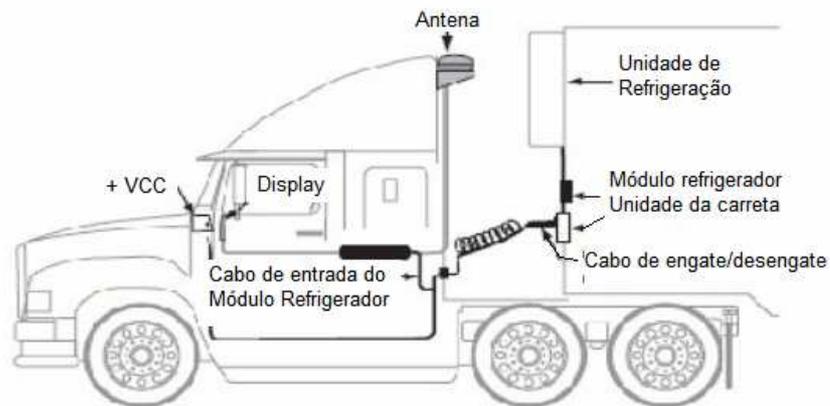


Figura 13.47 - Instalação do módulo refrigerador.

O módulo refrigerador alerta de operação da unidade de refrigeração do veículo quando a ignição do veículo estiver ligada. Além disso, alertas serão gerados sempre que o cavalo mecânico engatar ou desengatar da carreta.

13.3.4 - Kit móvel satelital

O Kit Móvel Satelital foi concebido para ser utilizado em diversas aplicações. Seja no uso padrão, onde o equipamento pode ser ligado em veículos ou mesmo em situações que necessite ligar o equipamento de forma autônoma, através de suas baterias extras.

O Kit Móvel Satelital é dividido em dois módulos conforme figura abaixo.



Figura 13.48 - Kit móvel satelital.

O módulo principal é dividido nos seguintes itens:

- Antena de Comunicação;
- Suporte de fixação da antena de comunicação;
- Cabo para antena de comunicação;
- Terminal de dados;
- Cabo de Alimentação auxiliar;
- Cabo auxiliar de dados.

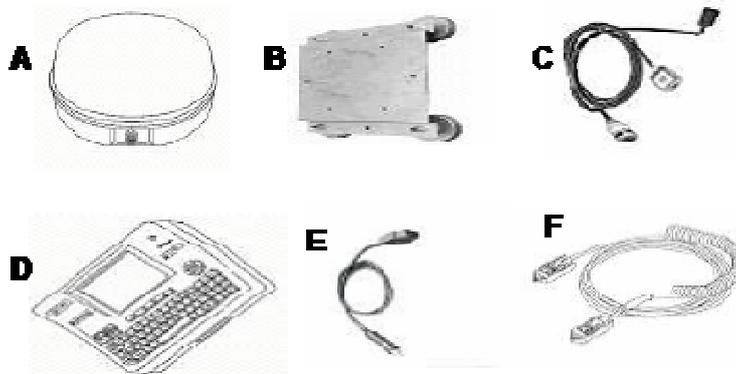


Figura 13.49 - Itens do módulo principal - A - Antena de Comunicação, B - Suporte de fixação da antena de comunicação, C - Cabo para antena de comunicação, D - Terminal de dados, E - Cabo de Alimentação auxiliar e F - Cabo auxiliar de dados.

O módulo auxiliar é dividido nos seguintes itens:

- Baterias recarregáveis;
- Carregador de baterias.



Figura 13.50 - A - Baterias recarregáveis e B – Carregador de baterias.

13.4 - SERVIÇOS

A Autotrac investe constantemente no atendimento aos clientes e tem nos serviços pós-vendas um dos seus diferenciais. A preocupação com a excelência começa pela instalação de todos os equipamentos e *softwares* necessários para o uso da tecnologia, o que é feito pela rede de autorizadas Autotrac. Todos os equipamentos têm garantia de um ano, estendível há 2 anos, contra defeitos de fabricação e assistência técnica em todo o território nacional. Os clientes recebem treinamento para aperfeiçoar o uso da tecnologia. Além disso, a empresa mantém consultores comerciais, técnicos e engenheiros que prestam todo tipo de informação relacionada ao uso da tecnologia em uma central de atendimento em funcionamento 24 horas por dia, sete dias por semana e 365 dias por ano. Também é possível realizar o atendimento onde o cliente estiver, por meio do SAE (Serviço de Atendimento Externo).

13.4.1 - Instalação

A instalação de todos os terminais, sensores e atuadores utilizados pela tecnologia Autotrac é feita por técnicos especializados da própria empresa. O serviço segue o mais alto padrão de qualidade e é realizado, preferencialmente, em uma das unidades de negócios da Autotrac, mas também pode ser feita na sede do cliente, como no caso de ferrovias, embarcações e algumas empresas do mercado especial.

Cada uma das unidades de negócios da Autotrac mantém um Departamento de Instalação e Assistência Técnica (DIAT). Ao todo, a Autotrac tem mais de 300 funcionários lotados nesse setor em todas as unidades de negócios, o que corresponde a quase 40% dos empregados da empresa e rede de autorizadas.

A Autotrac faz a instalação do equipamento em qualquer ponto do território nacional, independente do tamanho da frota, tempo de fabricação ou tipo de carroceria do veículo a ser monitorado. Por semana, a empresa tem condições de instalar 1.350 equipamentos e, por mês, 5.670.

13.4.1.1 - Área para instalação

Tabela 13.1 - Área de instalação da rede de autorizadas Autotrac.

Autorizada Autotrac	Área total m ²	Galpão m ²
Belo Horizonte	1440	1320
Brasília	1.400	440
Cuiabá	5.550	544
Curitiba	17.200	3.600
Feira de Santana	7.800	2.400
Fortaleza	1490	930
Porto Alegre	2.280	1560
Recife	8.857	3045
Rio de Janeiro	11.500	3.000
São Paulo	11.924	3.454
São Bernardo do Campo	10.250	4.578

São José do Rio Preto	6.840	3.290
Belém – Marabá-PA	7.550	1.230
Uberlândia	2.100	600
Total	96.181	29.991

Todos os equipamentos fornecidos pela Autotrac têm garantia de um ano contra defeitos de fabricação e instalação, podendo se estender opcionalmente há 2 anos. A empresa, por meio dos DIATs, presta assistência técnica em todo o Brasil a partir da matriz, unidades de negócios e escritórios nas principais cidades brasileiras.

13.4.2 - Pós-vendas

Cada autorizada mantém um departamento exclusivo de pós-vendas com gerência nacional na Autotrac em Brasília, que realiza a instalação do *software* da Autotrac, treina o cliente para usá-lo e oferece consultoria especializada. O setor é responsável também pela análise das demandas de integração entre o sistema da Autotrac e as soluções de tecnologia adotadas pelos clientes.

O serviço de consultoria é prestado por uma equipe própria de consultores comerciais, técnicos e engenheiros que estuda detalhadamente a melhor solução para atender as necessidades de gerenciamento logístico, de risco e comunicação móvel de dados dos clientes. Esses consultores apuram informações para propor a melhor solução possível e ficam disponíveis durante o período de implantação do projeto para assegurar que todas as etapas sejam cumpridas conforme o planejamento.

A instalação do *software* da Autotrac versão *client* é realizada por analistas de suporte treinados de acordo com os mais rigorosos padrões de qualidade exigidos pelo mercado. Depois da instalação, o cliente é auxiliado a avaliar o desempenho da tecnologia Autotrac em operação e a buscar novas formas de utilizá-la para redução de custos e incremento da produtividade. Os profissionais da Autotrac identificam aplicações de *softwares* que

podem ser agregadas ao conjunto de soluções do sistema com o objetivo de desenvolver, adquirir ou sugerir soluções para aumentar a satisfação dos clientes. A finalidade da consultoria é agregar valor ao sistema e garantir a fidelidade dos clientes.

13.4.3 - Serviço de Atendimento ao Cliente (SAC)

A Autotrac mantém um Serviço de Atendimento ao Cliente (SAC) para que o cliente entre em contato com a empresa e tire dúvidas, solicite visitas ou consertos etc. O departamento é integrado por profissionais treinados para realizar o atendimento e encaminhar a demanda do cliente para área responsável.

13.4.4 - *Hotline* - 0800 70 12345

Atendimento geral durante 24 horas por dia, 07 dias por semana. Uma equipe de atendentes treinados tira dúvidas e registra críticas e sugestões dos clientes. O setor é responsável pela triagem das informações e do envio de cada uma delas para a área competente. A Central de Atendimento funciona pelo telefone 0800 70 12345.

13.4.5 - Serviço de Atendimento Externo (SAE)

O Serviço de Atendimento Externo (SAE) é a modalidade de atendimento adotada para ampliar a rede de instalação e assistência técnica da Autotrac. A empresa mantém uma frota especialmente adaptada para prestar assistência técnica no endereço do cliente em todo o território nacional.

O setor presta serviços de instalação, desinstalação e reinstalação de equipamentos e funciona de segunda a sexta-feira, em horário comercial (das 8h às 18h). Serviços de socorro funcionam diariamente, das 7h às 19h. A prestação do serviço segue uma tabela de preço pré-definida e é executada pelos DIATs de cada filial.

13.4.6 - Web Services

A Autotrac trabalha para ser uma empresa cada vez mais completa e adequada ao perfil de seus clientes.

Para isso oferece um portfólio de produtos e serviços especialmente desenvolvido para atender as expectativas do mercado.

13.4.6.1 - Site oficial

O site oficial da Autotrac é www.autotrac.com.br. Várias informações importantes estão disponíveis sobre a empresa, produtos, serviços, tecnologia, aplicações, clientes e *cases*, além dos *webservices* que são os *links* para os serviços disponíveis *on-line* da Autotrac, como o CVT ou Centro Virtual de Treinamento, *Home-office*, Mercado segurador, Relacionamento com Investidores, Site Caminhoneiro, Supervisor WEB e LogCenter.

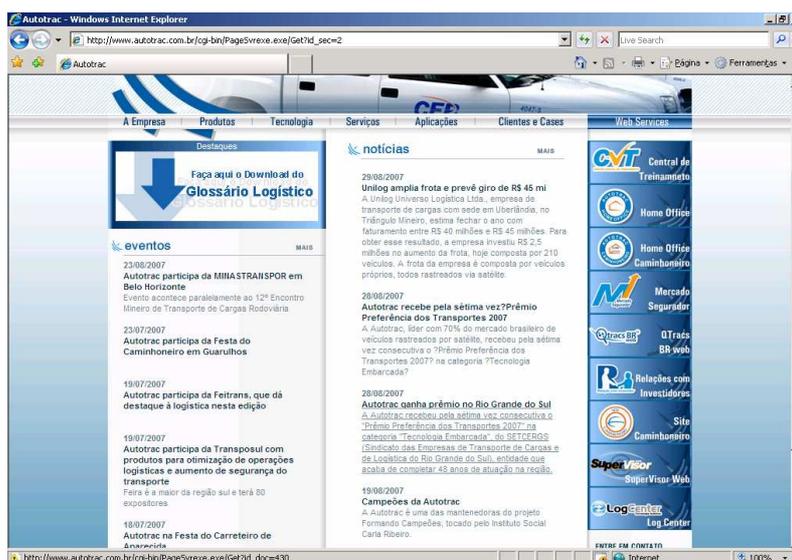


Figura 13.51 - Site oficial da Autotrac (www.autotrac.com.br).

13.4.6.2 - Treinamento

A tecnologia Autotrac foi desenvolvida para ser operada por qualquer pessoa. Mesmo assim, a Autotrac oferece treinamento para equipes gerenciais, técnicas e operacionais do cliente. Com o treinamento, os usuários se familiarizam com as funcionalidades do equipamento e com a forma de aplicá-las para otimizar as operações de transporte. Atualmente, a Autotrac oferece três tipos de treinamentos: presenciais, ministrados nas

unidades de negócios da Autotrac; itinerante, ministrados no local escolhido pelo cliente; e via internet, realizado pelo CVT (Centro Virtual de Treinamento).

a) Presencial:

Todos os clientes da Autotrac são treinados para o uso e máximo aproveitamento da tecnologia de rastreamento nas atividades desempenhadas no dia-a-dia. O treinamento tem foco nas necessidades do cliente e ensina como operar o sistema e inclui processos de reciclagem e avaliações dos benefícios obtidos com a ferramenta. Esse treinamento é realizado nas filias da Autotrac.

b) Itinerante:

A Autotrac mantém a equipe de pós-vendas treinada e equipada para oferecer treinamento no local escolhido pelo cliente.

Assim como na modalidade presencial, no modo itinerante, todos os clientes da Autotrac são treinados para o uso e máximo aproveitamento da tecnologia de rastreamento nas atividades desempenhadas no dia-a-dia. O treinamento tem foco nas necessidades do cliente e ensina como operar o sistema e inclui processos de reciclagem e avaliações dos benefícios obtidos com a ferramenta.

c) Via internet (CVT) - Centro Virtual de Treinamento:

O Centro Virtual de Treinamento foi desenvolvido para interagir, formar e capacitar profissionais de transportes, gerenciadoras de riscos e usuários a utilizarem os produtos e equipamentos da Autotrac. Hoje o treinamento virtual chega de forma rápida e precisa aos usuários que tenham acesso a internet formando esses profissionais do mercado, além de oferecer os cursos, o centro de treinamento virtual, oferece também aos navegantes, conteúdos, eventos, *faq*, fale conosco, *links* e notícias.



Figura 13.52 - CVT – Centro Virtual de Treinamento.

d) Curso Autotrac Caminhoneiro:

Tecnologia de comunicação móvel de dados, rastreamento e monitoramento, que integra caminhoneiros autônomos com as transportadoras e embarcadores.

- Objetivo: Orientar os caminhoneiros autônomos, transportadoras e embarcadores que adotaram o Autotrac Caminhoneiro como tecnologia de gestão logística e risco.
- Conteúdo: Equipamentos instalados no veículo (*Hardware*), *software* Supervisor, Site Caminhoneiro e Call Center.
- Público-Alvo: Caminhoneiros autônomos e os transportadores e embarcadores que os contratam.

e) Curso Módulo Motorista:

Módulo de treinamento para motoristas que utilizarão o terminal MCT, OBC e acessórios.

- Objetivo: Capacitar o motorista na utilização do Sistema OmniSAT, treinando a operação do equipamento embarcado: MCT e OBC.
- Conteúdo: Apresentação do Curso, Visão Geral, Operando o MCT, Conceitos de Operação, Histórias do Amigo Caminhoneiro, Dicas de Segurança e Manutenção, Autotrac Caminhoneiro e Avaliação Final.
- Público-Alvo: Motoristas, autônomos ou empregados, que trabalhem com veículos equipados com o Sistema OmniSAT.

f) Curso - Supervisor – Módulo Básico e Avançado:

O curso "Supervisor - Módulo Básico" apresenta para o aluno os conceitos básicos de operação do *software* Supervisor da Autotrac, capacitando os usuários a utilizarem o *software* Supervisor da Autotrac em seu nível básico de operação, iniciando com os conceitos do sistema e de operação, incluindo a navegação no *software*, mensagens, posição e referências. O "Módulo Avançado" inclui o tratamento de eventos, planos de viagens, relatórios, auditorias, áreas de risco, comando do OBC, dentre outros conceitos avançados de operação do Supervisor.

13.4.6.3 - Home office

O portal *Home Office*, foi desenvolvido para os clientes terem acessos a suas faturas de comunicação, interagindo o cliente e a central de forma rápida e precisa, onde o próprio cliente tem a facilidade de tirar demonstrativos de serviços de comunicação detalhados, simples ou gerenciais.

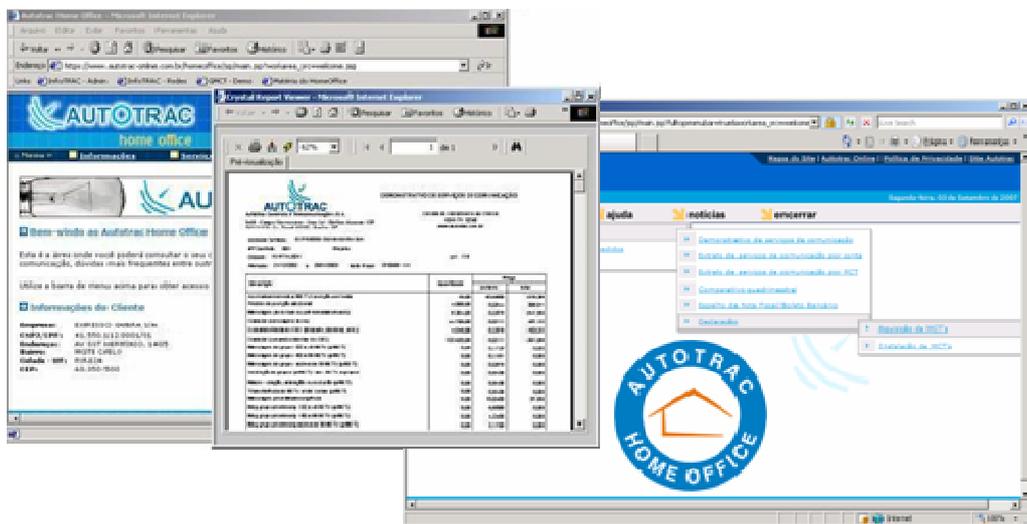


Figura 13.53 - O Site Home-Office.

13.4.6.4 - Home office caminhoneiro

O Autotrac *Home Office* Caminhoneiro permite, de forma rápida e segura, o acesso a informações do veículo do caminhoneiro autônomo. Pode-se emitir a Declaração de

Aquisição e Instalação de MCTs que são necessários para garantir o desconto na contratação de seguros para o caminhão.



Figura 13.54 - Site Home-Office Caminhoneiro.

13.4.6.5 - Mercado segurador

O acesso ao site Autotrac Mercado Segurador é destinado a seguradoras e corretoras conveniadas à Autotrac. Através do site as seguradoras podem consultar informações dos MCTs, contas entre outros acessos que o site disponibiliza.

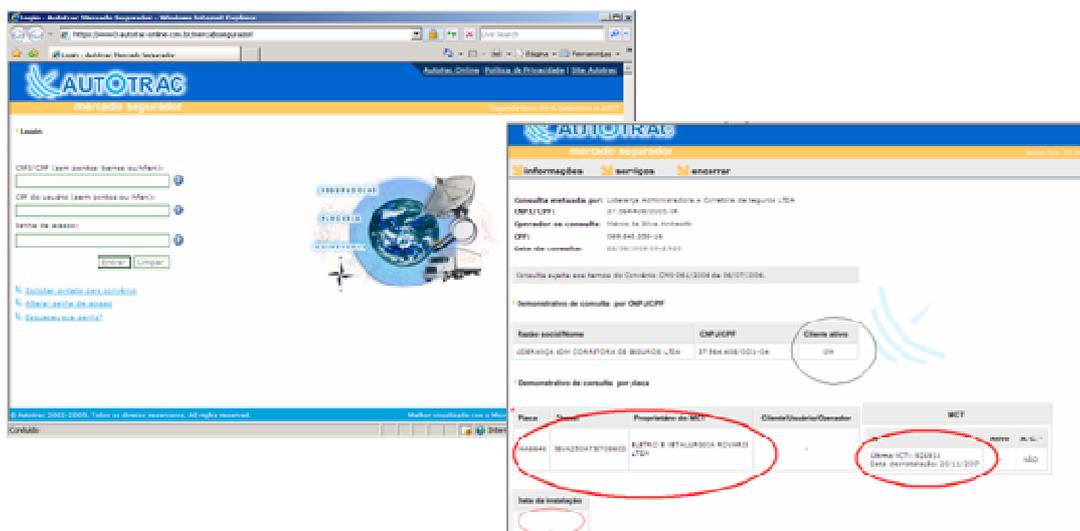


Figura 13.55 - Site Autotrac Mercado Segurador.

13.4.6.6 - Relacionamento com o investidor

Site que traz informações sobre a empresa e sua saúde financeira aos acionistas e investidores da Bolsa de Valores. Já é uma empresa de capital aberta junto a Comissão de Valores Imobiliários e está previsto o lançamento de suas ações no Ibovespa em 2009.



Figura 13.56 - Site Autotrac Relacionamento com o Investidor.

13.4.6.7 - LogCenter

O Autotrac LogCenter exerce o papel de centro de logística de transportes para os clientes da Autotrac, onde promove a integração entre os participantes da cadeia de transportes por intermédio de uma solicitação de viagem, e o acompanhamento integrado de cargas e viagens. Através deste ambiente uma empresa pode obter e fornecer informações sobre o desempenho do seu transporte, seja este executado por ela ou por terceiros, como também obter informações referentes ao ciclo operacional da logística de seu transporte, que pode ser medido através dos recursos existentes na tecnologia Autotrac (*software, hardware, infra-estrutura de telecomunicações e serviços em geral*).



Além de promover a integração dos transportadores, embarcadores e gestores de risco, o ambiente LogCenter pode ser utilizado por uma única empresa para promover uma visão integrada da logística de transportes entre suas unidades.

As transportadoras através deste ambiente podem destacar seus diferenciais e valores de qualidade na prestação de serviços para seus clientes embarcadores, como também aperfeiçoar internamente seus processos com a integração seus departamentos de logística, transporte e monitoramento de risco.

Os gestores de risco podem destacar seus diferenciais e valores de qualidade na prestação de serviços para seus clientes embarcadores e transportadores.

Os embarcadores podem fazer suas medições e controles da logística de seu transporte, fazendo uso indireto dos recursos tecnológicos existentes no pacote de produtos e serviços que são disponibilizados pela Autotrak, através dos serviços prestados pelos transportadores e gestores de risco que participam deste ambiente.

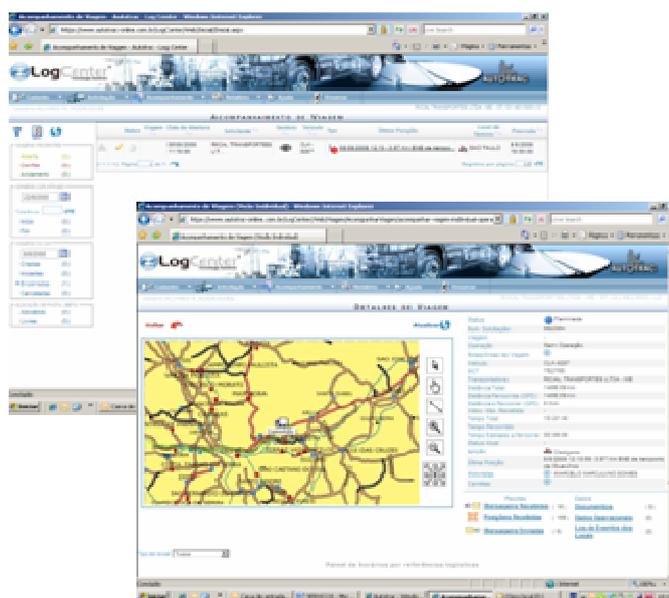


Figura 13.58 - Telas do acompanhamento e detalhes da Viagem.

13.4.6.8 - Supervisor suporte

O supervisor suporte foi desenvolvido baseado na tecnologia *logmein*, tecnologia de acesso cliente/servidor, facilitando o suporte remoto e seguro aos clientes Autotrak. A ferramenta

funciona através de um código *PIN Code* de 6 dígitos fornecido pelo técnico de suporte da Autotrac, em seguida passa a ter uma sessão Cliente/Servidor no cliente.

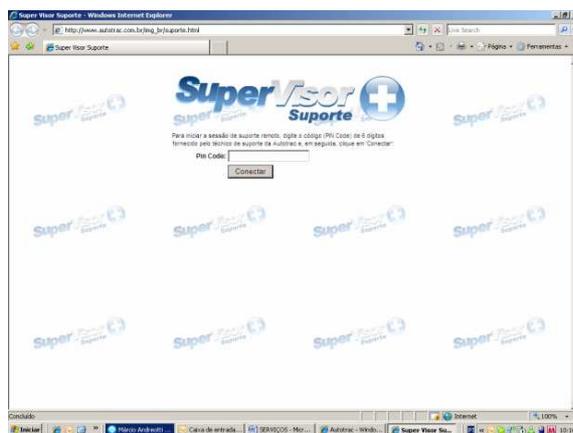


Figura 13.59 - Tela do site Supervisor suporte.

13.4.6.9 - O *software* supervisor *CLIENT*

Concebido em plataforma *Windows*, baseado em banco de dados SQL Server, pode ser usado desde um único computador até sistemas corporativos em rede.

O Supervisor integra funções de gerenciamento logístico e gerenciamento de risco tais como comunicação entre a empresa e seus veículos (e vice-versa), acompanhamento *on-line* da posição do veículo, através de mapas digitalizados, sensoriamento e atuação nos casos de emergência, utilizando o OBC. Além disso, fornece diversos relatórios gerenciais para o controle da frota e da *performance* do negócio, como por exemplo, km carregado, controle de tempos de carga e descarga, alarmes de desvios de rota (totalmente automático, através da cerca eletrônica), controle do combustível e produtividade, dentre outros.

Dentre as funcionalidades mais importantes do Supervisor, podemos citar a comunicação, cerca eletrônica, controle do OBC, módulo tratador de eventos, sistema de relatórios gerenciais, gerenciamento de múltiplas contas, diferentes níveis de acesso, comunicação entre veículos, *interface* através de mapas digitalizados, *interface* de integração, auditoria, viagens/serviços e áreas de risco, que serão vistos a seguir.

a) Comunicação:

Envio e recebimento de mensagens com confirmação de recebimento e leitura automáticas. Às mensagens comunicadas podem ser atribuídas níveis de prioridade tais como Normal, Importante e Emergência conforme a urgência percebida. Há ainda a possibilidade da utilização de mensagens em formato livre, ou pré-formatadas como formulários onde o usuário (operador ou motorista) necessita apenas preencher os campos disponíveis.

b) Cerca Eletrônica:

Delimita uma rota ou uma área de viagem a ser seguida pelo veículo. Em caso de desvio da rota ou área, o operador da empresa é comunicado. Fundamental para operações de gerenciamento de risco.

c) Controle do OBC:

O Supervisor realiza o controle (leitura e acionamento) de todos os sensores e atuadores do OBC.

d) Módulo Tratador de Eventos:

Facilita a operação através da utilização de alarmes e avisos em resposta a eventos pré-estabelecidos informando assim sobre o status da viagem. Por exemplo, paradas não autorizadas, etapas de um ciclo operacional (saída, entrega, coleta, carga, descarga, parada e chegada) ou mudança de status de sensores (excesso de velocidade, por exemplo), são automaticamente comunicadas ao operador através de alarmes e avisos.

e) Sistema de Relatórios Gerenciais:

Uma vez configurado o ciclo operacional da empresa e associado às informações fornecidas pelo veículo, o Supervisor oferece relatórios gerenciais personalizados a respeito da *performance* da viagem tais como controle dos tempos de carga e descarga, paradas, km carregado, abastecimentos, produtividade e outros.

f) Gerenciamento de Múltiplas Contas:

Permite que um mesmo operador possa monitorar veículos de diferentes empresas. Esta capacidade é muito útil no caso de embarcadores (empresas que despacham sua carga por diversas transportadoras), ou empresas especializadas no gerenciamento de risco (seguradoras, empresas de segurança).

g) Diferentes Níveis de Acesso:

Na versão multi-usuário, foi implementado um sofisticado sistema de controle de acesso diferenciado por senha para os operadores através de níveis de segurança por classe de usuários. Isto garante que apenas um usuário autorizado pode alterar parâmetro e configurações, cabendo aos demais operadores atividades que não incorram em risco à operação. Além disso, o Supervisor grava toda as ações e seus respectivos usuários para o caso da necessidade de auditorias.

h) Comunicação entre Veículos:

O *software* realiza o roteamento de mensagens de um MCT para o outro, permitindo assim a comunicação entre eles.

i) *Interface* através de Mapas Digitalizados:

Toda a operação do *software* é feita através da visualização da frota sobre mapas digitalizados. Dessa forma é permitido ao operador a consulta das posições mais recentes do veículo, cadastro de referências (postos de abastecimento, hospitais, polícias, clientes e etc.), verificação dos locais de parada, pesquisa de veículos mais próximos de um determinado local, definição de rotas e medição de distâncias no mapa.

j) *Interface* de Integração:

Para que as informações comunicadas através do sistema OmniSAT possam ser processadas pelos demais *softwares* da empresa, o Supervisor disponibiliza uma *interface* aberta para leitura e envio de dados para outros programas da empresa.

k) Auditoria:

Permite monitorar todas as informações do sistema a qualquer momento. Identificar todos os operadores e procedimentos adotados no gerenciamento das informações.

l) Viagens/Serviços:

Controle em tempo real do ciclo de serviços dos veículos urbanos e interurbanos usados para transferência, coleta e entrega de carga. Permite a emissão de relatórios gerenciais.

m) Área de Risco:

Delimitação, nos mapas digitais, de áreas onde há necessidade de acompanhar o posicionamento e intensificar a comunicação com os veículos devido ao maior risco de furtos, roubos e assaltos.

13.4.6.10 - Supervisor web

Supervisor web é um *software* de comunicação, gerenciamento logístico e de risco que faz o elo entre a base de operações do cliente e a frota. É a versão WEB do Supervisor *client*. Veja na figura abaixo a tela do Supervisor WEB.

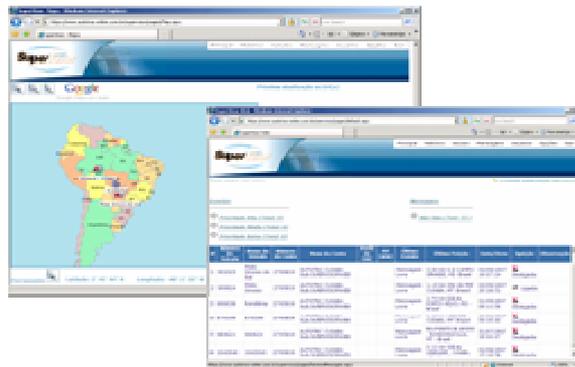


Figura 13.60 - Tela do Supervisor WEB.

Este *software*, de fácil navegação, permite o envio e o recebimento de mensagens em segundos, além da localização precisa dos veículos, Seu grande diferencial é que todos os produtos Autotrac Satélite, Caminhoneiro, Frotista, Celular e Auto, funcionam integrados

ao mesmo *software*, sendo possível assim gerenciar veículos e operações de transporte diferentes sem ter que ficar mudando de tecnologia.

As informações obtidas com o Supervisor Web podem ainda ser armazenadas em banco de dados para consultas futuras, garantindo o melhor aproveitamento das informações disponibilizadas pelo *software*.

Cada etapa do ciclo operacional de transporte como carregamento, início de viagem, paradas e descarregamento pode ser controlado associando ações, mensagens e e-mails pré-programados, gerando históricos e relatórios precisos, que podem ser excelentes ferramentas para fidelização de embarcadores, pois deixam evidentes os indicadores de performance e nível de serviço que está sendo prestado.

Além de proporcionar esses recursos o *software* proporciona para o cliente as informações logísticas em grades com informações dentre elas do nome do veículo, última posição, último comando enviado, data e hora do recebimento da posição do veículo, km/h e observação.

Através do Supervisor Web, o usuário poderá visualizar todas as mensagens e eventos como botão de pânico, alerta de porta aberta, sensor atuados, mensagens de retorno transmitidas entre o caminhoneiro e a gestora de risco.

O *software* disponibiliza ao usuário tirar históricos de informações armazenadas em banco de dados, dentre essas informações são elas: pedido de posições, mensagens de retorno e envio, alertas do OBC, comandos enviados e relatórios personalizados.

O Supervisor Web disponibiliza recursos de mensagens, sendo eles mensagens macros e mensagens livres, esses recursos facilitam a criação de mensagens pré-formatadas com informações precisas logísticas e de segurança que cada cliente fornece. Essas mensagens enviadas através do *software* para o equipamento de comunicação MCT-Satélite ou UCC/UCV-Celular são recebidas através do teclado e depois de lidas são replicadas um alerta automaticamente ao Supervisor Web através de um alerta na tela do *software* avisando a leitura da mensagem. Além de disponibilizar recursos de mensagens, o *software* disponibiliza recursos de criação de comando, tratamento de eventos pré-programados,

dentre eles Controle de Velocidade + Liga Sirene, ou Proibi Carona + Bloqueio do Caminhão, recursos estes que são pré-definidos através de levantamentos logísticos e segurança.

Além de todos esses recursos, o Supervisor Web disponibiliza ao usuário, visualizar as posições dos caminhões pelo Google Maps, este recurso traz informações precisas através de imagens integrando mapa, satélite e híbrido. As imagens do Satélite são atualizadas pela empresa norte Americana Google e disponibilizado no site automaticamente sem nenhum recurso de atualização. As posições dos veículos são visualizadas dentre elas por: País, Estado, Cidade, Bairro e Ruas, informações estas que são atualizadas através do GPS do veículo. Veja na figura abaixo imagens do *software* Supervisor WEB.

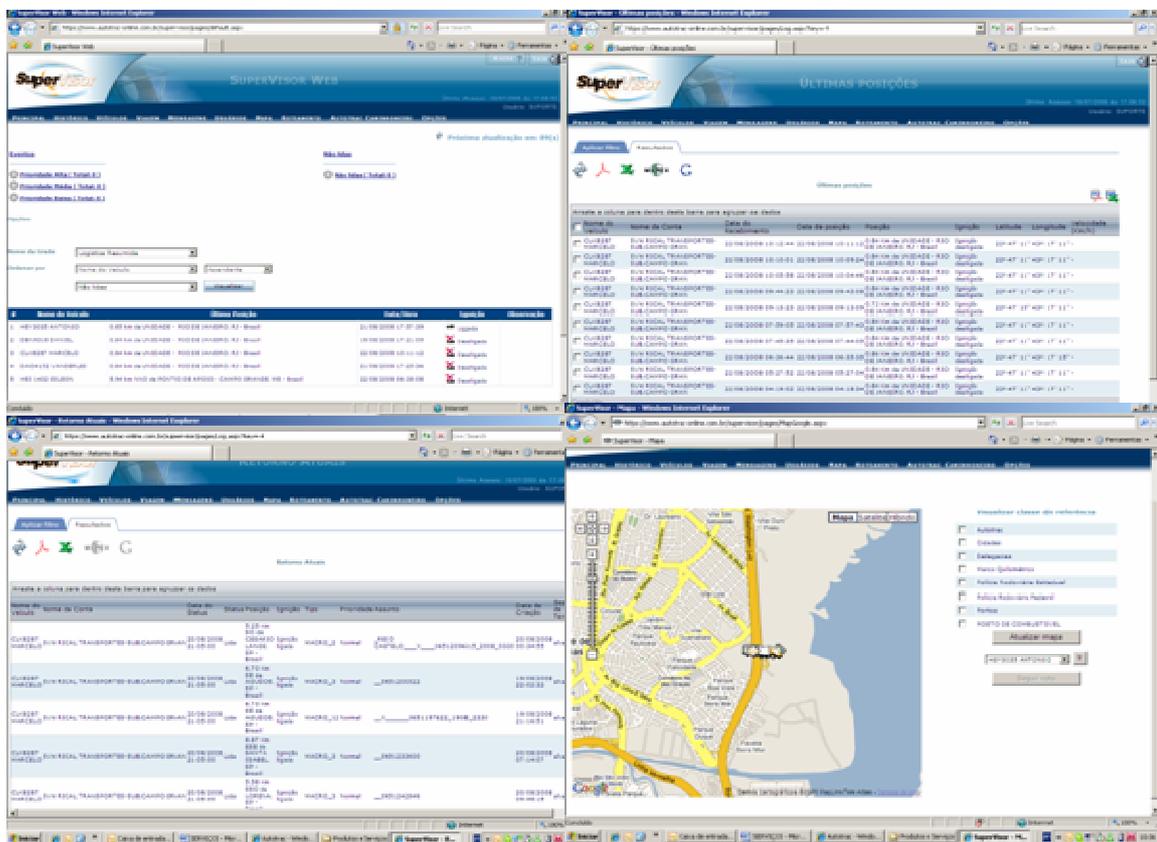


Figura 13.61 - Telas do Supervisor WEB - Tela inicial, relatório de posições, histórico de mensagens de retorno e mapa.

13.4.6.11 - Supervisor telemetria

Por intermédio de um módulo específico desenvolvido no *software* SuperVisor, indicadores de RPM, velocidade e temperatura podem ser lidos, registrados e gerenciados,

permitindo aos usuários a integração das informações para acompanhamento gerencial e operacional nos casos de não-conformidade ou simplesmente para registro e geração de relatórios com o perfil de atividade de cada indicador.

O controle de temperatura, por exemplo, é ideal para ser utilizado por transportadoras que trabalham com cargas frigorificadas, perecíveis e especiais e que não podem sofrer alterações antes de chegarem aos seus destinos.

Para que seu funcionamento seja perfeito, o *software* necessita de um sensor, cuja instalação é feita nas unidades da Autotrac em todo Brasil.

Tem como público alvo clientes que possuam caminhões frigoríficos ou refrigerados equipados com módulo refrigerador, além de clientes com sensor de velocidade e RPM (satélite ou celular). Suas funcionalidades permitem: Relatórios gerenciais de velocidade x RPM, temperatura da carga e funcionamento da máquina (*Thermo King* e *Carrier*). Suas vantagens são: Gestão da frota (banguela, excessos de velocidade e RPM), Redução do consumo de combustível, maior durabilidade do motor, pneus e do veículo em geral, redução do risco de acidentes, gerenciamento da temperatura da carga, gerenciamento do funcionamento do equipamento de refrigeração.

14 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho apresentado teve o seu foco dividido em duas partes principais, sendo, a primeira o estudo feito das técnicas fundamentais de acesso múltiplo FDMA, TDMA e CDMA em sistemas via satélites, e a segunda a apresentação do sistema OmniTRACS da Qualcomm Incorporated, ou OmniSAT, marca de propriedade da Autotrac.

A evolução do primeiro assunto sobre o acesso múltiplo afinou-se na análise comparativa dessas técnicas, onde foram avaliadas comparativamente suas vantagens e eficiência, com contribuições através de simulações, levantamento de dados e gráficos. Verificou-se que existe uma grande variedade de soluções para o problema de múltiplo acesso, e que a escolha do tipo de acesso depende, acima de tudo, das considerações econômicas, pois existe um custo global em termos de investimento, custos operativos e benefícios em termos de rendimentos. Também as indicações gerais podem ser dadas de acordo com o tipo de tráfego. Se o volume do tráfego por portadora é grande e o número de acessos é pequeno, a técnica FDMA tem a vantagem de simplicidade operacional. Quando o tráfego por portadora é pequeno e o número de acessos é grande, a técnica FDMA perde muito em eficiência de uso do segmento espacial e as técnicas CDMA e TDMA são as melhores opções, nesse caso. Para pequenas estações expostas a interferência inter-sistemas, CDMA pode ser preferida a despeito de seu baixo *throughput*. A seleção do acesso múltiplo FDMA ou TDMA também implica em uma escolha entre demanda fixa e contratada, pois as considerações econômicas prevalecerão e o aumento no rendimento resultante do mais alto tráfego é comparado com o custo acrescido envolvido na instalação de equipamentos para controle da demanda contratada.

Como introdução conceitual foi discutida a fundamentação teórica do sistema de posicionamento global GPS, explicando o seu funcionamento, influências no meio, erros, exatidões e tipos de equipamentos existentes.

Na evolução do segundo assunto descreveu-se o sistema OmniTRACS da Qualcomm e OmniSAT da Autotrac, envolvendo, entre os vários assuntos discutidos, o uso dos terminais móveis e os conceitos teóricos sobre os *links* de envio, retorno, posicionamento, topologia da rede de dados, características e evolução. Deu-se uma visão geral do setor de

comunicação móvel de dados e rastreamento de veículos no Brasil, com dados estatísticos dos mercados segmentados e seus números. Foi apresentado um estudo completo dos produtos e serviços oferecidos pela Autotracs. Viu-se a aplicação do sistema de comunicação móvel da Autotracs utilizando como meio de comunicação as redes celulares atualmente existentes, onde se concluiu que o meio de comunicação escolhido, seja ele satelital ou celular, depende da área de atuação dos veículos e das aplicações envolvidas. Por exemplo, veículos que circulam em áreas urbanas com uma excelente cobertura celular, possivelmente estarão utilizando os produtos Autotracs Celular ou Auto, pois geralmente são veículos que fazem operações de distribuição, coleta e entrega de produtos dentro das cidades. Já aqueles que fazem viagens entre cidades, ou transferências, como são chamadas, passam por áreas que não são cobertas pela rede celular. Então só é possível utilizar tecnologia satelital, onde não existem áreas de sombra de sinal. Tais sistemas, nos meios satelital e celular, implementam segurança e logística apurada ao mercado de transportes, comunicação bidirecional, posicionamento, consultas a banco de dados nos ambientes móveis, desde empresas privadas até órgãos governamentais, *utilities* entre outras aplicações.

Como recomendação de trabalhos futuros, sugere-se o estudo do *software* de logística Qtracs/400 e o módulo SensorTRACS, o qual permite a análise de dados dos veículos, e são comercializados pela Qualcomm nos Estados Unidos, Canadá dentre outros países. Propõe-se também um estudo minucioso de funcionamento dos *links* de envio e retorno, mostrando como são estruturadas as formas de onda, *frames*, endereçamentos e pacotes de mensagens e posicionamentos. Também se propõe o desenvolvimento de novos acessórios e serviços que possam agregar novas funcionalidades aos sistemas satelital e celular, pois se acredita que no futuro estes serão de fato os grandes diferenciais na comercialização dos produtos aplicados ao mercado de transportes, comunicação móvel, rastreamento e monitoramento de veículos e frotas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Introdução aos sistemas via satélite, Marcelo R. de Almeida, Iba-Wakigawa, 36 páginas, 1ª Ed., 2003.
- [2] Site: <http://www.anatel.gov.br>
- [3] Notas de aula do Professor Marco Antonio Brasil Terada, Ph.D da Universidade de Brasília – UnB – curso de pós-graduação cursado em 2007 – arquivo 14_Satelites_PPT_2006.
- [4] Notas de aula do Professor Marco Antonio Brasil Terada, Ph.D da Universidade de Brasília – UnB – curso de pós-graduação cursado em 2007 – arquivo 12a_Reflector_Antennas.pdf.
- [5] Treinamento básico em comunicações via satélite VI.8176.TR.001 (83 páginas) - Vicom - Fev/1995.
- [6] Noções de sistemas satélites (8 páginas) - Vicom - 1997.
- [7] Sistemas Telefônicos, Paul Jean Etienne Jeszenszky, ed. Manoele, 2003.
- [8] Site: <http://www.embratel.com.br>
- [9] Data Protocols and Satellite Delay by B. Kirk, Via Satellite Magazine - Aug 1990.
- [10] Site: <http://www.itu.int>
- [11] Site: <http://www.teleco.com.br>
- [12] An overview of the IRIDIUM (R) low Earth orbit (LEO) satellitesystem, Fossa, C.E.; Raines, R.A.; Gunsch, G.H.; Temple, M.A., Aerospace and Electronics Conference, 1998. NAECON 1998. Proceedings of the IEEE 1998 National, Volume , Issue , 13-17 Jul 1998.
- [13] Data Protocols and Satellite Delay by B. Kirk, Via Satellite Magazine - Aug 1990.
- [14] MORGAN, W. L.; GORDON, G. D. Communications Satellite Handbook. Wiley-Interscience - 1989.
- [15] Satellite Communications Systems – G. Maral, M. Bousquet – 2ª Ed.
- [16] Notas de aula do Professor Marco Antonio Brasil Terada, Ph.D da Universidade de Brasília – UnB – curso de pós-graduação cursado em 2007 – arquivo 29a_Celulares.pdf.
- [17] Abramson, N., “Multiple Access in Wireless Digital Networks”, Proceedings of the IEEE, vol. 82, No. 9, pp. 1360-1370, September 1994.
- [18] Weiss, T.A. e Jondral, F.K., Karlsruhe Univ., Alemanha; Spectrum pooling: an

- innovative strategy for the enhancement of spectrum efficiency, IEEE Communications Magazine, vol 42, no.4, Mar 2004, pp. 8-14.
- [19] NARA, Núcleo de Apoio à Rede Acadêmica, Sistema de Posicionamento Global, Renato M. de Souza, 2006.
- [20] Understanding GPS: Principles and Applications, 2o. Edition, Elliott D. Kaplan, Christopher Hegarty, Artech House Publishers, 2006.
- [21] GPS TrackMaker, Odilon F. Junior, and Travel by GPS, Doug Adomatis, 2002.
- [22] Sistema de Posicionamento Global, GPS Global, Marcos M. Ribeiro, 2000.
- [23] <http://www.qualcomm.com>
- [24] OmniTRACS: a commercial Ku-band mobile satellite terminal and its applicability to military mobile terminals - 1988 IEEE - Volume , Issue , 23-26 Oct 1988
Pages: 761-764 vol.3 - Digital Object Identifier: 10.1109/MILCOM.1988.13477.
- [25] CDMA: Principles of Spread Spectrum Communication (Addison-Wesley Wireless Communications), Author: Andrew J. Viterby, April 27, 1995.
- [26] Predição de indisponibilidade por chuvas em redes VSAT no Brasil, Luiz Eduardo M. Felix, dissertação de Mestrado, PUC-RJ, 2004.
- [27] SOARES, L.F.G., LEMOS, G.;COLCHER, S. Das LANs, MANs eWANs às redes ATM, 2º ed. Editora Campus, 1995.
- [28] www.autotrac.com.br
- [29] Revista Satellitis nº 05, Divulgação trimestral Autotrac - Outubro de 2003.
- [30] Revista Satellitis nº 01, Divulgação trimestral Autotrac - Junho de 2002.