

INTRODUÇÃO DE TÉCNICAS ANALÓGICAS NÃO CONVENCIONAIS E DE TÉCNICAS DIGITAIS  
NO SISTEMA DE TRANSMISSÃO INTERNACIONAL VIA SATÉLITE

Antonio da Costa Pereira Netto  
Embratel - Depto. de Engenharia Internacional

Aparecido Donizeti Mendonça  
Embratel - Depto. de Engenharia Internacional (até Fev/88)

## 1. INTRODUÇÃO

O mundo das telecomunicações está vivendo uma rápida evolução rumo às novas tecnologias, com a contínua e acentuada introdução de facilidades de comutação e transmissão digital. Provavelmente, até o final deste século, os sistemas analógicos deverão ser substituídos por seus equivalentes digitais em um grande número de países. A introdução da técnica de portadoras com taxa de dados intermediária (IDR) no sistema INTELSAT é mais um passo neste processo, fornecendo um sistema de transmissão digital com múltiplo acesso, flexível, permitindo a sua operação com enlaces via satélite através de uma grande variedade de Estações Terrenas tipo "STANDARD". A tecnologia de portadoras IDR passou a ser particularmente atrativa, tendo em vista as tarifas em vigor desde o início de 1987 para o canal satélite digital. Esta filosofia tem possibilitado aos países signatários participantes do sistema INTELSAT considerável economia nas despesas mensais do aluguel do segmento espacial com o uso do equipamento de multiplicação de circuitos digitais de alto ganho (DCME).

Por outro lado, o aparecimento da técnica de canal analógico com compensação possibilitou um maior aproveitamento das faixas de frequência utilizadas nos transponders dos satélites de comunicação. A compressão/expansão de canais analógicos abriu caminho para a utilização mais eficiente das bandas passantes associadas a transmissão de portadoras moduladas através da técnica FDM/FM. Conseguiu-se até mesmo dobrar a canalização correspondente a uma mesma banda passante de transmissão, com a manutenção da mesma relação sinal ruído subjetiva de cada canal.

Esses fatos justificam a necessidade de estudos para utilização de técnicas de comunicação não convencionais no Sistema de Transmissão Internacional Via Satélite Brasileiro. Assim sendo, o principal objetivo deste trabalho é apresentar um Estudo sobre Técnicas de Transmissão não Convencionais, visando o atendimento à demanda do tráfego telefônico internacional e abordando os seguintes pontos principais:

- descrição, segundo as novas tecnologias existentes, das diferentes alternativas possíveis de uso dos sistemas de transmissão não convencionais, analógicos e digitais;
- análise técnico - econômica de algumas alternativas de implantação destas técnicas de forma compatível com o uso numa rede aberta de comunicações internacionais;
- algumas sugestões relativas a sua estratégia de implementação.

## 2. SISTEMAS ANALÓGICOS COM COMPANSÃO (CFDM/FM)

### 2.1 Aspectos Gerais

FDM/FM com compensação (CFDM) é uma técnica usada para aumentar o número de canais de banda base para uma mesma largura de faixa de FI. Na verdade, quase o dobro de canais pode ser conseguido em relação a técnica FDM/FM convencional, para portadoras de baixa e média capacidade.

Um equipamento de compensação consiste numa unidade transmissora chamada compressor e numa unidade receptora chamada expansor. No lado de transmissão, o compressor é usado para reduzir a extensão dinâmica do sinal pela amplificação do nível baixo dos sinais de voz. Isto resulta

numa melhora da relação sinal ruído total devido a amplificação em potência dos níveis baixos do sinal de voz na transmissão. No lado da recepção o expansor restaura a extensão dinâmica do sinal original pela atenuação do nível baixo dos sinais de voz. Durante as pausas intersilábicas o ruído do enlace é fortemente atenuado pelo expansor, promovendo uma melhora subjetiva na relação sinal-ruído total.

Tipicamente, a saída do compressor varia de 1dB para uma variação de 2dB no sinal de entrada. Esta relação é conhecida como razão de compressão e é governada pela inclinação da curva característica de compressão. As características do expansor são inversas em relação as do compressor, isto é, o sinal de saída varia de 2dB para uma variação de 1dB no sinal de entrada. Esta característica é conhecida como razão de expansão e é governada pela inclinação da curva típica de expansão. Quando colocados simultaneamente no enlace, a combinação compressor e expansor resulta em um meio transparente para transmissão do sinal analógico de voz (ref. 5 e 8).

A vantagem do equipamento de compensação é definida como a diferença em dB entre o nível de ruído no canal afetado pelo compressor e expansor e o nível de ruído de -51dBmOp do canal de referência não compandido, quando o desempenho de transmissão do sinal de voz em ambos os canais apresentar a mesma qualidade subjetiva. O ganho introduzido pelo uso de equipamento de compensação nos canais FDM no sistema INTELSAT é de 9dB (ref.15). Este fato permite, em alguns casos, dobrar a capacidade de canais para uma mesma faixa de frequência de FI. Maiores aumentos de capacidade são conseguidos quando esta técnica é aplicada a portadoras de baixa canalização. A tabela 2.1 mostra os aumentos práticos de canalização obtidos, para algumas capacidades de portadora em estações Standard A, utilizando o equipamento de compensação padrão de 9dB do INTELSAT:

TABELA 2.1 - GANHO DE COMPANSÃO (DADOS PRÁTICOS)

CAPACIDADE	GANHO
24 canais	2
48 canais	1.95
132 canais	1.9
252 canais	1.9
492 canais	1.7

A vantagem espectral obtida depois de feita a modulação em frequência é consequência da atuação do compressor, que reduz a extensão dinâmica do sinal de voz entrante, atenuando os sinais acima do nível não afetado, reduzindo o desvio r.m.s. produzido pelo sinal multiplex e reduzindo o desvio de pico da portadora FDM/FM. A título ilustrativo a Fig. 2.1 mostra um gráfico da faixa de FI ocupada em função do ganho de Compansão, para diversas capacidades de portadora CFDM, mantendo constante a relação portadora ruído C/N.

O compressor é inserido no lado de transmissão no circuito de voz a quatro fios, após o supressor de eco, enquanto que o expansor é inserido no lado de recepção, antes do supressor de eco.

## 2.2 Considerações sobre implementação de equipamento compensação

Equipamentos de compensação podem ser utilizados sem necessidade de modificações nos subsistemas de modulação, FI e RF, sendo requeridas apenas as seguintes mudanças em banda básica:

- Mudança da rede de pré-ênfase/de-ênfase e dos filtros para medida do ruído fora de faixa (OBN);
- Aumento do equipamento multiplex associado aos novos canais transmitidos.

## 2.3 Utilização de compensação parcial

A partir das características típicas de uma portadora FDM/FM regular, através da introdução de arranjo simples numa banda básica mista formada por canais normais e compandidos, ajustando o desvio e mantendo inalterados todos os demais parâmetros da portadora original, é possível conseguir-se um desempenho subjetivo uniforme, tanto para os canais normais, como para os canais compandidos ref.9. Este desempenho é equivalente ao dos canais associados a uma portadora FDM/FM regular. Portanto, a capacidade da portadora parcialmente compandida será maior do que a da portadora original.

O aumento de capacidade de uma portadora FDM/FM regular irá depender do número de canais compandidos na banda básica mista obtida, assim como o valor do desvio de frequência a ser empregado irá variar com este mesmo número. A título de exemplo, a tabela 2.2 mostra a variação de capacidade de uma portadora usando equipamento de compensação parcial, em função da percentagem de canais não compandidos da banda básica (ref.10):

As principais vantagens do uso da compensação parcial são as seguintes:

- eliminar nos enlaces multidestino a necessidade de separação entre as portadoras compandidas e as não compandidas, o que resultará em aumento da eficiência de utilização do segmento espacial e redução dos custos do segmento terrestre (cadeias de GCE);
- facilidade para inserir novos canais em portadoras multidestino já existentes, para atender as rotas de baixa capacidade com novos países.

De acordo com as especificações do INTELSAT, recomenda-se o uso dos canais compandidos na parte mais alta da banda básica, conforme mostrado na mesma figura. Ainda de acordo com estas especificações, o uso de equipamento de compensação está limitado a não mais do que 252 canais entre quaisquer duas estações, e a não mais do que 792 canais em qualquer portadora multidestino.

## 3. SISTEMAS DIGITAIS DE VELOCIDADE MÉDIAS (IDR - "INTERMEDIATE DATA RATE")

### 3.1 Uso da tecnologia digital no sistema INTELSAT

Nos últimos anos o uso da transmissão digital apresentou um crescimento bastante significativo nos sistemas de comunicações de diversos países.

Com objetivo de participar deste processo de desenvolvimento, o INTELSAT vem tentando implantar sistemas de transmissão digital que permitam a interligação das redes dos países que utilizem o seu sistema, sem necessidade de grandes investimentos em equipamentos.

Um dos sistemas de transmissão digital atualmente disponíveis no INTELSAT é o sistema IDR ("intermediate data rate"), que consiste em portadoras digitais com capacidade variando de 64Kbit/s a 44Mbit/s, empregando modulação QPSK com codificação diferencial e detecção coerente, podendo usar ou não a interpolação digital para canais de voz (DSI) e usando a técnica de múltiplo acesso por divisão na frequência (FDMA).

O sistema IDR oferece um grande potencial de facilidades em relação às demais, no processo de digitalização dos meios de transmissão internacionais via satélite. Podem ser destacadas algumas destas facilidades, a saber (ref. 1 e 2):

- maior flexibilidade no encaminhamento de sinal, usando taxas de transmissão de 64Kbit/s a 44,736Mbit/s;
- transparência à hierarquia digital recomendada pelo CCITT;
- redução nos custos de implantação, em função da possibilidade de utilização dos equipamentos de RF da Estação Terrena.
- menor complexidade no equipamento de controle de todo o sistema, se comparada com a técnica TDMA.

Além dos pontos apresentados acima, existem ainda algumas vantagens no emprego da técnica IDR que são também comuns às demais técnicas de transmissão digital, a saber:

- melhoria no desempenho do sistema de transmissão, comparado com sistemas analógicos de condições similares;
- aumento de capacidade efetiva da portadora transmitida através do uso de equipamento de multiplicação de circuitos digitais.

Mesmo considerando que todas as razões expostas acima são bastante favoráveis à aplicação desta técnica de transmissão, é importante levantar algumas situações que poderão impactar a sua utilização, a saber:

- rotas onde o equipamento de comutação e o enlace terrestre ainda são analógicos. Esta situação exige a utilização de equipamentos conversores digital/analógico na estação terrena, ou grandes investimentos pela substituição dos equipamentos de comutação e do enlace terrestre por tecnologia digital;
- rotas que envolvem administrações operando em diferentes hierarquias. Neste caso será necessário o uso de equipamentos conversores de hierarquia para capacidades maiores que 2Mbit/s, cuja aplicação resulta em aumento de custos, além de problemas de compatibilização entre diferentes simetrias de configuração;
- o enlace terrestre entre o Centro Internacional (ISC) e a Estação Terrena deve estar preparado para a transmissão de sinais digitais.

### 3.2 Características gerais da técnica IDR

O sinal digital proveniente da rede telefônica comutada, depois de multiplexado no tempo, modula em QPSK um sinal de frequência intermediária (FI). O sinal de frequência intermediária é então transladado pelo conversor de transmissão para uma faixa de frequência de RF específica. Em seguida, o sinal é amplificado pelo HPA e enviado para a antena. O acesso ao segmento espacial é feito pela distribuição simultânea de várias portadoras de RF no transponder, com diferentes frequências, de maneira semelhante ao sistema FDM/FM convencional. No

lado de recepção o sinal é inicialmente amplificado pelo LNA, em seguida é transladado pelo conversor de recepção para a frequência intermediária de FI, sendo então demodulado coerentemente e finalmente demultiplexado e encaminhado à Rede Telefônica.

O uso de código corretor de erro FEC (Forward Error Correction) de 3/4 é mandatório para portadoras IDR com taxa de informação até 8,44Mbit/s.

O sistema corretor de erro empregado utiliza código convolucional com decodificador de Viterbi de decisão suave. A aplicação do corretor de erro é necessária para reduzir a EIRP requerida, permitindo operar com estações menores ou promovendo aumento de capacidade do transponder, quando operando com estações maiores (ref.11).

### 3.2.1 Hierarquias Digitais e Taxas de Informação

Existem três hierarquias digitais recomendadas pelo CCITT (Rec.G.802). Uma é baseada no nível primário de 2,048Mbit/s (CEPT), enquanto que as outras duas são baseadas no nível primário de 1,544Mbit/s (não CEPT). No caso da comunicação entre redes usando diferentes hierarquias (ref.4), o CCITT recomenda uma hierarquia preferencial para a interligação. A tabela 3.1 mostra estas 3 hierarquias digitais e a hierarquia preferencial de interconexão.

### 3.2.2 Operação multidesestino

Estações operando com portadoras IDR podem se interligar tanto no modo ponto a ponto como no modo multidesestino, com características similares ao sistema FDMA existente, em ambos os casos.

O termo multidesestino significa que uma portadora transmitida por uma estação terrena leva com ela tráfego endereçado a duas ou mais estações terrenas. Para um sistema IDR operando na configuração multidesestino são possíveis dois modos de operação, a saber:

O primeiro deles baseia-se na utilização de grupos de 1ª hierarquia dedicados a um único destinatário, simplificando consideravelmente a implementação de portadoras multidesestino, uma vez que neste caso a simetria entre o lado de transmissão e recepção deve ser obtida através de cada grupo correspondente de 2,048Mbit/s. Estes grupos de 1ª hierarquia são multiplexados para constituir portadoras multidesestino de 8,448Mbit/s. A título ilustrativo a Fig. 3.1 mostra um exemplo deste modo de operação multidesestino.

A segunda opção consiste na formação e rupos de 1ª hierarquia dirigidos para vários destinatários, que provavelmente necessitarão de equipamento adicional para manter a simetria entre os canais de 64Kbit/s transmitidos e recebidos. Possivelmente a solução mais simples é usar um equipamento do tipo "derivador e inseridor" de canais. Este equipamento permitirá a extração/inserção de alguns canais de 64Kbit/s de portadoras IDR recebidas com taxas de 2,048Mbit/s.

Estes canais derivados somados aos canais provenientes de outra unidade de derivação passam por um equipamento multiplex de 1ª hierarquia formando um grupo PCM de 2,048Mbit/s, que é encaminhado através do enlace terrestre à central internacional. Desta maneira a simetria entre o sinal transmitido e recebido pode ser obtida,

desde de que os canais derivados das portadoras de 2,048Mbit/s sejam alocados convenientemente no grupo PCM de 30 canais a ser enviado para a central internacional. A título ilustrativo, a Fig. 3.2 mostra um exemplo deste modo de operação multidesestino.

Das alternativas apresentadas sobre a aplicação do equipamento multiplex para operação multidesestino, a segunda opção exige uma avaliação mais rigorosa, tendo em vista o custo adicional devido a necessidade de equipamentos para manutenção da simetria entre os canais transmitidos e recebidos. Uma análise de determinação do melhor local para instalação destes equipamentos indica que na estação terrena existirá a vantagem de melhor aproveitamento do enlace terrestre, enquanto que a instalação no ISC aproveitará as facilidades operacionais já existentes ali, uma vez que o equipamento a ser implantado, por necessidade de manutenção de simetria, exige o acesso a nível de canal. A aplicação da primeira opção, pelo fato de ser a nível de grupo de 30 canais (2,048Mbit/s) e não apresentar grandes exigências operacionais, recomenda que o equipamento multiplex deva ser instalado na Estação Terrena, em função de um maior aproveitamento do enlace terrestre.

Adicionando-se a facilidade operacional à facilidade de que a maior parte das rotas deve apresentar canalização próxima a 2Mbit/s (grupos de 30 canais), é previsível uma maior aplicação do modo de operação relativo à primeira opção, mesmo que em alguns casos sejam mantidos alguns canais vagos no enlace, aguardando novas expansões.

## 4. EQUIPAMENTO DE MULTIPLICAÇÃO DE CIRCUITOS

### 4.1 Considerações Gerais

A finalidade do equipamento de multiplicação de circuitos (CME - CIRCUIT MULTIPLICATION EQUIPMENT) é aumentar o número de canais que possam ser transmitidos em enlaces via satélite ou em enlaces terrestres. Existem duas categorias de CME. O de baixo ganho, com fator de multiplicação mínimo da igual a 2, e o de alto ganho, com fator de multiplicação mínimo ordem de 4. O CME de alto ganho é também conhecido como equipamento de multiplicação de circuitos digitais (DCME - DIGITAL CIRCUIT MULTIPLICATION EQUIPMENT) (ref.6).

### 4.2 Equipamento de Multiplicação de Circuitos de Baixo Ganho

Este equipamento utiliza uma técnica chamada Interpolação Digital da Voz (DSI-DIGITAL SPEECH INTERPOLATION) (ref.6), que aproveita os intervalos de conversação e as pausas intersilábicas da conversação num determinado canal para inserir informações extraídas de outros canais em atividade simultânea. Medidas efetuadas em circuitos reais mostraram que a atividade média de um canal é de cerca de 40% do tempo total de ocupação do juntor. A técnica DSI explora esta propriedade (baixa atividade da voz), limitando o número de canais satélite usados para transmitir um dado número de canais terrestres. Prevê-se um aumento de capacidade de cerca de 2 vezes para o enlace satélite, dependendo do número de canais de voz ativos.

Canais trafegando com informações diferentes da voz, com características de transmissão contínua, causam alta atividade no sistema DSI, reduzindo sensivelmente o ganho introduzido por esta técnica. A interpolação desses canais só é possível dentro dos intervalos de silêncio (tempo decorrido até que uma ligação internacional seja completada).

#### 4.3 Equipamento de Multiplicação de Circuitos de Alto Ganho (DCME)

DCME usa técnicas de processamento digital para reduzir a taxa de bits para transmissão de um canal, de 64Kbit/s para 32Kbit/s. Este equipamento usa a codificação de baixa velocidade (LRE - LOW RATE ENCODING) e baseia-se na técnica de codificação de pulsos diferencial adaptativa (ADPCM - ADAPTATIVE DIFFERENTIAL PULSE CODE MODULATION).

A principal vantagem da técnica LRE consiste na escolha do intervalo de variação do nível dos sinais a serem transmitidos (diferenças entre amostras sucessivas). Como este intervalo é bem menor do que o seria se as próprias amostras fossem transmitidas, tais sinais podem ser codificados empregando-se apenas quatro bits, com 16 níveis de quantização, sem maiores problemas com o ruído de quantização.

Na verdade o DCME é formado pela combinação das técnicas LRE e DSI, descrita no item anterior. O processo completo de multiplicação de circuitos é identificado como LRE/DSI. Com o emprego da técnica LRE/DSI podem-se obter ganhos de capacidade de 4 a 6 vezes através de enlaces terrestres e de enlaces via satélite. Este sistema também permite a transmissão de dados para velocidades até 9, Kbit/s.

#### 4.4 Modos de operação do equipamento DCME

Para manter a flexibilidade do sistema de transmissão digital, a técnica LRE/DSI do INTELSAT permite dois modos de operação chamados "multiclique" e "multidestino".

No modo "multidestino" um pool comum de canais satélite é empregado para concentrar um dado número de canais terrestres independentemente do destino desses últimos. Tal conceito permite conseguir o máximo ganho, já que este é apenas função do número de canais terrestres processados pelo equipamento LRE/DSI.

Na recepção, no entanto, o equipamento LRE/DSI será obrigado a receber de cada terminal correspondente, operando no mesmo transponder, o número total de canais satélite usado por aquele terminal, para extrair os canais a ele destinados. Isto provoca uma grande assimetria entre as taxas de bit de carregamento na transmissão e na recepção em um terminal.

No modo "multiclique", por sua vez, o pool de canais satélite é dividido em grupos independentes (cliques), cada qual sendo reservado para apenas um destino. Neste caso, na recepção, bastará ao equipamento LRE/DSI receber o clique a ele destinado, e então as taxas de bit, tanto no lado da TX, como na RX, serão as mesmas, já que o ganho de concentração de cada clique é função apenas do número de canais terrestres presentes naquele clique (ref.12).

As Fig. 4.1 e 4.2 mostram, respectivamente, os diagramas de bloco dos equipamentos de transmissão e recepção para os modos multiclique e multidestino.

As principais desvantagens do modo "multiclique" são:

- (i) o ganho é menor em função do decréscimo no tamanho dos grupos individuais de canais terrestres a serem interpolados. Esta perda em eficiência cresce com o aumento do número de destinos (cliques).
- (ii) é necessário o uso mínimo de um canal designado (Assignment Channel) associado a cada clique, o que torna um pouco mais complexo o equipamento de transmissão.

A grande vantagem do modo "multiclique"

está na sua maior flexibilidade na definição do local de instalação do equipamento LRE/DSI. Este equipamento pode ser colocado tanto na estação terrena (E/S) como no Centro de Comutação Internacional (ISC), o que não é possível no modo "multidestino", para o qual a colocação no ISC é economicamente proibitiva, pois estaria associada a um uso extremamente não eficiente da capacidade do enlace terrestre entre a E/S e o ISC.

O modo "multidestino" terá um uso predominante em um cenário caracterizado por tráfego distribuído, enquanto que o modo "multiclique" é mais apropriado a um cenário com fluxos de alto tráfego ponto a ponto ou concentrados a até 2 destinos.

#### 4.5 Características do algoritmo utilizado no equipamento DCME(LRE/DSI) do INTELSAT

O algoritmo utilizado no equipamento DCME (LRE/DSI) do INTELSAT emprega uma técnica de protocolos para reconhecimento dos canais de dados transmitidos, e aplica o algoritmo G.721 do CCITT modificado, que usa codificação de 5bits por amostra para dados, isto é, taxa de transmissão de 40Kbit/s., além da codificação para telefonia com 4 bits para a condição normal e 3 bits para situações de sobrecarga.

Como resultado das diferentes aplicações do algoritmo utilizado pelo equipamento DCME (LRE/DSI), o ganho de multiplicação de circuitos alcançado pela utilização destes equipamentos dependerá do tráfego, da percentagem dos canais de dados, do número de canais pré-consignados e do tamanho dos pools interpolados. A figura 4.3 exemplifica a variação do ganho DCME em função destes fatores (ref.14).

### 5. ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS

A tabela 5.1 apresenta uma comparação percentual de custos entre diferentes sistemas de transmissão analógicos e digitais, para uma portadora multidestino com diferentes canalizações (ref. 3.13).

Para a obtenção dos dados desta tabela foram considerados os seguintes critérios de canalização e de levantamento de custos:

#### 5.1 Canalizações

##### 5.1.1 Sinais Analógicos Convencionais FDM/FM

a) Transmissão e Recepção:

Canalização pequena: 36 CH/2,5 MHz  
Canalização média: 132 CH/7,5 MHz  
Canalização alta: 492 CH/20.0MHz

##### 5.1.2 Sinais Analógicos com compensação CFDM/FM

a) Transmissão:

Canalização pequena:  
- Compansão parcial: 48 CH/2,5MHz  
- Compander total: 72 CH/2,5MHz

Canalização média:  
- Compansão parcial: 192 CH/7,5MHz  
- Compansão total: 252 CH/7,5MHz

b) Recepção:

Canalização pequena totalmente compandida: 72 CH/2,5MHz  
Canalização média totalmente compandida: 252 CH/7,5MHz

### 5.1.3 Sinais Digitais - IDR - 64Kbit/s

#### a) Transmissão e Recepção

Canalização pequena:  
2Mbit/s - 30 canais

Canalização média:  
8Mbit/s - 120 canais

Canalização alta:  
34Mbit/s - 480 canais

### 5.1.4 Sinais Digitais IDR- LRE/DSI

#### a) Transmissão e Recepção:

Canalização terrestre pequena: 120 canais  
Portadora de 2Mbit/s.

Canalização terrestre média: 480 canais  
Portadora de 8Mbit/s.

Canalização terrestre alta: 1920 canais  
Portadora de 34Mbit/s.

Obs.: O enlace terrestre entre a Estação Terrena e o Centro de Comutação Internacional não foi objeto de análise de custos.

## 5.2 Levantamento de Custos das Diferentes Alternativas

O procedimento adotado para cada alternativa é apresentado a seguir:

#### a) Custo de aluguel do segmento espacial

Custo mensal de 1/2 circuito terrestre = C1  
- Tarifa anual = 12 x C1  
- VP1: Valor presente do custo anual da tarifa por canal terrestre a 12% ao ano, em 10 anos.

#### b) Custo de investimento da alternativa

- VP2: Soma dos custos de equipamento de cada alternativa  
- VP3: Valor presente do custo total de investimento por canal terrestre

$VP3 = VP2 / n^2$  de canais terrestres da alternativa'

Para os equipamentos nacionais foi considerada a relação:  
Preço CIF = 3 x Preço FOB.

Os custos apresentados já incluem todos os impostos.

c) VP: valor presente de custo total (investimento + aluguel do segmento espacial) por canal terrestre

Para cada alternativa temos:  
 $VP = VP1 + VP3$

#### d) Relação de equipamentos nacionais considerados:

- . Modulador Fm + Conversor de Transmissão
- . Demodulador Fm + Conversor de Recepção
- . Multiplex Analógico
- . Transmultiplex TDM/FDM
- . Multiplex Digital

#### e) Relação de equipamentos importados considerados

- . Modulador PSK + Conversor de Transmissão (IDR)
- . Demodulador PSK + Conversor de Recepção (IDR)
- . Compressor/Expansor
- . Equipamento Multiplicador de Circuitos (DCME-LRE/DSI)

## 6. CONCLUSÕES

Embora a transmissão de canais telefônicos utilizando a técnica IDR não seja economicamente mais atrativa do que as técnicas de transmissão FDM/FM, CFDM/FM e TDM-PCM/FM, esta técnica está sendo rapidamente introduzida no Sistema de Comunicação Via Satélite do INTELSAT, e é sugerida para utilização na transmissão de sinais digitais Via Satélite, correspondente ao tráfego entre centrais de comutação digitais, tendo em vista os seguintes aspectos:

- (i) facilidade de interconexão das redes terrestres digitais dos diversos países que formam o sistema INTELSAT;
- (ii) perspectiva de um melhor aproveitamento da potencialidade do segmento espacial com o uso do equipamento de multiplicação de circuitos (DCME) para a transmissão de sinais digitais;
- (iii) manutenção da mesma filosofia operacional e de manutenção já consagrada com o uso da técnica FDM/FM/FDMA;
- (iv) menor complexidade e menor custo (para pequenas e médias canalizações) de equipamento, se comparados com a técnica TDMA, para a transmissão digital.

Mesmo com a implantação de equipamento IDR para atender parcialmente o tráfego telefônico, uma grande parte da canalização continuará usando técnica de transmissão analógica. Para estes casos, sempre que houver necessidade de expansão, a técnica CFDM destaca-se como solução bastante atrativa, tanto pela manutenção do custo de segmento espacial (mantendo no satélite a mesma faixa de canalização não compandida), quanto pela facilidade operacional de se adicionar canais de expansão compandidos à banda básica analógica convencional (portadoras multideestino com compansão parcial). Para os países com os quais o Brasil continuará a manter tráfego analógico, sugere-se que as expansões futuras que exijam novos investimentos em equipamentos analógicos sejam substituídas pela utilização da técnica de compansão parcial ou total, para uma capacidade máxima de 252 canais.

Considerando apenas o custo de investimento, os sistemas compandidos de média capacidade (132 a 252 canais) são mais atrativos. Porém, considerando os custos totais, incluindo investimentos e utilização do segmento espacial, e sendo este último a parte mais representativa, conclui-se que ambas as opções de canalização (pequena e média) são igualmente atrativas.

A compansão parcial tem a vantagem adicional de permitir que uma mesma portadora analógica de transmissão multideestino seja utilizada para tráfego analógico convencional e compandido, com diferentes países, respectivamente.

A técnica de transmissão IDR/LRE-DSI (DCME), em termos de custos totais, é a melhor alternativa para transmissão de sinais digitais.

A escolha de um modo adequado de operação do equipamento DCME pode ser influenciada tanto pelo tráfego de seus correspondentes quanto pelo ganho de multiplicação de circuitos desejado no enlace. O modo "multiclique" é recomendado na transmissão de canalização alta para até 2 destinos. Neste caso, sugere-se a instalação do equipamento DCME próximo a central de comutação, de modo que o ganho de multiplicação de circuitos possa otimizar em faixa as canalizações do enlace satélite e do enlace terrestre de conexão entre a estação terrena e o Centro de Comutação Internacional. O modo "multideestino" é recomendado para transmissão de canais distribuídos

entre um número máximo de 4 destinos. Neste caso, o equipamento DCME deve ser instalado na estação terrena para não subutilizar o enlace terrestre, usando toda a potencialidade de multiplicação de circuitos do equipamento DCME no enlace satélite, e possibilitando um roteamento de canais na estação terrena em múltiplos de 30 canais.

Para interconexões entre redes digitais de hierarquias diferentes, e utilizando a 2ª e 3ª hierarquias, será necessário equipar a estação terrena do lado brasileiro com equipamento multiplex não CEPT de 2ª e 3ª hierarquias (6,312Mbit/s e 44,736Mbit/s), de acordo com a recomendação G.802 do CCITT. Portanto, deve ser usada preferencialmente a 1ª hierarquia (2,048Mbit/s), para comunicação digital entre estas redes.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. THE INTRODUCTION OF INTERMEDIATE DATA RATE CARRIERS INTO THE INTELSAT SYSTEM - A BTI DISCUSSION PAPER - 1986
2. TECHNICAL AND ECONOMIC IMPACT OF THE USE OF STANDARD-B EARTH STATIONS IN THE INTELSAT SYSTEM-F. RANCY E P. ZERMIZOGLU - INTERNATIONAL JOURNAL OF SATELLITE COMMUNICATIONS - VOL.4 - 1986
3. INTELSAT NEW DIGITAL TARIFF RATES - MAIO DE 1987
4. DIGITAL INTERCONNECTION OF DISSIMILAR DIGITAL NETWORKS - N. F. DINN, A.G. NEYGAND E D.M. GARVEY - IEEE COMMUNICATIONS - VOL. 24 Nº 4 - 1986
5. APPLICATION OF COMPANDED FDM/FM IN THE INTELSAT SYSTEM BG/T-31-39 - JANEIRO DE 1980
6. INTELSAT LRE/DSI WORKSHOP - BG/T-54-11 - 1985
7. THE CIRCUIT MULTIPLICATION GAIN OBTAINABLE WITH THE INTELSAT DCME - BG/T. TEMP. 63-122 - AGOSTO DE 1987
8. REPORT ON COMPANDED FDM/FM - BG/T-31-37 - OUTUBRO DE 1980
9. PARTIALLY COMPANDED FDM/FM - BG/T INF.55-201E - JULHO DE 1985
10. PERFORMANCE CHARACTERISTICS FOR COMPANDED FREQUENCY DIVISION MULTIPLEX/FREQUENCY MODULATION (CFDM/FM) TELEPHONY CARRIERS - IESS 302
11. PERFORMANCE CHARACTERISTICS FOR INTERMEDIATE DATA RATES (IDR) DIGITAL CARRIERS - IESS 308
12. DIGITAL CIRCUIT MULTIPLICATION EQUIPMENT (DCME) SPECIFICATION 32KBIT/SEG ADPCM WITH DSI - IESS 501
13. NEW DIGITAL AND ANALOG SERVICES TARIFFS - AOR-9-23 - OUTUBRO DE 1987.
14. DIMENSIONING OF DCME LINKS - BG/T-65-13E - FEVEREIRO DE 1988
15. COMSAT REVIEW - SPRING 1978 - SZARVAS E SYDERHOUD.

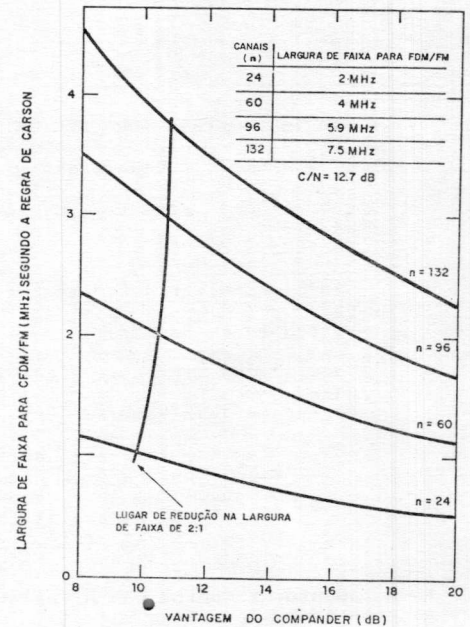


Fig. 2.1 LARGURA DE FAIXA OCUPADA NO SISTEMA CFDM/FM

TABELA 2.2

QUADRO COMPARATIVO DA UTILIZAÇÃO DE COMPANÇO PARCIAL PARA UMA PORTADORA FDM/FM DE 48 CANAIS E 2,5MHz DE LARGURA DE FAIXA PASSANTE

% DE CANAIS NÃO COMPANADOS	Nº DE CANAIS COMPANADOS	Nº DE CANAIS DE T.T. de COMPANADOS	Nº TOTAL DE CANAIS	DESVIO DO T.T. de COMPANADOS (KHz)	RAZÃO DE GANHO
100	48	0	48	151	1,00
90	46	5	51	160	1,06
80	44	12	56	176	1,16
70	42	18	60	188	1,25
60	39	26	65	204	1,35
50	35	35	70	220	1,46
40	30	45	75	235	1,56
30	24	56	80	251	1,67
20	17	68	85	267	1,77
10	9	80	89	279	1,87

NÍVEL DE HIERARQUIA DIGITAL	CEPT (EUROPEIA/BRASILEIRA)	NÃO CEPT (AMERICANA/JAPONESA)	HIERARQUIA PARA CONEXO CEPT - NÃO CEPT	TAXA DE BIT (Mbit/s)
1 (PRIMÁRIO)	2,048	1,544	1,544	2,048
2 (SECUNDÁRIO)	8,448	6,312	6,312	6,312
3 (TERCIÁRIO)	34,368	44,736	32,064	44,736

TABELA 3.1 - CONEXO ENTRE REDES DIGITAIS DE HIERARQUIAS DIFERENTES

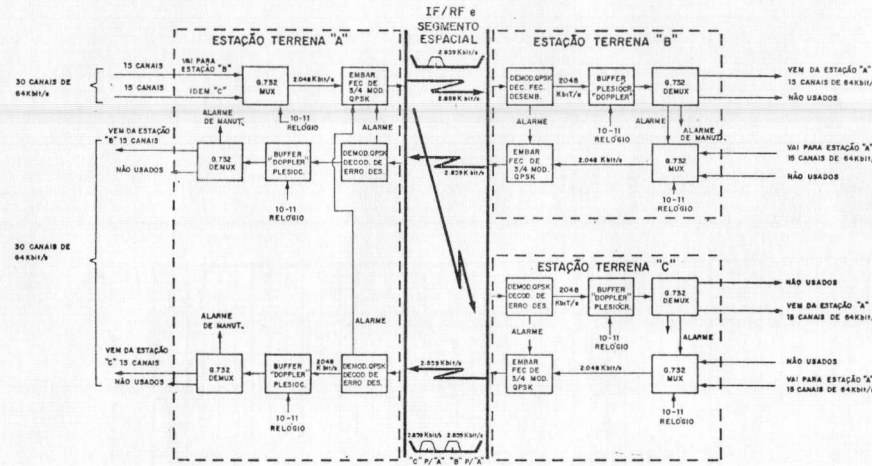


FIG. 3.2 - ILUSTRAÇÃO DA APLICAÇÃO DE IDR MULTIDESTINO (Grupos de 64 Kbit/seg.)

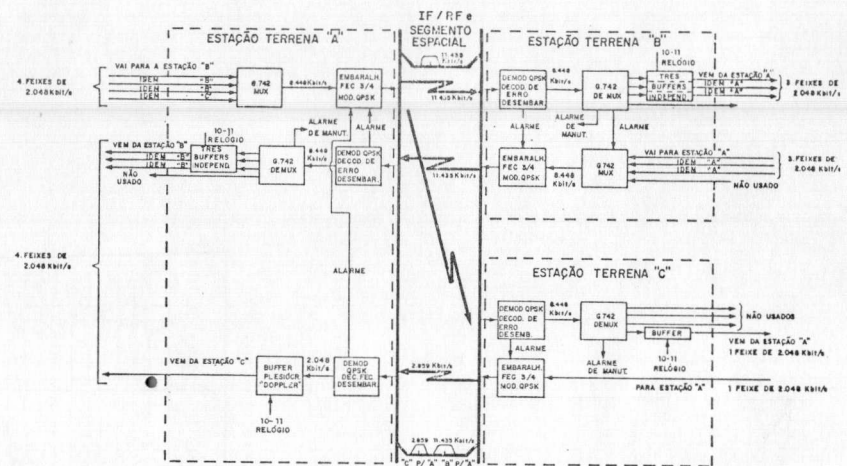


FIG. 3.1 - ILUSTRAÇÃO DA APLICAÇÃO DE IDR MULTIDESTINO (GRUPOS DE 2.048 Kbit/seg.)

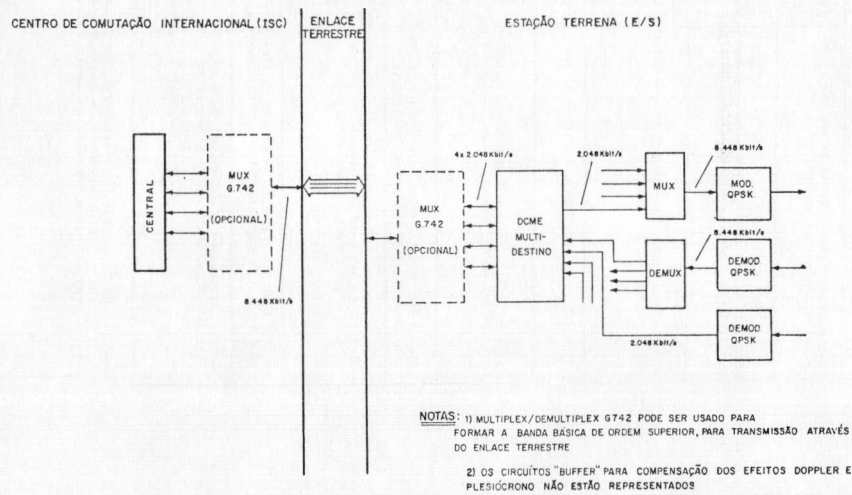


FIG. 4.2 - EXEMPLO DE CONFIGURAÇÃO DE EQUIPAMENTO IDR/DCME OPERANDO NO MODO MULTIDESTINO

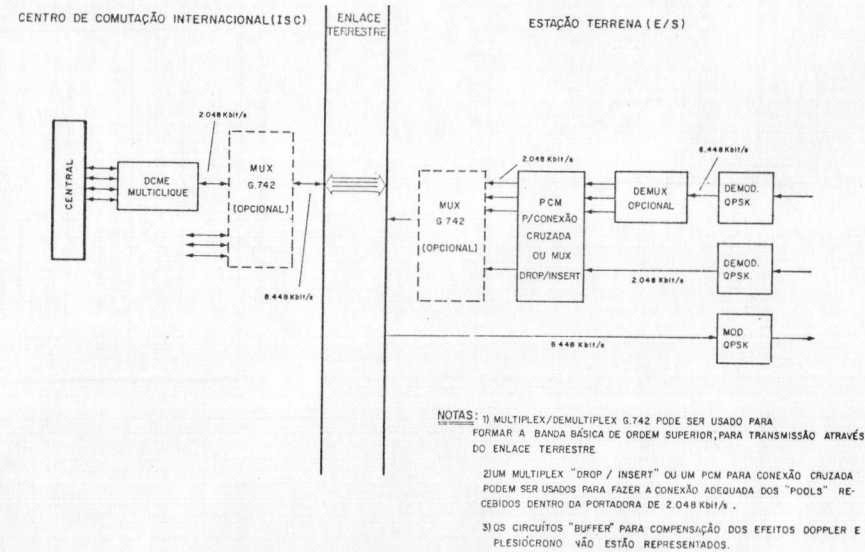


FIG. 4.1 - EXEMPLO DE CONFIGURAÇÃO DE EQUIPAMENTO IDR/DCME OPERANDO NO MODO MULTICLIQUE

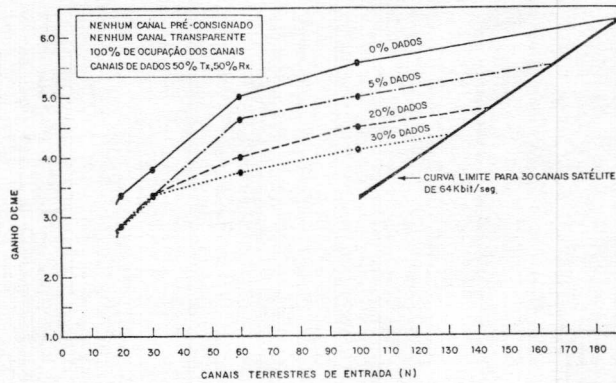


FIGURA 4.3 — CURVAS DE GANHO DCME

TABELA 5.1 — RESULTADO DA COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE OS DIFERENTES SISTEMAS DE TRANSMISSÃO (ÍNDICES NORMALIZADOS)

ALTERNATIVA	CATEGORIA DE TERCEIRA UTILIZAÇÃO DA CAPACIDADE RESERVADA	VP DAS DIFERENTES CONFIGURAÇÕES EM RELAÇÃO A ALTERNATIVA BÁSICA (%)	100 x VP <sub>1</sub> (R)	100 x VP <sub>3</sub> (I)
Sinais Analógicos transmitidos através de meios Analógicos (Básica)	Pequena	100	76,6	23,4
	Média	100	90,5	9,5
	Alta	100	95,0	5,0
Sinais Analógicos recebidos através de meios Analógicos (Básica)	Pequena/Pequena ou Média ou Alta	100	82,0	18,0
	Média/Alta ou Alta	100	92,5	7,5
	Alta/Alta	100	95,6	4,4
Sinais Digitais transmitidos através de meios Analógicos	Pequena	105,9	72,4	27,6
	Média	100,7	89,9	10,1
	Alta	100,1	94,9	5,1
Sinais Digitais Recebidos através de meios Analógicos	Pequena/Pequena ou Média ou Alta	104,9	78,2	21,8
	Média/Alta ou Alta	100,5	92,0	8,0
	Alta/Alta	100,1	95,0	4,5
Sinais Analógicos transmitidos através de meios Analógicos Compartilhados	Pequena Parcial	85,7	70,3	21,7
	Pequena Total	81,7	82,2	17,8
	Média Parcial	87,5	90,6	9,4
Sinais Analógicos recebidos através de meios Analógicos Compartilhados	Pequena Total	88,1	90,0	10,0
	Pequena Parcial	88,9	85,6	14,4
	Média Total	88,9	91,1	8,9
Sinais Analógicos transmitidos através de Sistema Digital IDR 64 Kbit/Seg.	Pequena	120,2	77,6	22,4
	Média	122,8	89,8	10,2
	Alta	127,0	93,9	6,1
Sinais Analógicos recebidos através de Sistema Digital IDR 64 Kbit/Seg.	Pequena / Pequena	130,1	79,7	23,3
	Pequena / Média	120,6	76,3	23,7
	Pequena / Alta	130,8	76,2	23,8
	Média / Média	125,7	89,5	10,5
	Média / Alta	123,7	80,4	10,6
Sinais Digitais transmitidos através de Sistema Digital IDR 64 Kbit/Seg.	Pequena	112,1	83,1	16,9
	Média	115,8	95,1	4,5
	Alta	117,1	98,7	1,3
Sinais Digitais recebidos através de Sistema Digital IDR 64 Kbit/Seg.	Pequena / Pequena	121,5	82,1	17,9
	Pequena / Média	122,0	81,7	18,3
	Pequena / Alta	122,7	81,3	18,7
	Média / Média	118,8	94,7	5,3
	Média / Alta	118,9	94,6	5,4
Sinais Digitais transmitidos através de Sistema Digital - LRE/DSI - Modo Multiclique	Pequena	37,3	69,1	30,9
	Média	35,7	77,1	22,9
	Alta	35,4	79,4	20,6
Sinais Digitais recebidos através de Sistema Digital - IDR-LRE/DSI - Modo Multiclique	Pequena / Pequena	36,5	68,3	31,7
	Pequena / Média	35,5	68,1	31,9
	Pequena / Alta	36,5	67,8	32,2
	Média / Média	36,6	76,8	23,2
	Média / Alta	36,6	76,7	23,3
Sinais Digitais transmitidos através de Sistema Digital - IDR - LRE/DSI - Modo Multidestino	Pequena	34,0	68,6	31,4
	Média	35,8	76,8	23,2
	Alta	36,4	79,3	20,7
Sinais Digitais recebidos através de Sistema Digital - IDR-LRE/DSI - Modo Multidestino	Pequena / Pequena	36,7	67,9	32,1
	Pequena / Média	35,8	67,7	32,3
	Pequena / Alta	37,0	67,3	32,7
	Média / Média	36,9	76,1	23,9
	Média / Alta	37,0	76,0	24,0
Alta / Alta	37,1	78,4	21,6	

ONS.: VP - Valor Presente do Custo Total por Canal Terrestre  
 VP1 - Valor Presente do Custo Anual da Tarifa por Canal Terrestre a 12% a.a. em 10 anos  
 VP3 - Valor Presente do Custo Total de Investimento por Canal Terrestre