

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ELETRICIDADE

APLICAÇÕES DAS TÉCNICAS DE MULTIPLEXAÇÃO
POR DIVISÃO NO TEMPO À CONCENTRAÇÃO
REMOTA DE DADOS

Eng. José Roberto Castilho Piqueira

Orientador - Prof. Dr. Jocelyn de Freitas Bennaton

Dissertação apresentada à
Escola de Engenharia de São Carlos
da USP, como parte dos requisitos pa-
ra obtenção do título de Mestre em
Engenharia Elétrica

SÃO CARLOS - 1982

OK

Dedico a:

Justina

Mariana

Luísa

Verônica

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à ELEBRA S/A ELETRÔNICA BRASILEIRA pelo apoio e colaboração dados a este trabalho, colocando à nossa disposição sua equipe, arquivos e equipamentos.

À EMBRATEL, agradecemos pelos dados fornecidos, relativos à REDE TRANSDATA.

Ao Prof. Dr. Jocelyn de Freitas Bennaton, agradecemos pela orientação e críticas, sempre construtivas e inteligentes.

Devemos um agradecimento especial ao Eng^o Tehssin Hassan Jarruche, que coordenou a datilografia e composição deste trabalho.

ABSTRACT

The conventional and statistical TDM techniques are presented and analysed for remote data concentration.

The Transdata Network problem was analysed according to terminal utilization factors (p) and code compression factors (d). As main conclusions, we have:

- TDM conventional multiplexers can give a 50% voice channel economy without delay.
- TDM statistical multiplexers can give a 70% voice channel economy with 80 ms delay per terminal.

Due to these factors, the producer, user and telecommunications operating company should try to implement an integrated programme in order to make possible the utilization of such techniques.

RESUMO

Apresentamos e analisamos as técnicas de multiplexação TDM convencional e estatística, para concentração remota de dados.

Como exemplo estudamos o problema da Rede Transdata, em função da taxa de utilização dos terminais (p) e do fator de compressão dos códigos (d).

As principais conclusões são:

- A técnica TDM convencional proporciona uma economia da ordem de 50% em canais de voz, sem introduzir atrasos.
- A técnica TDM estatística proporciona uma economia da ordem de 70% em canais de voz, introduzindo cerca de 80 ms de atraso, por terminal.

Em vista do exposto, os fabricantes, os usuários e as concessionárias de telecomunicações devem procurar realizar um trabalho integrado, no sentido de viabilizar a utilização de tais técnicas.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| INTRODUÇÃO | 01 |
| 1. - CONCEITOS GERAIS SOBRE COMUNICAÇÃO DE DADOS | 04 |
| 1.1 - Idéias Iniciais | 05 |
| 1.2 - Noções sobre Teoria da Informação | 11 |
| 1.3 - Comunicação de Dados através de Canais de Voz Analógicos do Sistema Telefônico | 16 |
| 1.4 - Padronização da Utilização dos Canais de Voz Analógicos do Sistema Telefônico para Comunicação de Dados | 21 |
| 1.5 - Utilização de Canais de Voz de Sistemas PCM Telefônicos para Comunicação de Dados | 36 |
| 2. - MULTIPLEXADORES POR DIVISÃO NO TEMPO PARA COMUNICAÇÃO DE DADOS | 43 |
| 2.1 - A Multiplexação TDM para Comunicação de Dados | 44 |
| 2.2 - Técnica TDM Convencional | 45 |
| 2.3 - Técnica TDM Estatística | 47 |
| 2.4 - Cálculo do Tempo de Processamento do Sinal em MUX TDM-E ... | 52 |
| 3. - APLICAÇÃO DE MULTIPLEXADORES TDM CONVENCIONAIS E ESTATÍSTICOS À REDE TRANSDATA | 56 |
| 3.1 - Introdução | 57 |
| 3.2 - Análise Aproximada da Rede Transdata | 62 |
| 3.3 - Análise do Emprego dos Modems - MUX na Rede Transdata | 69 |
| 3.4 - Análise do Emprego dos Equipamentos MUX TDM-E na Rede Transdata | 78 |
| 3.5 - Cálculo dos Tempos de Processamento de Sinal na Solução MUX TDM-E | 90 |
| | |
| Anexo 1 - Universal Code Chart | 98 |
| Anexo 2 - Data Compression | 104 |
| Referências Bibliográficas | 117 |

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

As redes privadas e públicas de comunicação de dados, em nosso país, têm crescido bastante nos últimos dez anos. Tal crescimento gerou uma grande necessidade de se otimizar a utilização dos canais de voz, aproveitando ao máximo sua capacidade de transmissão de informação.

Os projetistas de redes e sistemas têm optado pela utilização de equipamentos multiplex TDM convencionais e estatísticos, escolhendo entre tanto soluções importadas e não realistas.

Com a finalidade de sugerir técnicas de projeto condizentes com nossa realidade iniciamos este trabalho.

Apresentamos no capítulo 1, os conceitos gerais a respeito de Comunicação de Dados, para que o estudioso do assunto tenha um resumo dos principais parâmetros de trabalho e das Normas Internacionais, enfatizando a utilização dos canais de voz como meios de transmissão.

No capítulo 2, deduzimos expressões para o dimensionamento de redes utilizando as técnicas TDM convencional e estatística, que esperamos sejam úteis aos projetistas de sistemas públicos e privados de transmissão de dados. As expressões para o cálculo dos tempos de processamento de sinal em equipamentos TDM estatísticos encontram-se também deduzidas nesse capítulo, proporcionando aos usuários a possibilidade de avaliar se os atrasos introduzidos pelas redes são aceitáveis para seus equipamentos terminais.

No capítulo 3, analisamos a Rede Transdata do ponto de vista da economia de canais de voz, caso a concentração remota de dados seja utilizada.

As conclusões a que chegamos fazendo tal análise são surpreendentes, pois a técnica TDM convencional proporcionaria uma economia em canais de voz da ordem de 55%, sem praticamente adicionar atrasos no processamento do sinal. Caso a técnica TDM estatística fosse aplicada, a economia em canais de voz seria da ordem de 70%, com a introdução de cerca de 80 ms de atraso, por terminal.

Diante desses fatos, nos parece impossível que a Rede Transdata cresça

sem a utilização destas técnicas. Pode a EMBRATEL adotá-las ou permitir que os próprios usuários usem MUX TDM em canais TRANSDATA, ponto a ponto.

É claro que tudo isso só é vantajoso se as indústrias produzirem tais e equipamentos adaptados à realidade nacional. Nossas taxas de utilização de terminais (p) e frequências de ocorrência de caracteres não são iguais às das aplicações de outros países.

Fabricantes, Usuários e Concessionárias de Telecomunicações necessitam realizar um trabalho integrado para viabilizar este tipo de solução.

O usuário deve fornecer dados a respeito da utilização de seus terminais em aplicações determinadas, bem como a frequência de ocorrência de caracteres de cada aplicação.

A Concessionária de Telecomunicações escolhe, analisando todos os usuários, quais as aplicações e serviços mais frequentes e portanto mais interessantes, fixando para os fabricantes os valores das taxas de utilização (p) e dos fatores de compressão (d), que se pretende para cada aplicação.

Com os valores de p e d objetivos e as taxas de entropia nominais, o fabricante pode projetar seu equipamento, de acordo com as necessidades de nosso país e não importar uma solução qualquer.

Para estudos futuros, propomos ainda os seguintes problemas:

- Otimização da codificação das principais tabelas de compressão (anexo 2).
- Dimensionamento dos "buffers" em função das taxas de erro reais na rede Transdata.

Nos Anexos 1 e 2, fornecemos apêndices do Manual Técnico do equipamento de fabricação Codex, para que se possa avaliar os valores d e perceber que o equipamento estrangeiro não deve ser aplicado em nosso país sem que suas tabelas de compressão sejam modificadas.

Capítulo 1: CONCEITOS GERAIS SOBRE COMUNICAÇÃO DE DADOS

1.1. IDÉIAS INICIAIS (1), (2), (3), (4), (5)

OBJETIVO DA COMUNICAÇÃO DE DADOS

A necessidade, cada vez maior, de descentralizar e agilizar as administrações e decisões em pequenas, médias e grandes empresas forçou um grande desenvolvimento na indústria da computação, tornando cada vez mais econômica a utilização do processamento de dados distribuído. Entretanto, é sempre necessário que os sistemas de uma determinada empresa estejam ligados entre si e com sistemas de outras empresas, mesmo quando tais sistemas estão em localidades fisicamente distantes.

O estudo dos problemas relativos à troca de informações entre computadores e terminais, situados local ou remotamente, constitui o objetivo básico da comunicação de dados.

COMPONENTES DE UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO DE DADOS (1)

Os três componentes básicos de todos os sistemas de comunicação são a fonte, onde a informação se origina; o meio, através do qual a informação é transmitida e o destinatário, que recebe e interpreta a informação. (figura 1).

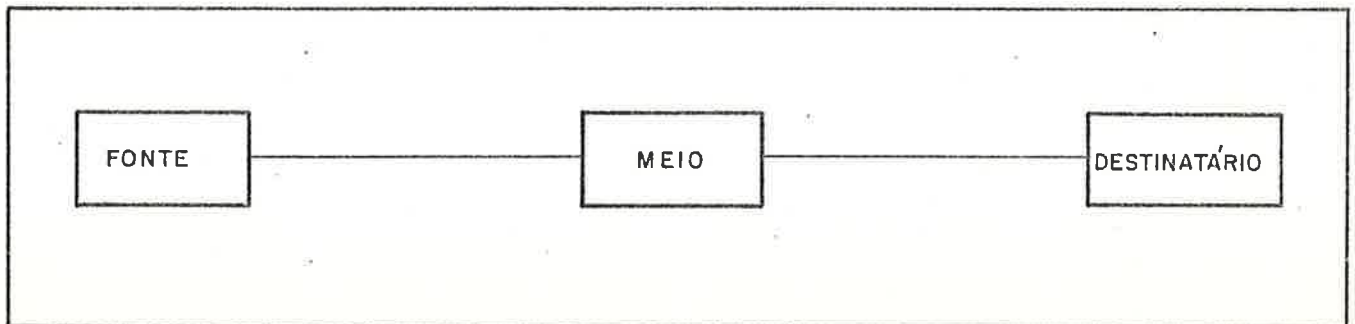


Figura 1 - Os componentes de um sistema de comunicação

Como exemplo podemos citar um sistema constituído por um computador central que envia dados a um terminal de vídeo remoto, através de um canal de voz do sistema telefônico.

A fonte, o meio e o destinatário fazem parte de qualquer sistema de comunicação. Entretanto, em sistemas mais sofisticados como o do exemplo citado outros elementos devem ser considerados. Para que o sinal proveniente do computador central possa ser transmitido através do canal de voz do sistema telefônico, ele deve passar por um processo de

modulação, tornando-se compatível com o meio em questão. Na recepção o sinal deve ser demodulado e reconvertido ao seu formato original, para poder ser interpretado pelo destinatário (figura 2).

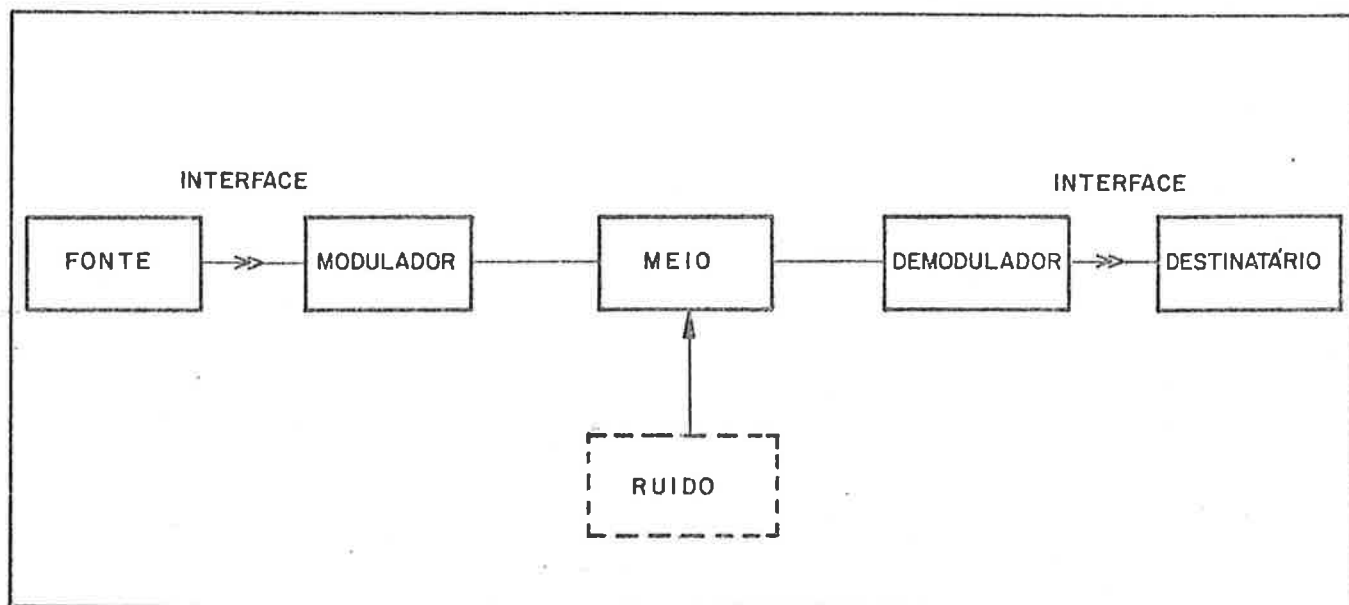


Figura 2 - Diagrama em Blocos de um Sistema de Comunicação de Dados

Denominaremos aqui as fontes e os destinatários de Equipamentos Terminais de Dados (ETD); os moduladores, demoduladores e os equipamentos para melhor aproveitamento da capacidade de transmissão de informação do meio serão chamados de Equipamentos de Comunicação de Dados (ECD).

A interface entre os ETD e os ECD é feita através de um conector, que permite a ligação entre os circuitos dos dois equipamentos. Os ECD e o meio introduzem ruídos e distorções, que devem ser levados em conta ao se projetar um sistema de comunicação de dados.

TIPOS DE LIGAÇÃO (4)

De acordo com a natureza da aplicação do sistema e com os meios de transmissão disponíveis, se costuma utilizar os seguintes tipos de ligação:

Ligação ponto-a-ponto

Na ligação ponto-a-ponto, cada destinatário é conectado à fonte através de um meio (figura 3).

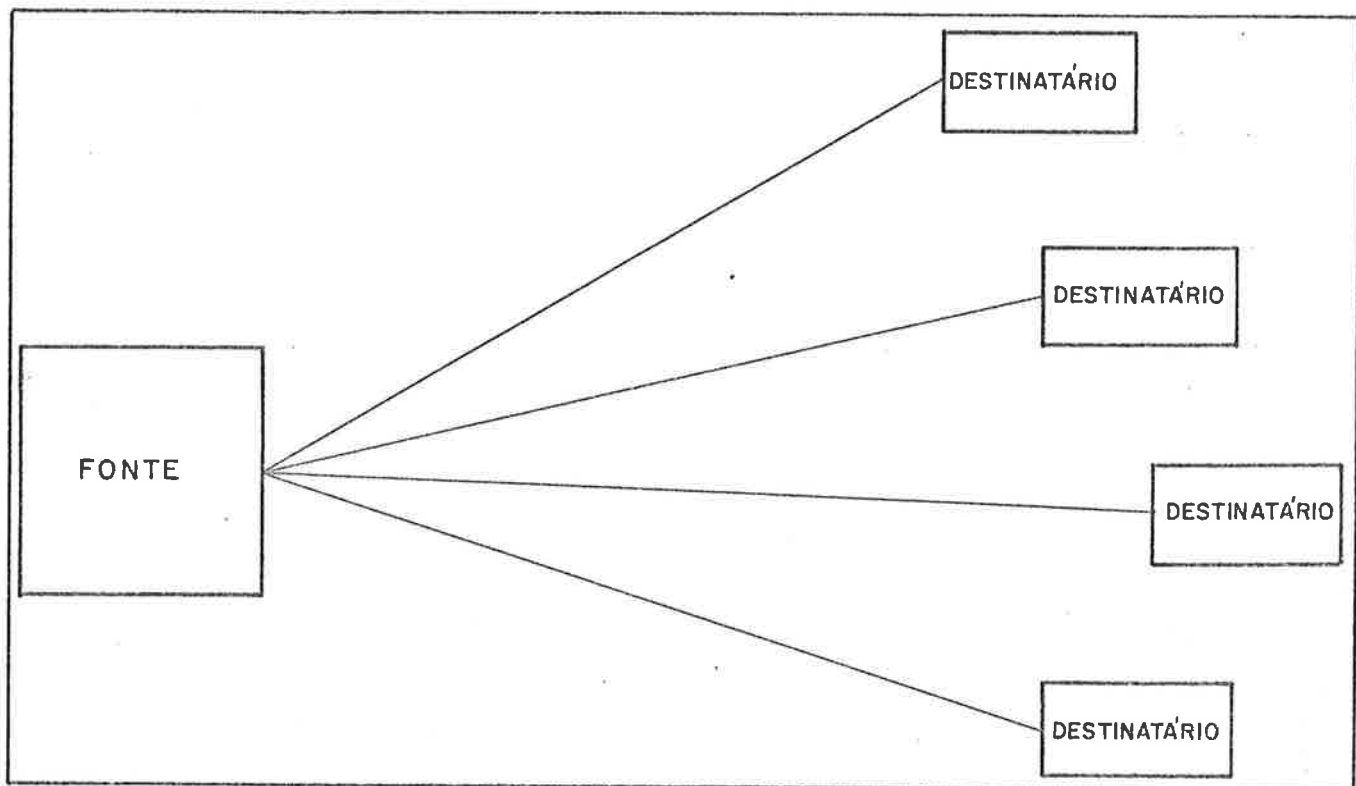


Figura 3 - Ligação ponto-a-ponto

Ligação ponto-a-ponto com concentrador

Um concentrador pode ser encarado pela fonte como um destinatário, usualmente na forma de um pequeno computador que se conecta aos outros destinatários como se fosse uma nova fonte, através de ligações ponto a ponto. (figura 4).

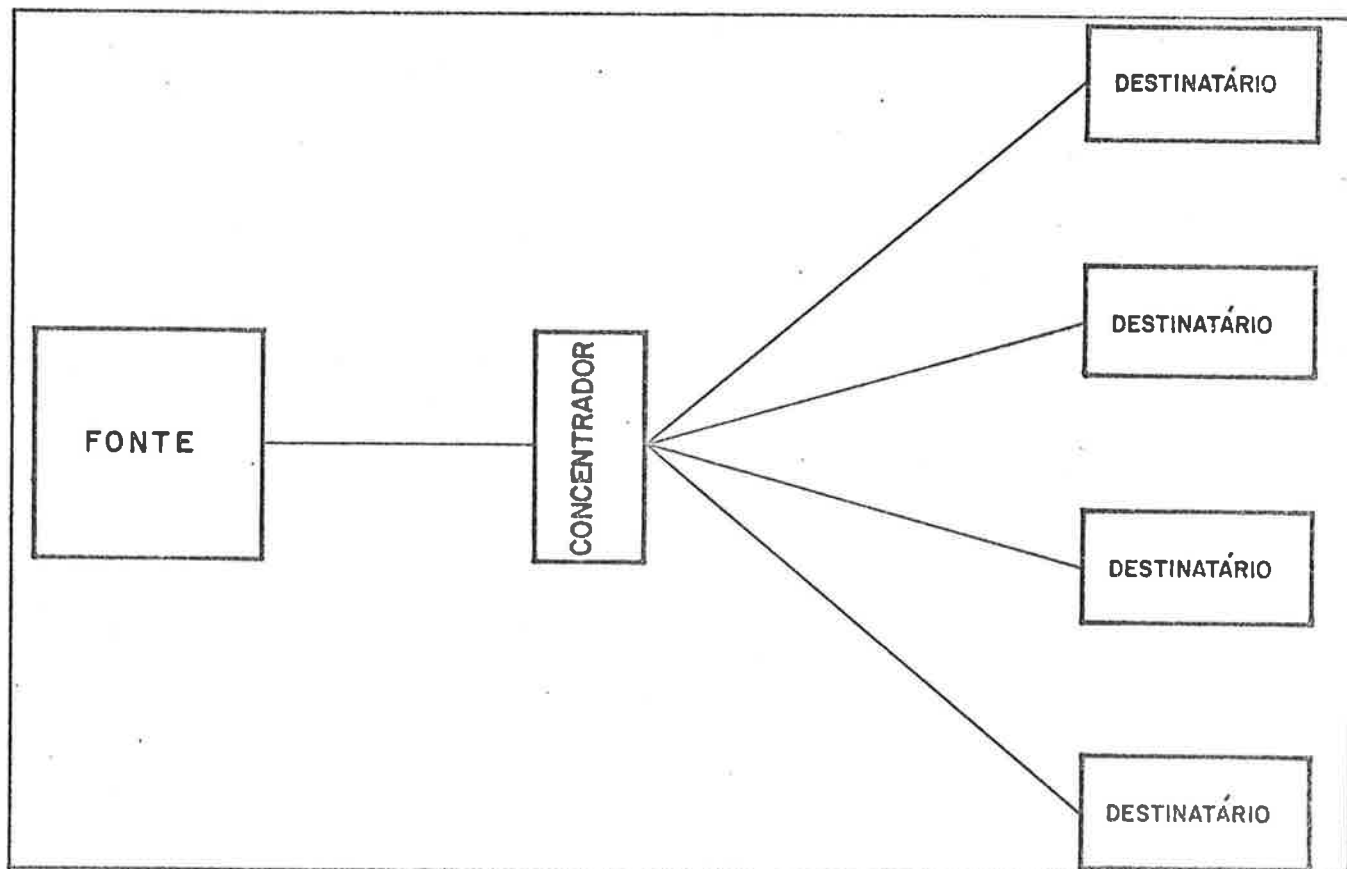


Figura 4 - Ligação ponto-a-ponto com concentrador

Ligação multi-ponto

Nas ligações multi-ponto, vários destinatários são ligados à fonte através de um único meio (figura 5).

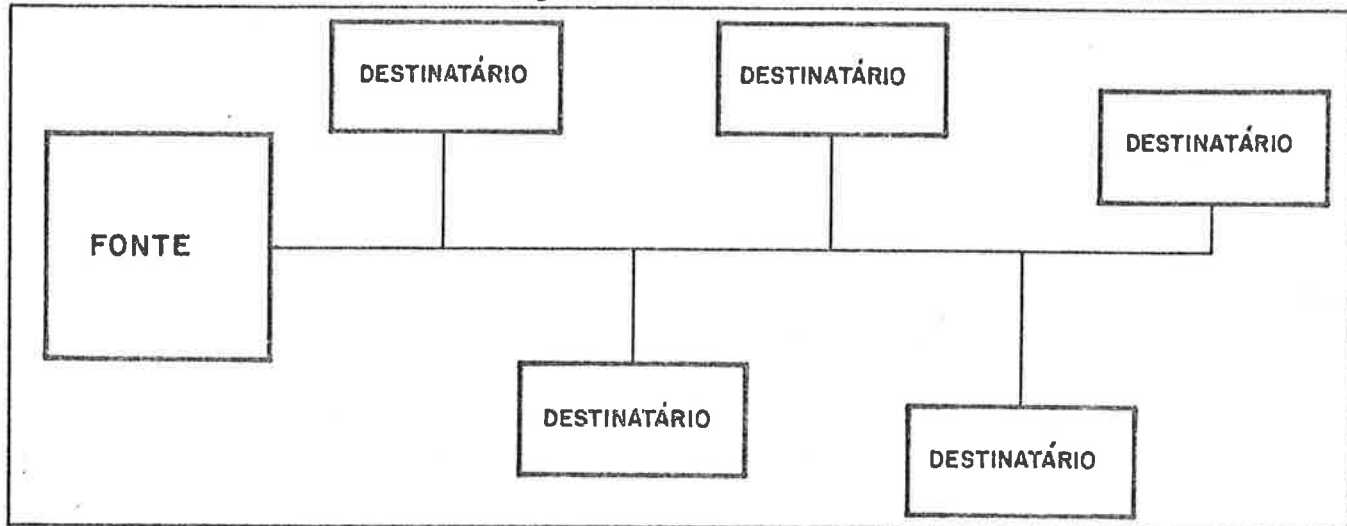


Figura 5 - Ligação multi-ponto

Ligação mista

É uma combinação dos tipos de ligações apresentados (figura 6).

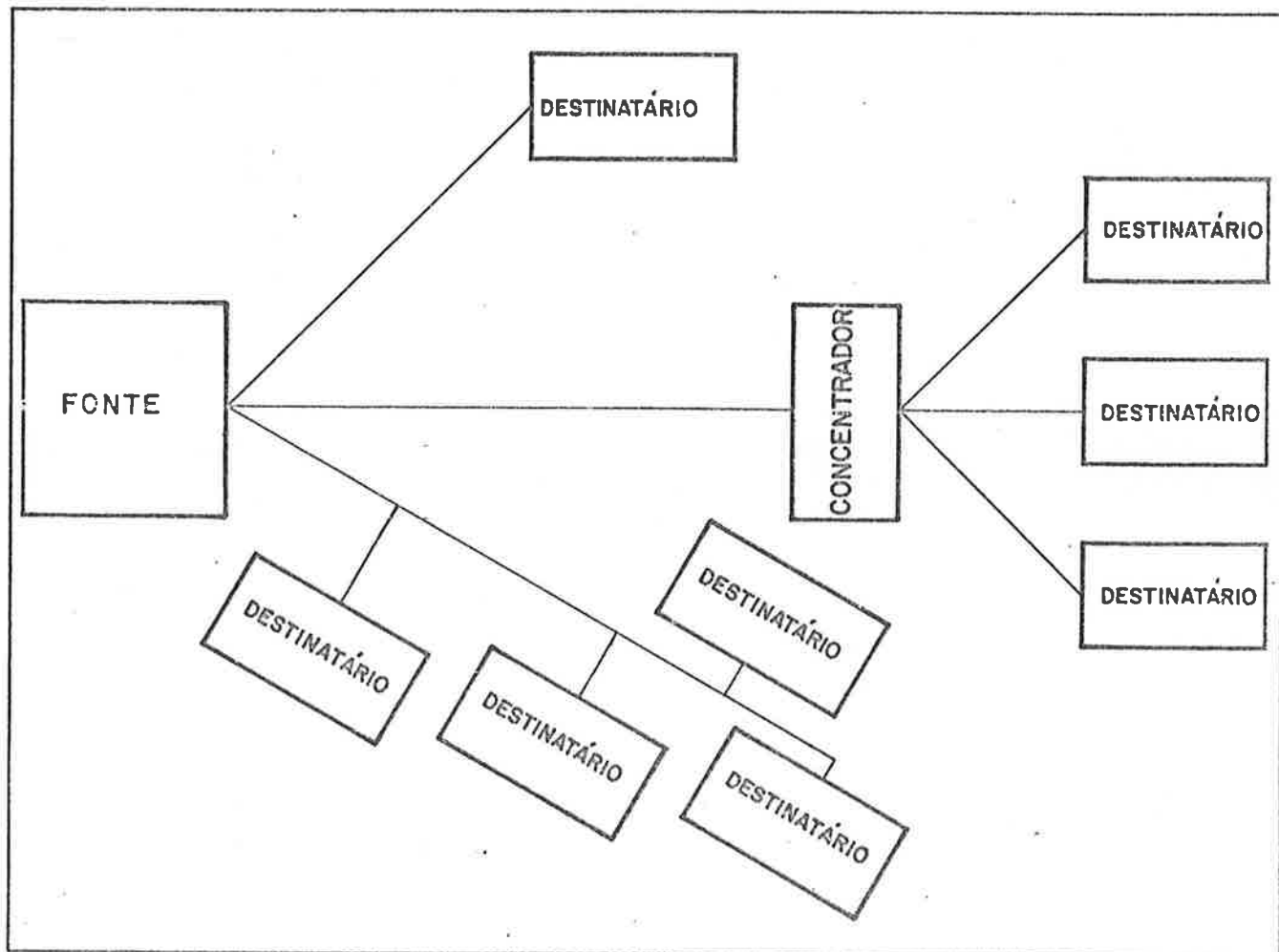


Figura 6 - Ligação mista

MODOS DE OPERAÇÃO

Os sistemas de comunicação de dados podem operar nos modos simplex, se mi-duplex ou duplex.

Modo Simplex

É aquele onde a transmissão de sinais só ocorre num sentido. (figura 7).

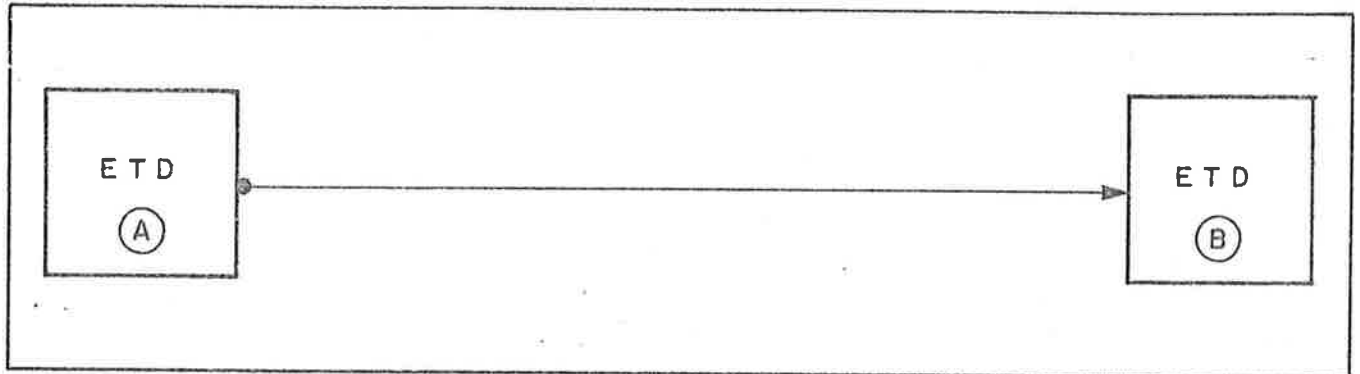


Figura 7 - Modo Simplex de Operação

Nota-se, portanto, que , no modo simplex de operação, um dos ETD atua sempre como fonte e o outro sempre como destinatário.

Modo Semi-Duplex

É aquele onde a transmissão de sinais pode ocorrer em ambos os sentidos, porém não simultaneamente. (figura 8).

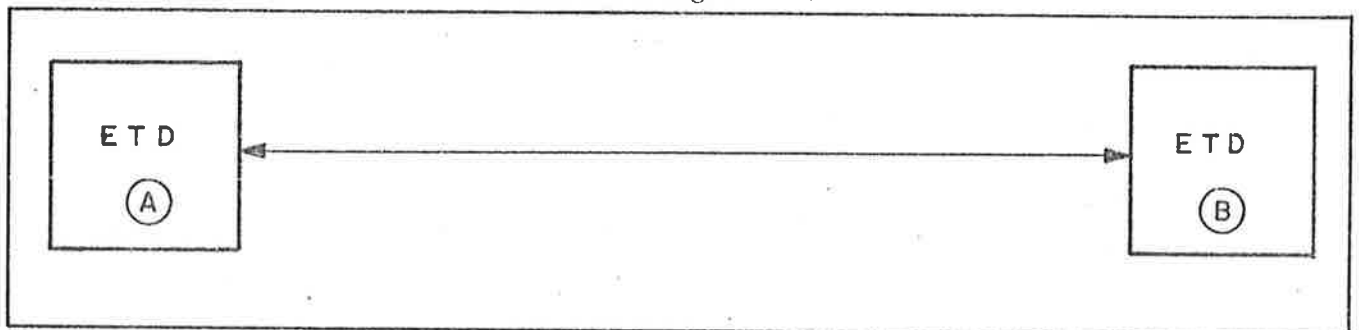


Figura 8 - Modo Semi-Duplex de Operação

Nota-se portanto que, no modo semi-duplex de operação os dois ETD po dem operar tanto como fonte e destinatário, porém não simultaneamente.

Modo Duplex

É aquele onde a transmissão de sinais pode ocorrer nos dois sentidos, simultaneamente (figura 9).

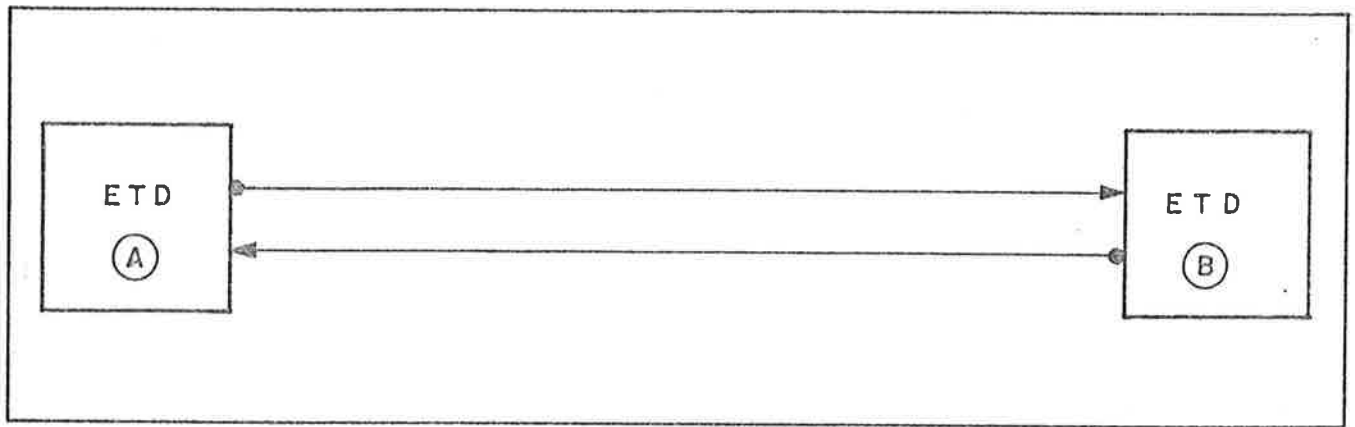


Figura 9 - Modo Duplex de Operação

Nota-se portanto que, no modo duplex de operação os dois ETD podem operar como fonte e destinatário, simultaneamente.

MODOS DE TRANSMISSÃO

Nos sistemas de comunicação de dados as informações podem ser transmitidas de dois modos: assíncrono e síncrono

Modo Síncrono

No modo síncrono de transmissão os caracteres são transmitidos em intervalos de tempo bastante precisos. Cada ETD ou ECD possui um circuito de relógio que controla a troca de informações entre o ETD e o ECD.

Modo Assíncrono

No modo assíncrono necessitamos transmitir juntamente com a informação propriamente dita, alguns caracteres adicionais denominados *start* e/ou *stop* com a finalidade de controlar a transmissão e permitir a correta identificação do sinal na recepção.

1.2 - NOÇÕES SOBRE TEORIA DA INFORMAÇÃO (1), (6), (7)

MEDIDA DA INFORMAÇÃO E ENTROPIA

Seja dado um alfabeto (A) constituído por n caracteres (a_i), que este já sendo transmitido por uma fonte através de um meio, até um certo destinatário. Sendo p_i a probabilidade da fonte transmitir o caracter a_i , dizemos que a quantidade de informação (I_i), medida em bits, contida no caracter a_i é dada por:

$$I_i = \log_2 \frac{1}{p_i} \quad (1)$$

A grandeza definida acima não é suficiente para especificar uma fonte do ponto de vista de teoria da informação, uma vez que trata da quantidade de informação contida em caracteres individuais. Como, ao longo do tempo, uma fonte emite um conjunto constituído de todos os caracteres do alfabeto, podemos descrevê-la em termos da informação média produzida. A essa informação média, definida como segue para uma fonte discreta, chamamos entropia da fonte (E), medida em bits por símbolo.

$$E = \sum_{i=1}^n p_i \log_2 \frac{1}{p_i} \quad (2)$$

TAXA DE ENTROPIA

Para podermos completar a descrição de uma fonte, do ponto de vista da teoria da informação, devemos definir uma grandeza chamada taxa de entropia da fonte (H).

Chamando τ_i a duração de cada caracter a_i do alfabeto considerado anteriormente, temos para a taxa de entropia (H), medida em bits por segundo, a expressão:

$$H = \frac{E}{\sum_{i=1}^n p_i \tau_i} \quad (3)$$

EXEMPLO

Consideremos, por exemplo, uma fonte que emite os símbolos do alfabeto da tabela 1.

| CARACTER | PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA | TEMPO DE DURAÇÃO (ms) |
|----------|-----------------------------|-----------------------|
| A | 0,125 | 1,25 |
| B | 0,125 | 1,25 |
| C | 0,125 | 1,25 |
| D | 0,125 | 1,25 |
| E | 0,125 | 1,25 |
| F | 0,125 | 1,25 |
| G | 0,125 | 1,25 |
| H | 0,125 | 1,25 |

Tabela 1 - Alfabeto Exemplo

Como todos os caracteres são equiprováveis, a quantidade de informação I_i associada a cada um deles é:

$$I_i = \log_2 \frac{1}{0,125} = \log_2 8$$

$$I_i = 3 \text{ bits}$$

A entropia (E) associada à fonte em questão é dada por:

$$E = \sum_{i=1}^8 I_i P_i$$

$$E = 8 \times 3 \times 0,125$$

$$E = 3 \text{ bits / símbolo}$$

A taxa de entropia (H) associada à fonte em questão é dada por:

$$H = \frac{E}{\sum_{i=1}^8 p_i \tau_i} = \frac{3}{8 \times 0,125 \times 0,125}$$

$$H = 2400 \text{ bits/s}$$

OBSERVAÇÃO

É muito comum confundirmos na prática o conceito de bit (unidade de quantidade de informação) com o de dígito binário ("0" ou "1"). Entre tanto tratam-se de duas coisas muito diferentes, uma vez que um dígito binário não carrega, necessariamente um bit de informação.

Como a confusão é realmente muito usual usaremos o termo "taxa de entropia nominal" como sendo a quantidade de dígitos binários emitidos por uma fonte, por unidade de tempo.

Assim, quando dizemos que uma fonte transmite a uma taxa de entropia nominal de 2400 bps, queremos dizer que ela está transmitindo 2400 dígitos binários ("0" ou "1") por segundo.

CONCEITO DE CHARACTER

Character é um símbolo utilizado como representativo de uma letra, número ou ponto de um alfabeto, correspondente a uma certa linguagem. Consideramos também como caracteres os símbolos que contêm informações de espaçamento e controle dos ETD. Em comunicação de dados os caracteres são codificados através de dígitos binários.

Caso uma fonte que transmite a uma taxa de entropia nominal (H) utilize L dígitos binários para codificar seus caracteres, define-se taxa de transmissão de caracteres (η) da fonte, através da equação:

$$\eta = \frac{H}{L} \quad (4)$$

A grandeza η definida acima deve ser medida em símbolos / segundo.

No exemplo anterior, se utilizarmos para codificação de cada caracter três dígitos binários teremos:

$$\eta = \frac{2400}{3}$$

$$\eta = 800 \text{ símbolos / s}$$

CAPACIDADE DE UM CANAL (6), (7)

Com a finalidade de avaliarmos a capacidade de transmissão de informação dos diversos meios de transmissão disponíveis para comunicação de dados, conceituaremos "capacidade de um canal" (C) bem como desenvolveremos algumas idéias de como avaliá-la.

Para efeito de raciocínio, consideraremos os ECD perfeitos, levando em conta os ruídos e distorções por eles introduzidos no canal de comunicação. Os ruídos e distorções citados, bem como os ruídos e distorções introduzidos pelo meio de transmissão limitam a capacidade de transmissão de informação do canal.

Define-se capacidade do canal (C), como a máxima quantidade de informação que o mesmo pode transmitir por unidade de tempo. A unidade da capacidade do canal é bits/s.

"Dado um canal com capacidade C e uma fonte com taxa de entropia H, então, se $H \leq C$ existe uma técnica de codificação tal que a saída da fonte pode ser transmitida através desse canal com uma pequena e arbitrária frequência de erros, a despeito da presença de ruído. Se $H > C$, não é possível transmitir sem que ocorram erros".⁽⁶⁾

Com a finalidade de avaliar a capacidade de um canal (C), consideremos todas as diferentes mensagens de dimensão T, que uma determinada fonte é capaz de produzir.

"Se o canal for ruidoso, será difícil decidir no receptor que mensagem particular se enviou, de modo que o objetivo da transferência de informações será parcialmente deteriorado. Entretanto, suponhamos que as mensagens são restritas apenas àquelas substancialmente distintas

umas das outras, de tal forma que a mensagem recebida pode ser corretamente identificada com probabilidade de erro suficientemente pequena" (6).

Seja $M(T)$ o número dessas mensagens diferentes, com dimensão T . Consideraremos agora a fonte mais o canal como uma nova fonte, para o ECD receptor. Assim, a fonte equivalente é discreta e possui um alfabeto de dimensão $M(T)$. Logo, a máxima taxa de entropia no destino é:

$$C = \frac{1}{T} \log_2 M(T) \quad (5)$$

1.3 - COMUNICAÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DE CANAIS DE VOZ ANALÓGICOS DO SISTEMA TELEFÔNICO (1), (6), (7), (8)

CANAL DE VOZ ANALÓGICO COMO QUADRIPOLO

Por serem meios de transmissão disponíveis em grande escala, os canais de voz analógicos do sistema telefônico são bastante usados para comunicação de dados.

Conforme dissemos anteriormente, o sinal de dados, digital por natureza, não pode ser transmitido através de um canal de voz analógico do sistema telefônico, sem antes passar por um processo de modulação. Na recepção o sinal deve ser demodulado e reconvertido ao seu formato original, para poder ser interpretado pelo ETD destinatário. (figura-10).

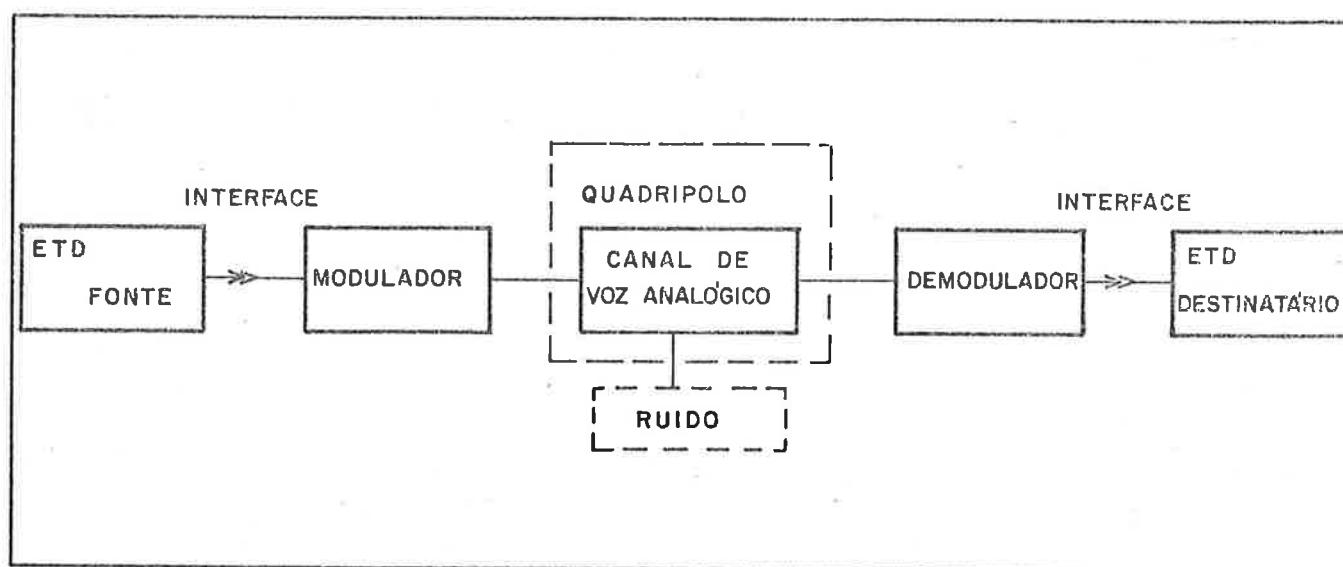


Figura 10 - Comunicação de dados através de canal de voz analógico

Encararemos o canal de voz analógico como um quadripolo cujas características passaremos a estudar a seguir. Consideraremos também que o ruído e distorções gerados pelos moduladores e demoduladores são desprezíveis em relação aos ruídos e distorções gerados pelo canal de voz analógico.

RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DO CANAL DE VOZ ANALÓGICO

Seja $G(j\omega)$ a função de transferência do canal de voz analógico. Para que um sinal seja transmitido através do mesmo sem sofrer distorção é necessário que todas as frequências sejam atenuadas igualmente. Isto significa que $|G(j\omega)|$ deve ser constante e independente da frequência angular ω .

A figura 11 mostra os limites da característica de atenuação ($10 \log |G(j\omega)|$), em função da frequência f , para um canal de voz analógico do sistema telefônico.

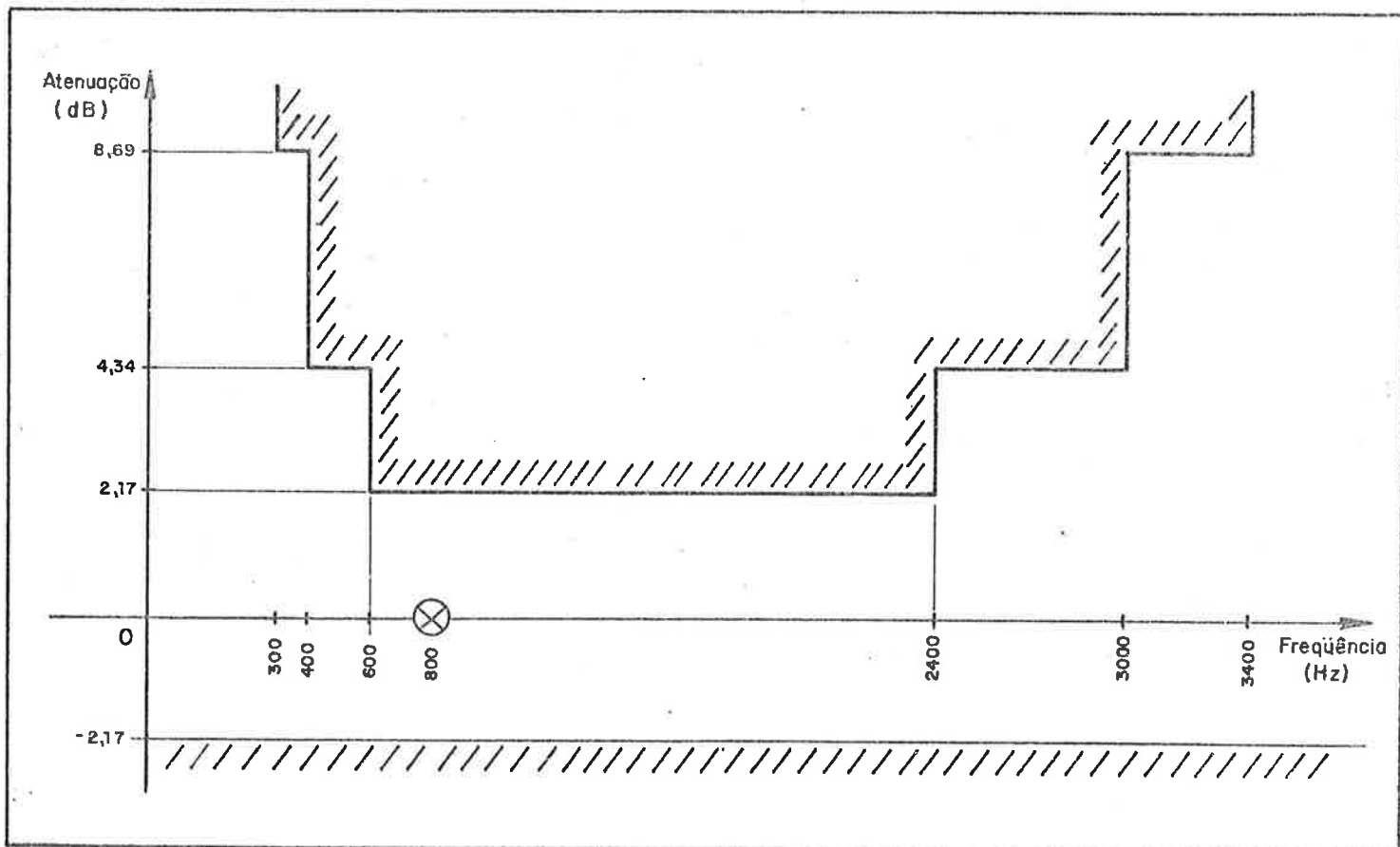


Figura 11 - Limites da Característica de Atenuação em Função da Frequência para Canais de Voz Analógicos do Sistema Telefônico

LARGURA DE FAIXA DO CANAL DE VOZ ANALÓGICO

Dado um quadripolo de função de transferência $G(j\omega)$, definimos largura de faixa (B) ao intervalo de frequências em que $|G(j\omega)|$ fica entre 3 db acima e 3 db abaixo do valor considerado constante, na faixa média de frequência.

Para os canais de voz analógicos dos sistemas telefônicos, podemos considerar que a largura de faixa B é 1800 Hz (entre 600 Hz e 2400 Hz).

TAXA DE SINALIZAÇÃO E CAPACIDADE DO CANAL

É comum associarmos, para efeitos de transmissão, a uma seqüência de dígitos binários um sinal senoidal, de amplitude, frequência ou fase variável de acordo com a ocorrência de "zeros" ou "uns". Definiremos aqui taxa de sinalização (t) ao número de transições provocadas no sinal, por unidade de tempo. Se o tempo é medido em segundos, a taxa de sinalização é medida em bauds.

Se um canal discreto transmite n estados distintos, a uma taxa de sinalização t, caso a relação sinal/ruído seja suficientemente grande, a probabilidade de erro no receptor poderá ser arbitrariamente pequena, e portanto, poderemos considerar o canal sem ruído.

Uma mensagem recebida de comprimento T tem tT símbolos, sendo cada símbolo um dos n estados possíveis.

O número de mensagens diferentes é portanto $M(T) = n^{tT}$, logo dispendo da equação (5) podemos escrever:

$$C = \frac{1}{T} \log_2 n^{tT} = \frac{tT}{T} \log_2 n$$

$$\boxed{C = t \log_2 n} \quad (6)$$

TAXA DE SINALIZAÇÃO E LARGURA DE FAIXA (9)

Em 1928, H. Nyquist demonstrou que a taxa de sinalização (t) de um si

nal discreto deve ser no máximo o dobro da largura de faixa (B) do meio de transmissão, para que a comunicação ocorra sem interferência entre símbolos.

Isto é:

$$t \text{ (bauds)} \leq 2B \text{ (hertz)} \quad (7)$$

CAPACIDADE DE UM CANAL CONTÍNUO (6), (7)

"Diz-se que um canal é contínuo quando envolve mensagens capazes de ser representadas por formas de onda, isto é, funções contínuas no tempo, e os parâmetros relevantes são a largura de faixa (B) e a relação sinal-ruído (S/N). Por questão de simplicidade consideraremos apenas canais em banda-básica, cujas respostas em frequência são equalizadas de modo a serem planas em $|f| \leq B$ " (6).

Na secção anterior vimos que $t \leq 2B$ e consideraremos a igualdade para efeito do cálculo da capacidade do canal (C).

O valor do número de estados n , para canais ruidosos ser estimado su põndo que seja possível identificar com exatidão estados de tensão que estejam separados por valores maiores que a tensão eficaz de ruído.

Se S e N são os valores das potências médias do sinal e do ruído na saí da do canal, a potência total recebida é $S+N$ e a tensão eficaz de saí da é $\sqrt{S+N}$

Assim, o número máximo de estados identificáveis será dado por:

$$n = \frac{\sqrt{S+N}}{\sqrt{N}}$$

Substituindo os valores de t e n em (5) temos:

$$C = 2B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)^{1/2}$$

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (8)$$

A equação (8), deduzida acima, é conhecida por equação de Hartley - Shannon.

CÁLCULO DA CAPACIDADE DO CANAL DE VOZ ANALÓGICO DO SISTEMA TELEFÔNICO

Podemos aplicar a equação (8) uma vez que sabemos que $B = 1600$ Hz e $10 \log_{10} \frac{S}{N} = 60$ dB e obteremos o valor de C, como segue:

$$10 \log_{10} \frac{S}{N} = 60 \text{ dB} \quad \log_{10} \frac{S}{N} = 6 \quad \boxed{\frac{S}{N} = 10^6}$$

$$C \approx 1600 \log_2 10^6 \quad \boxed{C \approx 31972 \text{ bits/s}}$$

Em princípio, portanto, através de um canal de voz analógico do sistema telefônico pode se transmitir dados a uma taxa de entropia de até 31972 bits/s.

Da equação 7, entretanto, depreendemos que a máxima taxa de sinalização num canal de voz analógico do sistema telefônico deve ser:

$$t = 2 \times 1600 \quad \boxed{t = 3200 \text{ bauds}}$$

Assim, para transmitirmos sinais com taxas de entropia nominais maiores que 3200 bits/s devemos recorrer a sistemas de $n > 2$ estados.

CONCLUSÃO

Pode-se transmitir dados através de um canal telefônico com taxas de entropia nominais de até 31972 bits/s, aproximadamente. Essa transmissão se faz dispondo-se de equipamentos moduladores-demoduladores (modems), que convertem sinais binários em sinais senoidais de frequência ou fase variável (modulação). Na recepção os modems interpretam o sinal analógico proveniente da linha, fornecendo um sinal binário correspondente (demodulação).

Conforme foi visto, para taxas de entropia maiores 3200 bps deve-se utilizar sistemas de modulação de $n > 2$ estados. Entretanto, caso n seja muito grande a utilização do modem fica limitada pelas distorções de fase, introduzidas pelo meio de transmissão.

1.4 - PADRONIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DOS CANAIS DE VOZ ANALÓGICOS DO SISTEMA TELEFÔNICO PARA COMUNICAÇÃO DE DADOS (10), (4)

TIPOS DE SERVIÇO

As figuras 12, 13 e 14 ilustram os tipos de serviços de comunicação de dados, utilizando canais de voz analógicos do sistema telefônico.

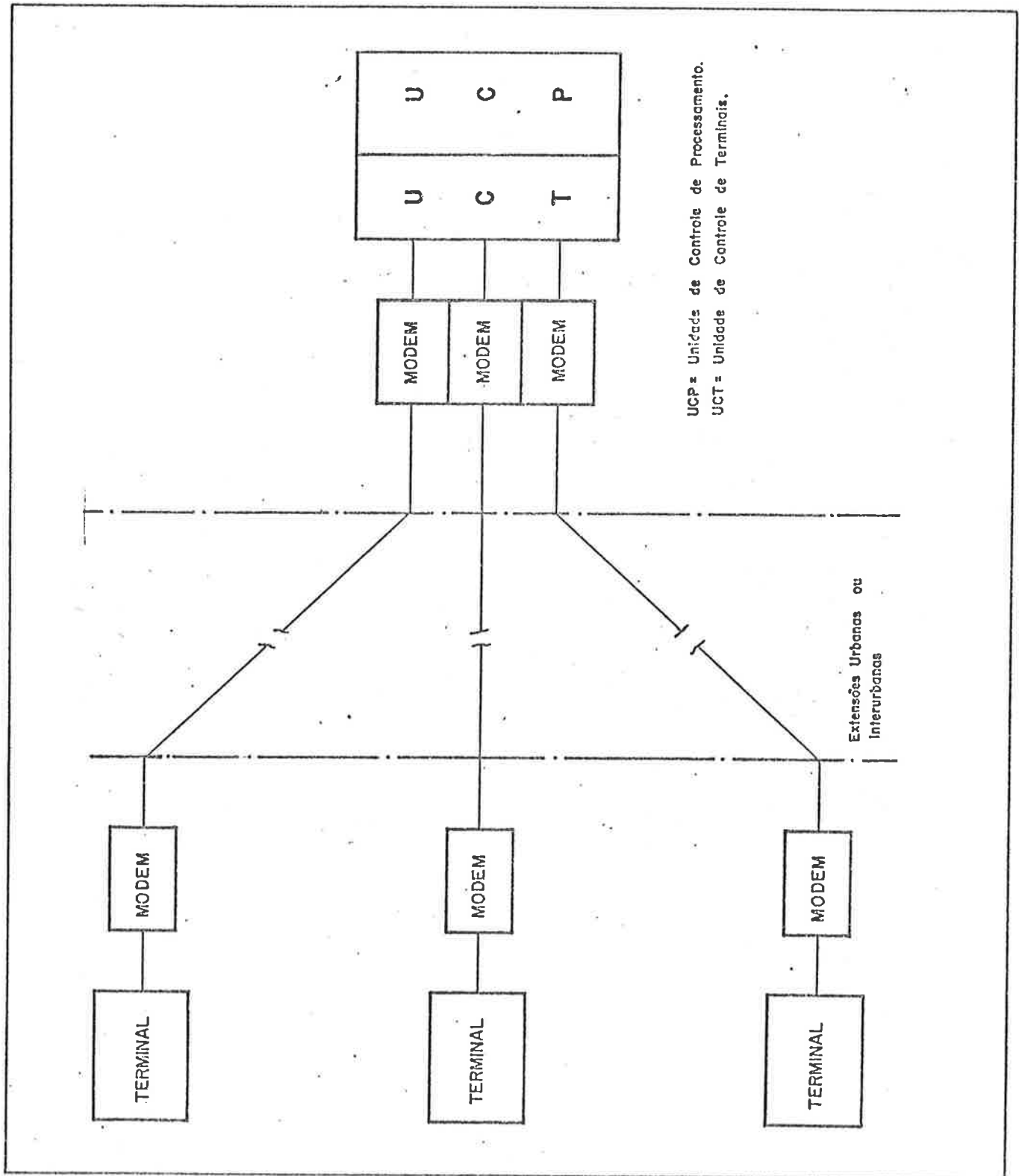


Figura 12 - Serviço Ponto a Ponto sobre Linhas Privadas

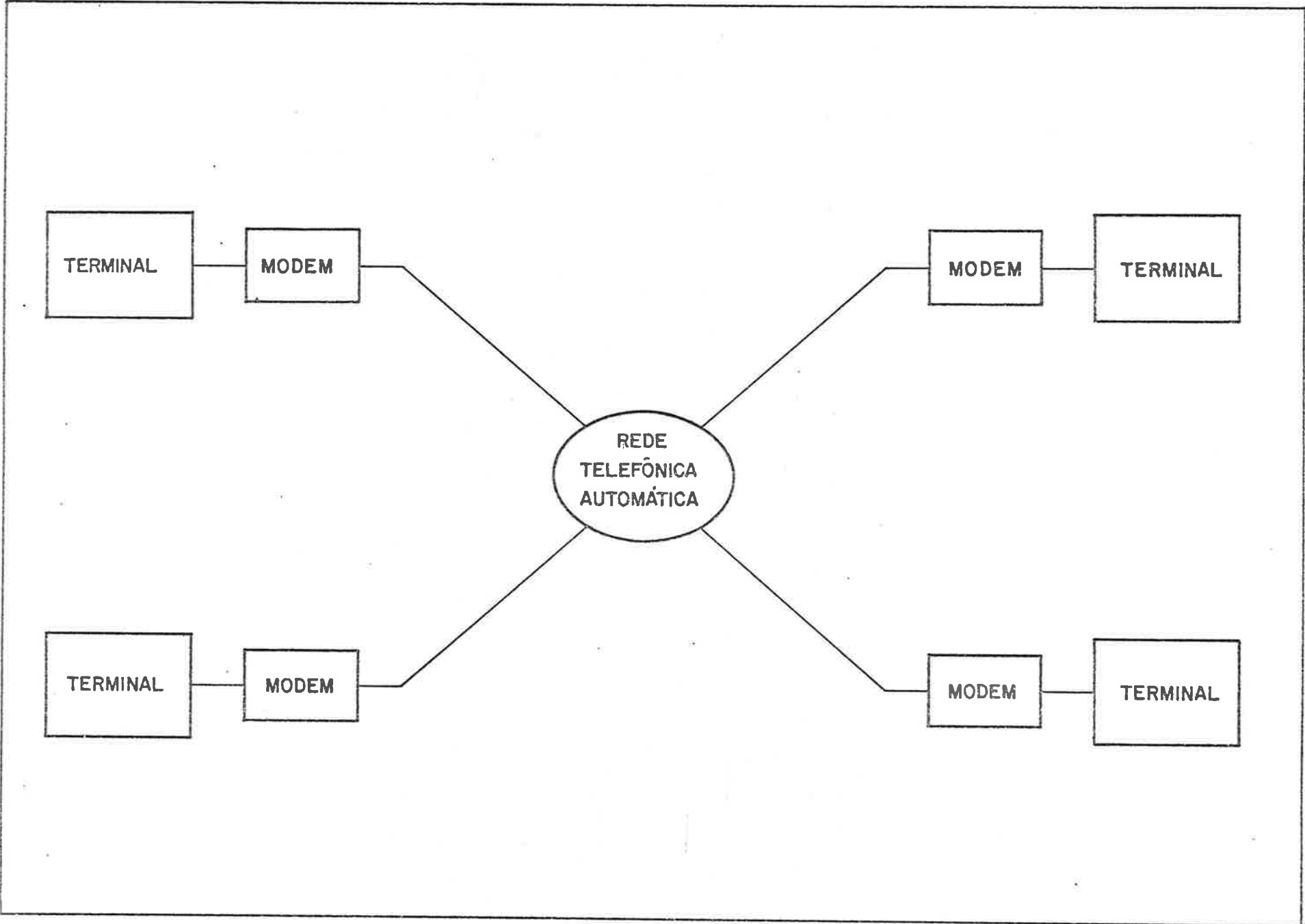
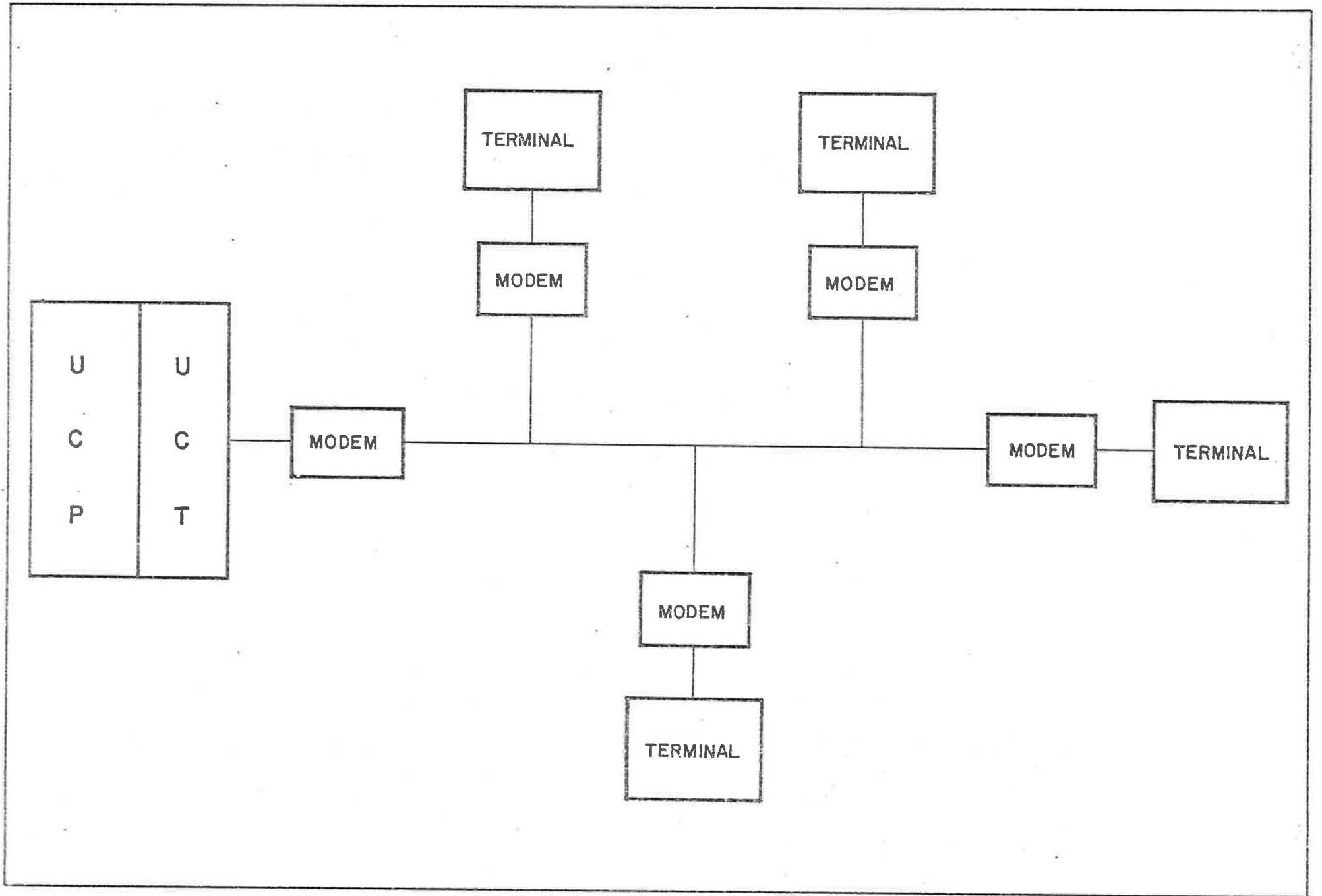


Figura 13 - Serviço Ponto a Ponto sobre a Rede Telefônica Automática

Figura 14 - Serviço Multi-Ponto sobre Linha Privada



NORMAS E PADRÕES

As normas e padrões que disciplinam as aplicações descritas no item anterior, normalmente se fundamentam no CCITT (Comitê Consultivo Internacional de Telegrafia e Telefonia) que apresenta no seu Livro Laranja (volume VIII) as recomendações para comunicação de dados.

Descreveremos a seguir as principais recomendações do CCITT, relativas à utilização dos canais analógicos do sistema telefônico, para comunicação de dados.

Recomendação V.2 - Níveis de Potência para Transmissão de Dados sobre Canais Telefônicos (10)

Com a finalidade de garantir uma transmissão satisfatória e permitir também a interligação dos equipamentos de comunicação de dados aos equipamentos das centrais telefônicas, o nível dos sinais às saídas dos modems deve ser controlado rigorosamente, não devendo exceder nunca 1 mw.

Recomendação V.24 - Lista de Definições para os Circuitos de Interface entre ETD e ECD (10)

Os ETD e ECD devem se conectar através de um dispositivo de 25 pinos. A cada pino corresponde um circuito que deve processar um certo tipo de sinal de intercomunicação entre ECD e ETD. Damos na tabela 2 os sinais de interface e suas denominações.

Recomendação V.21 - Modem de 300 bits/s para Uso em Circuitos Telefônicos Comutados (10)

Este tipo de modem deve usar o processo de modulação FSK ("Frequency Shift Keying") que consiste na variação da frequência de uma onda senoidal como mostra a tabela 3.

As outras especificações a respeito desse modem, devem ser:

Modo de operação: duplex em circuitos telefônicos a dois fios.

Modo de transmissão: assíncrono

Taxa de sinalização: até 300 bauds

| NÚMERO DO CIRCUITO DE INTERFACE | NOME DO CIRCUITO DE INTERFACE | TERRA | DADOS | | CONTROLE | | SINCRONISMO | |
|---------------------------------|--|-------|--------|----------|----------|----------|-------------|----------|
| | | | DO DCE | PARA DCE | DO DCE | PARA DCE | DO DCE | PARA DCE |
| 101 | Terra de Proteção | X | | | | | | |
| 102 | Terra do Sinal | X | | | | | | |
| 103 | Dados Transmitidos | | | X | | | | |
| 104 | Dados Recebidos | | X | | | | | |
| 105 | Requisição para Transmissão | | | | | X | | |
| 106 | Pronto para Transmitir | | | | X | | | |
| 107 | DCE Pronto | | | | X | | | |
| 108/1 | Conecte o Dispositivo de Dados à linha | | | | | X | | |
| 108/2 | ETD Pronto | | | | | X | | |
| 109 | Detetor do Sinal Recebido | | | | X | | | |
| 110 | Detetor de Qualidade do Sinal | | | | X | | | |
| 111 | Seletor da Taxa de Sinalização Nominal ETD | | | | | X | | |
| 112 | Seletor da Taxa de Sinalização Nominal ECD | | | | X | | | |
| 113 | Sincronismo de Transmissão (ETD) | | | | | | | X |
| 114 | Sincronismo de Transmissão (ECD) | | | | | | X | |
| 115 | Sincronismo de Recepção (ECD) | | | | | | X | |
| 118 | Dados Transmitidos do Canal Secundário | | | X | | | | |
| 119 | Dados Recebidos no Canal Secundário | | X | | | | | |
| 120 | Requisição p/ Transmissão no Canal Secund. | | | | | X | | |
| 121 | Canal de Retorno Pronto | | | | X | | | |
| 122 | Detetor do Sinal de Linha no Canal Secund. | | | | X | | | |

Tabela 2 - Circuitos de Interface

| DÍGITO BINÁRIO | FREQUÊNCIA DO CANAL - 1 (Hz) | FREQUÊNCIA DO CANAL - 2 (Hz) |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 0 | 1180 | 1850 |
| 1 | 980 | 1650 |

Tabela 3 - Estados para Modulação FSK a 300 bits/s

Taxa de entropia nominal: até 300 bits/s

Circuitos de interface: 101; 102; 103; 104; 105; 106; 107; 108/1 e 108/2.

Tempos de resposta dos circuitos 106 e 109:

| | Circuitos Dedicados | Circuitos Comutados |
|--|--------------------------|----------------------------|
| Circuito 106 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | 20-50 ms ≤ 2 ms | 400-1000 ms ≤ 2 ms |
| Circuito 109 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | ≤ 20 ms 20-80 ms | 300-700 ms 20-80 ms |

Recomendação V.22 - Padronização das Taxas de Entropia Nominais para Transmissão de Dados sobre Canais de Voz (10)

Taxas de Entropia Preferenciais (bps)

600; 1200; 2400; 3600; 4800; 7200; 9600

Taxas de Entropia Suplementares (bps)

1800; 3000; 4200; 5400; 6000; 6600; 7800; 8400; 9000;
10200; 10800.

Recomendação V.23 - Modem de 600/1200 bits/s para uso em Circuitos Telefônicos Comutados (10)

Modo de Operação: duplex em circuitos telefônicos a quatro fios e se mi-duplex em circuitos telefônicos a dois fios.

Modo de Transmissão: assíncrono

Taxa de Sinalização: até 600 bauds ou até 1200 bauds

Taxa de Entropia Nominal: até 600 bits/s ou até 1200 bits/s

Tipo de Modulação: FSK (Frequency Shift Keying) com frequências dadas na tabela 4 para o canal principal e na tabela 5 para o canal secundário.

| | F_0 | F_z (1) | F_a (0) |
|------------------------|---------|--------------|--------------|
| Modo 1: até 600 bauds | 1500 Hz | 1300 Hz | 1700 Hz |
| Modo 2: até 1200 bauds | 1700 Hz | 1300 Hz | 2100 Hz |

Tabela 4: Estados de Modulação FSK para o Modem de 600 / 1200 bauds (Canal Principal)

| | F_z (1) | F_a (0) |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| Taxa de Sinalização até 75 bauds | 390 Hz | 450 Hz |

Tabela 5 : Estados de Modulação FSK para o Modem de 600/1200 bauds (Canal Secundário)

Circuitos de Interface: 101; 102; 103; 104; 105; 106; 107; 108/1; 108/2; 111; 114; 115; 118; 119; 120; 121; 122.

Tempos de Resposta dos Circuitos 106 e 109, página a seguir:

| | Circuitos Dedicados | Circuitos Comutados |
|--|---------------------------------------|---|
| Circuito 106 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | 750 ms até 1400 ms ≤ 2 ms | a) 20 ms até 40 ms b) 200 ms até 275 ms ≤ 2 ms |
| Circuito 109 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | 300 ms até 700 ms 5 ms até 15 ms | 10 ms até 20 ms 5 ms até 15 ms |

Tempos de Resposta Circuitos 121 e 122:

| | |
|--|-------------------------------------|
| Circuito 121 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | 80 ms até 160 ms ≤ 2 ms |
| Circuito 122 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | < 80 ms 15 ms até 80 ms |

Recomendação V.26-bis: Modem de 1200/2400 bits/s para uso em Circuitos Telefônicos Comutados (10)

Modo de Operação: duplex em circuitos telefônicos a quatro fios e se mi-duplex em circuitos telefônicos a dois fios.

Modo de Transmissão: síncrono

Taxas de Sinalização e Taxas de Entropia Nominais, tabela a seguir:

| Taxa de Sinalização (bauds) | Taxa de Entropia Nominal (bits/s) |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1200 | 1200 |
| 1200 | 2400 |

Processos de Modulação: Na operação a 1200 bps é o D-PSK* de dois estados. (tabela 6)

Na operação a 2400 bps é o D-PSK* de quatro estados. (tabela 7)

* O processo de modulação D-PSK consiste em associar a conjuntos de dígitos binários desvios de fase pré-determinados numa dada onda senoidal portadora.

| Par de Dígitos Binários | Mudança de Fase |
|-------------------------|-----------------|
| 00 | +45° |
| 01 | +135° |
| 11 | +225° |
| 10 | +315° |

Tabela 6 - Estados de Modulação D-PSK para o Modem de 1200/2400 bits/s, operando a 2400 bits/s

| Dígito Binário | Mudança de Fase |
|----------------|-----------------|
| 0 | 90° |
| 1 | 270° |

Tabela 7 - Estados de Modulação D-PSK para o Modem de 1200/2400 bits/s, operando a 1200 bits/s

Para maior esclarecimento, mostramos na figura 15, um sinal senoidal modulado em D-PSK segundo a recomendação V.26 bis do CCITT.

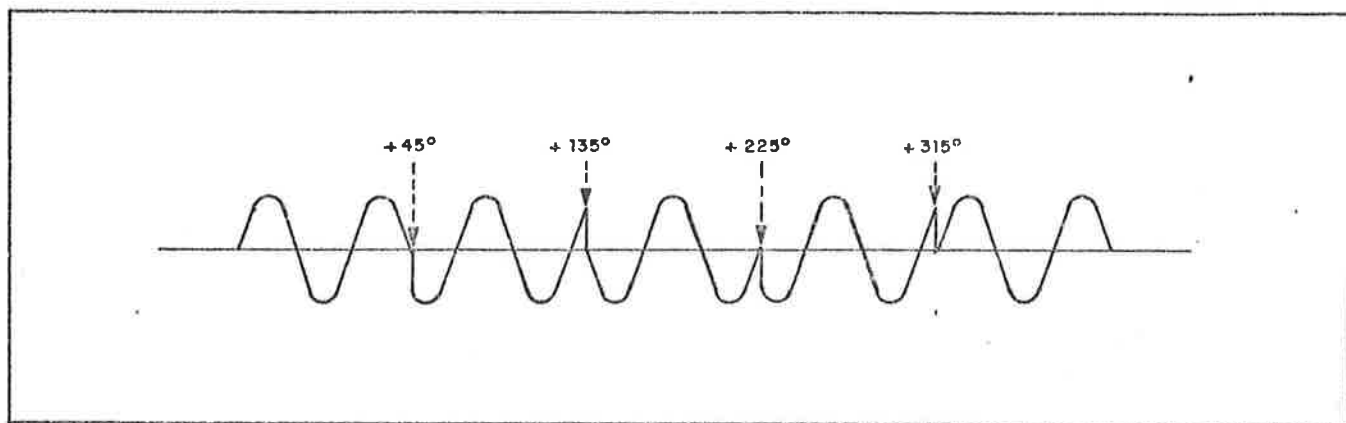


Tabela 15 - Sinal Senoidal Modulado em D-PSK, segundo V.26 bis

Freqüência do sinal senoidal portador: 1800 Hz

Limites de distorção de fase: O sinal a ser transmitido, para evitar distorções de fase, deve ter característica de distorção de fase dentro dos limites especificados na figura 16.

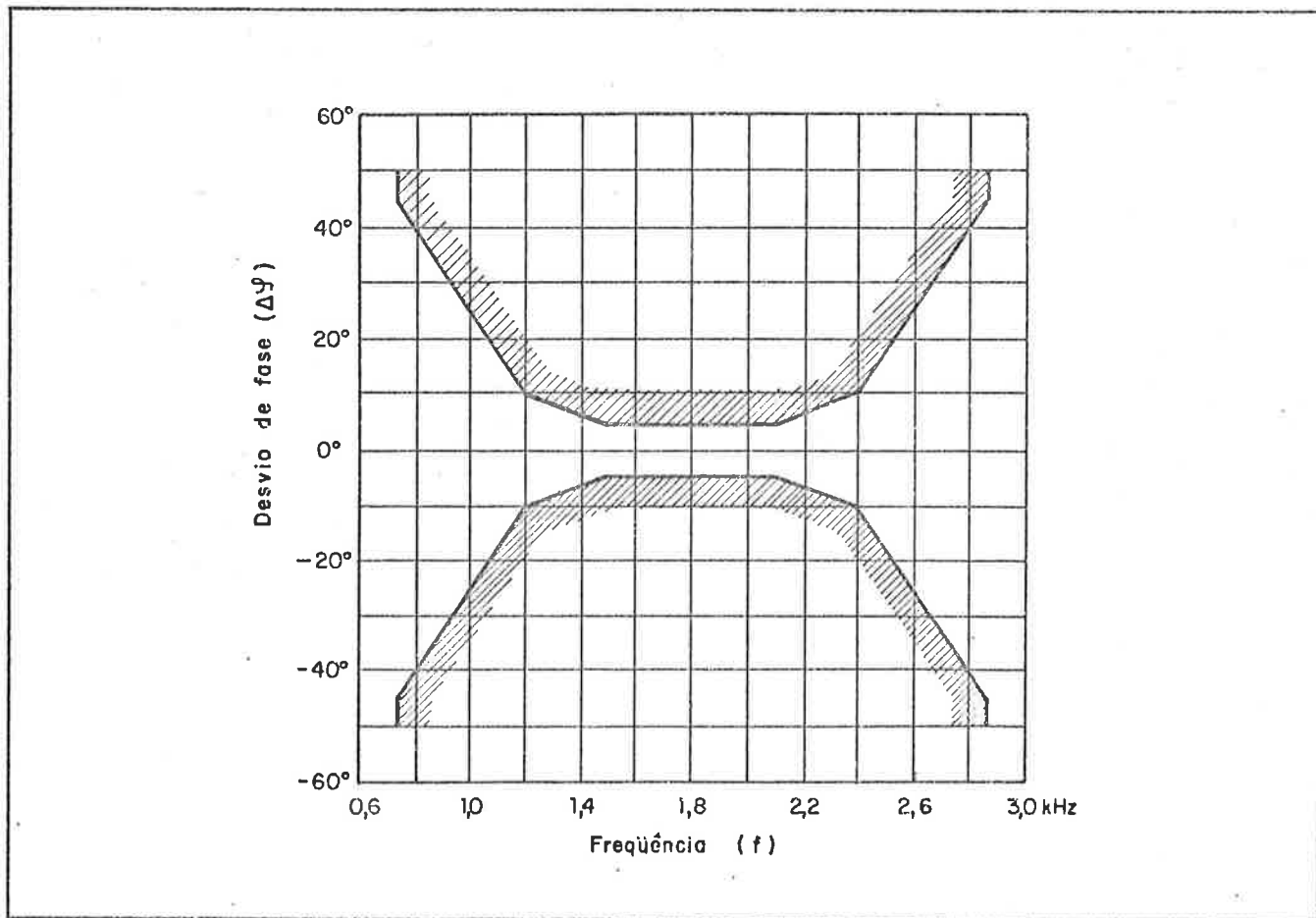


Figura 16 - Limites da Característica de Fase do Sinal Linha Proveniente de um Modem de 1200/2400 bits/s

Canal Secundário: Deve operar em FSK; assíncrono; até 75 bauds como segue:

| Dígito Binário | Frequência (Hz) |
|----------------|-----------------|
| 0 | 450 |
| 1 | 390 |

Circuitos de Interface: 102; 103; 104; 105; 106; 107; 108/1; 108/2 ;
109; 111; 113; 114; 115; 118; 119; 120; 121 e 122

Tempos de Resposta dos Circuitos 106; 109; 121 e 122

| | |
|--|------------------------------|
| Circuito 106 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | 65 ms a 100 ms ≤ 2 ms |
| Circuito 109 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | 5 ms a 15 ms 5 ms a 15 ms |
| Circuito 121 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | 80 ms a 160 ms ≤ 2 ms |
| Circuito 122 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | < 80 ms 15 ms a 80 ms |

Recomendação V.27 ter: Modem de 2400/4800 bits/s para Uso em Circuitos Telefônicos Comutados (10)

Modo de Operação: duplex em circuitos telefônicos a quatro fios e se mi-duplex em circuitos telefônicos a dois fios.

Modo de Transmissão: síncrono

Taxas de Sinalização e Taxas de Entropia Nominais:

| Taxa de Sinalização (bauds) | Taxa de Entropia Nominal (bits/s) |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1200 | 2400 |
| 1600 | 4800 |

Processos de Modulação: Na operação a 2400 bits/s é o D-PSK de quatro estados. (tabela 9)

Na operação a 4800 bits/s é o D-PSK de oito estados (tabela 8)

| Terno de Dígitos Binários | | | Desvio de Fase |
|---------------------------|---|---|----------------|
| 0 | 0 | 1 | 0° |
| 0 | 0 | 0 | 45° |
| 0 | 1 | 0 | 90° |
| 0 | 1 | 1 | 135° |
| 1 | 1 | 1 | 180° |
| 1 | 1 | 0 | 225° |
| 1 | 0 | 0 | 270° |
| 1 | 0 | 1 | 315° |

Tabela 8 - Estados de Modulação D-PSK para o Modem de 2400/4800 bits/s, operando a 4800 bits/s

| Par de Dígitos Binários | Desvio de Fase |
|-------------------------|----------------|
| 00 | 0° |
| 01 | 90° |
| 11 | 180° |
| 10 | 270° |

Tabela 9 - Estados de Modulação D-PSK para o Modem de 2400/4800 bits/s, operando a 2400 bits/s

Frequência do Sinal Senoidal Portador: 1800 Hz

Circuitos de Interface: 102; 103; 104; 105; 106; 107; 108/1; 108/2;
109; 111; 113; 114; 115; 118; 119; 120; 121 e
122.

Tempos de Resposta dos Circuitos 106; 109; 121 e 122, para operação a
4800 bits/s

| | |
|--|------------------------|
| Circuito 106 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | 708 ms ≤ 2 ms |
| Circuito 109 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | 5 a 15 ms 5 a 15 ms |
| Circuito 121 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | 80 a 160 ms ≤ 2 ms |
| Circuito 122 <i>OFF</i> para <i>ON</i> <i>ON</i> para <i>OFF</i> | < 80 ms 15 a 80 ms |

Deve-se observar que para operação a 2400 bits/s valem as especificações da recomendação V.26 bis.

Canal de retorno: igual ao especificado em V.23.

Recomendação V.29: Modem de 9600 bits/s para Uso em Circuitos Telefônicos Dedicados (10)

Modo de Operação: duplex em circuitos telefônicos a quatro fios.

Modo de Transmissão: síncrono

Taxas de Sinalização e Taxas de Entropia Nominais:

| Taxa de Sinalização (bauds) | Taxa de Entropia Nominal (bits/s) |
|--------------------------------|---|
| 2400 | 9600 |
| 1600 | 4800 |

Processos de Modulação:

Na operação a 9600 bits/s o processo de modulação é uma combinação de variação de amplitude e fase em uma onda senoidal portadora.

O sinal de dados é agrupado de quatro em quatro dígitos binários. O primeiro dígito binário (Q1) determina a amplitude do sinal de saída e os outros três dígitos binários (Q2; Q3, Q4) determinam a variação de fase a ser produzida no sinal.

A variação de fase a ser produzida no sinal segue a recomendação V.27; conforme mostra a tabela 10.

| Q2 | Q3 | Q4 | MUDANÇA DE FASE |
|----|----|----|-----------------|
| 0 | 0 | 1 | 0° |
| 0 | 0 | 0 | 45° |
| 0 | 1 | 0 | 90° |
| 0 | 1 | 1 | 135° |
| 1 | 1 | 1 | 180° |
| 1 | 1 | 0 | 225° |
| 1 | 0 | 0 | 270° |
| 1 | 0 | 1 | 315° |

Tabela 10 - Mudanças de Fase no Processo de Modulação do Modem de 9600 bits/s

A amplitude a ser transmitida é determinada por Q1 e pela fase absoluta do sinal, conforme mostra a tabela 11, página a seguir.

| FASE ABSOLUTA | Q1 | AMPLITUDE |
|-----------------------|----|-------------|
| 0°, 90°, 180°, 270° | 0 | 3 |
| | 1 | 5 |
| 45°, 135°, 225°, 315° | 0 | $\sqrt{2}$ |
| | 1 | $3\sqrt{2}$ |

Tabela 11 - Amplitude do Sinal de Linha em um Modem de 9600 bits/s, operando a 9600 bits/s

Na operação a 4800 bits/s, o processo de modulação é o mesmo descrito em V.27 ter.

Frequência do Sinal Senoidal Portador: 1700 Hz

Circuito de Interface: 102; 103; 104; 105; 106; 107; 109; 111; 113; 114 e 115.

Tempos de Resposta dos Circuitos 106; 109; 121 e 122: iguais a V.27 ter

1.5 - UTILIZAÇÃO DE CANAIS DE VOZ DE SISTEMAS PCM TELEFÔNICOS PARA CO MUNICAÇÃO DE DADOS (6), (7), (11)

CONCEITOS GERAIS SOBRE PCM

Os sistemas que operam através de modulação por pulsos codificados - (PCM) baseiam-se na possibilidade de se reconstruir integralmente um sinal a partir de um certo número de amostras instantâneas, retiradas periodicamente do mesmo.

Um sinal contínuo $x(t)$ é amostrado e, em seguida, as amostras têm seus valores aproximados a níveis previamente escolhidos. Este processo denomina-se *quantização* e cada um dos valores previamente escolhidos chama-se *nível de quantização*.

A necessidade de quantização em sistemas de comunicação digitais é óbvia, pois é impossível codificar-se o número infinito de níveis existentes em um sinal analógico.

Após a quantização, o sinal discreto no tempo (amostrado) e discreto em amplitude (quantizado) é *codificado*, formando-se assim o sinal PCM, que pode ser transmitido através de cabos ou modulação em uma onda de RF.

A figura 17 mostra o diagrama em blocos do processo de obtenção de um sinal PCM.

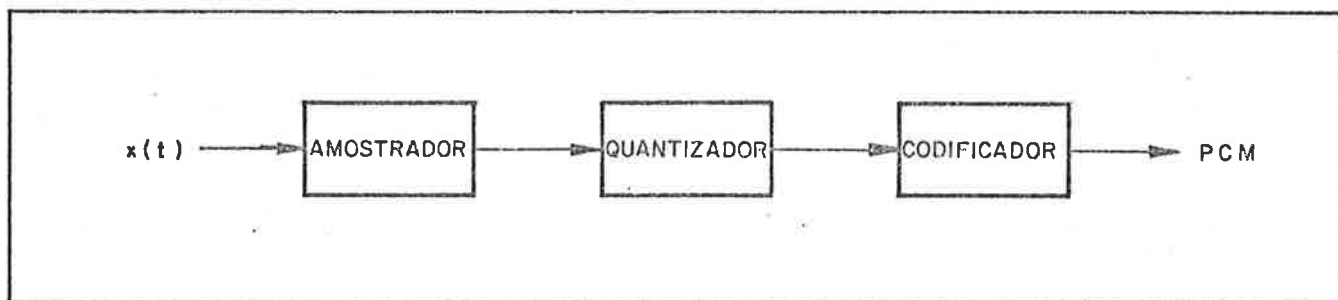


Figura 17 - Sistema PCM - Diagrama em Blocos do Modulador

Na recepção, o sinal é decodificado e o sinal $x(t)$ original é recuperado, através de um filtro passa-baixa.

A figura 18 mostra o diagrama em blocos da regeneração de um sinal contínuo a partir de um sinal PCM.

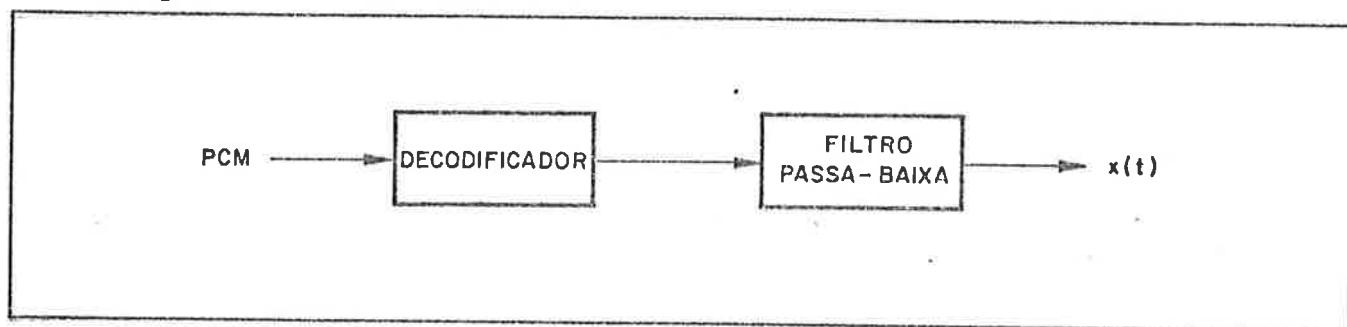


Figura 18 - Sistema PCM - Diagrama em Blocos do Demodulador

AMOSTRAGEM

É o processo de obtenção de uma seqüência de valores instantâneos de uma onda, em intervalos regulares, essa seqüência contendo as informações necessárias para a posterior recuperação da onda original.

Se um sinal $x(t)$ não contiver componentes espectrais acima de uma certa frequência f_M , então as amostras tomadas desse sinal a intervalos de tempo menores que $1/2 f_M$ contêm todas as informações sobre o sinal $f(t)$.

A condição de $T \leq 1/2 f_M$ significa amostrar o sinal $f(t)$ com uma frequência $f_A \geq 2 f_M$.

Consideremos uma função $x(t)$ que não contenha componentes espectrais acima de uma certa frequência f_M , e cuja transformada de Fourier seja $X(f)$ (figura 19).

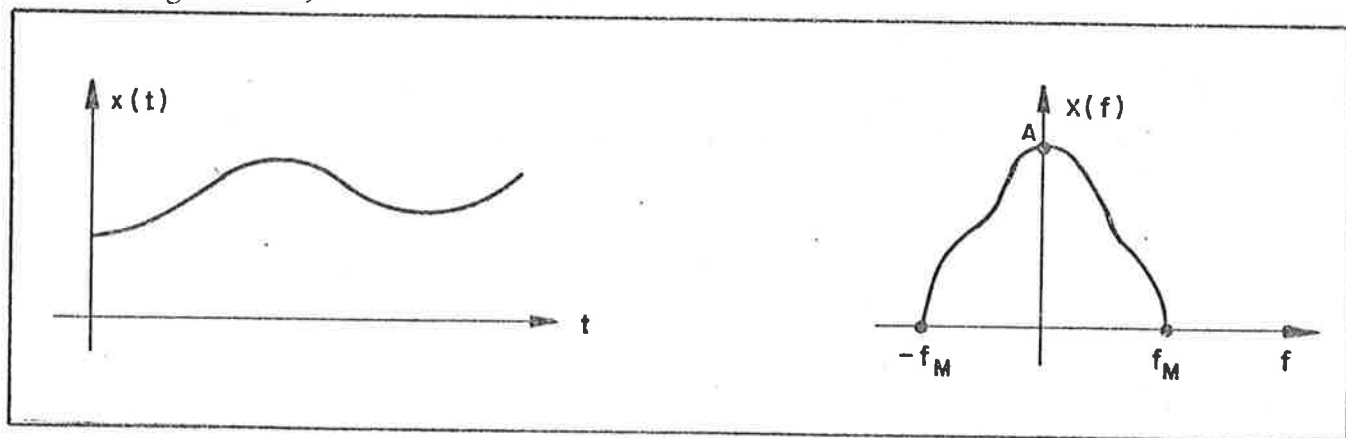


Figura 19 - O sinal contínuo e sua transformada

Consideremos a função de amostragem, formada por impulsos $\delta_T(t)$, e sua transformada de Fourier $\Delta_T(f)$ (figura 29).

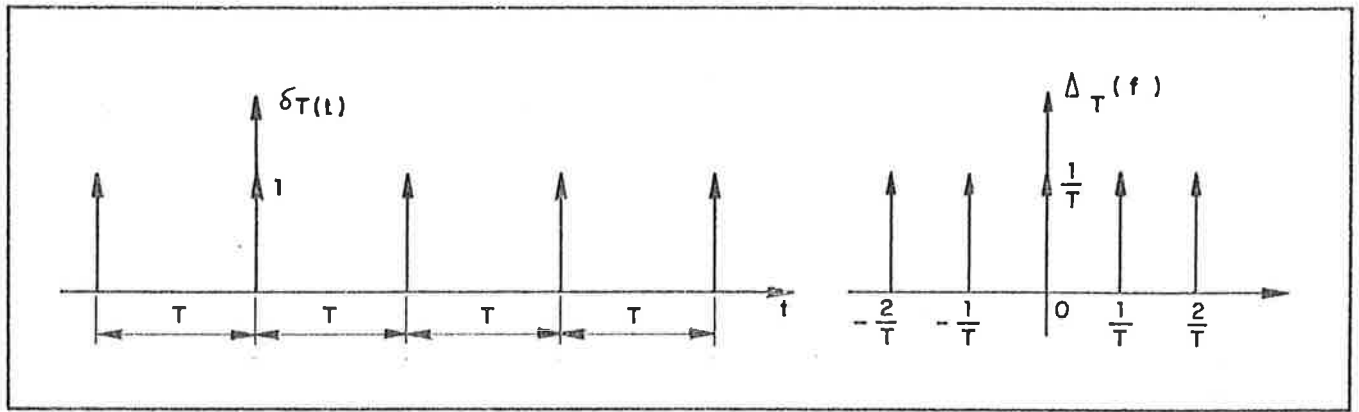


Figura 20 - A Função Amostragem e sua Transformada

O sinal amostrado tem a forma $x_s(t) = x(t) \delta_T(t)$ e sua transformada será $X_s(f) = X(f) * \Delta_T(f)$ (figura 21), onde o símbolo $*$ denota a operação de convolução.

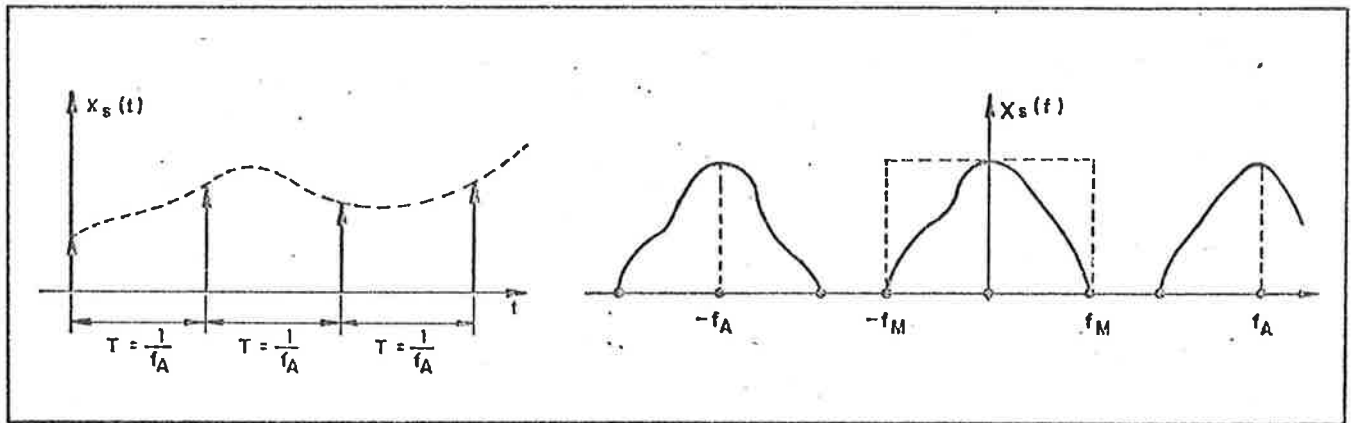


Figura 21 - O Sinal Amostrado e sua Transformada

O sinal amostrado conserva, portanto, o espectro da mensagem e é possível reconstruir $x(t)$ a partir de $x_s(t)$, utilizando-se um filtro passa-baixa.

A condição para que isso seja possível é que não haja sobreposição das faixas laterais e, portanto, $f_A - f_M \geq f_M$.

Logo, devemos ter $f_A \geq 2 f_M$ para que seja possível a reconstrução do sinal a partir da amostra.

AMOSTRAGEM NÃO IDEAL

Na prática, a função impulso não é realizável. Podemos, entretanto, aproximar tal função por um pulso retangular de largura muito pequena em relação ao período (figura 22).

Seja, então, a função de amostragem dada por:

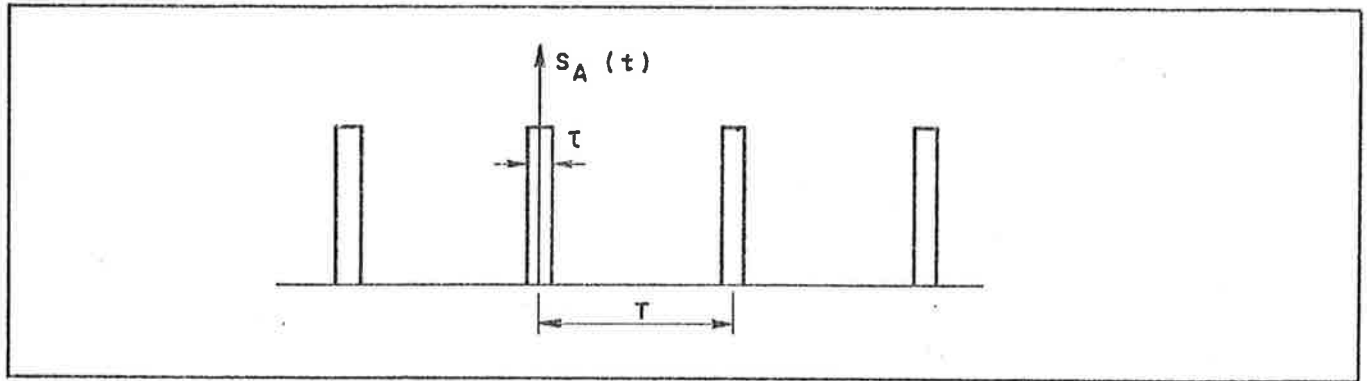


Figura 22 - Pulso Retangular

$$S_A(t) = d \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{sinc}(nd) e^{jn\omega_A t},$$

$$\text{onde: } \omega_A = \frac{2\pi}{T}, \quad d = \frac{\tau}{T},$$

$$\text{e } \text{sinc } x = \frac{\text{sen } x}{x}$$

Logo, o sinal amostrado tem espectro dado pela figura 23.

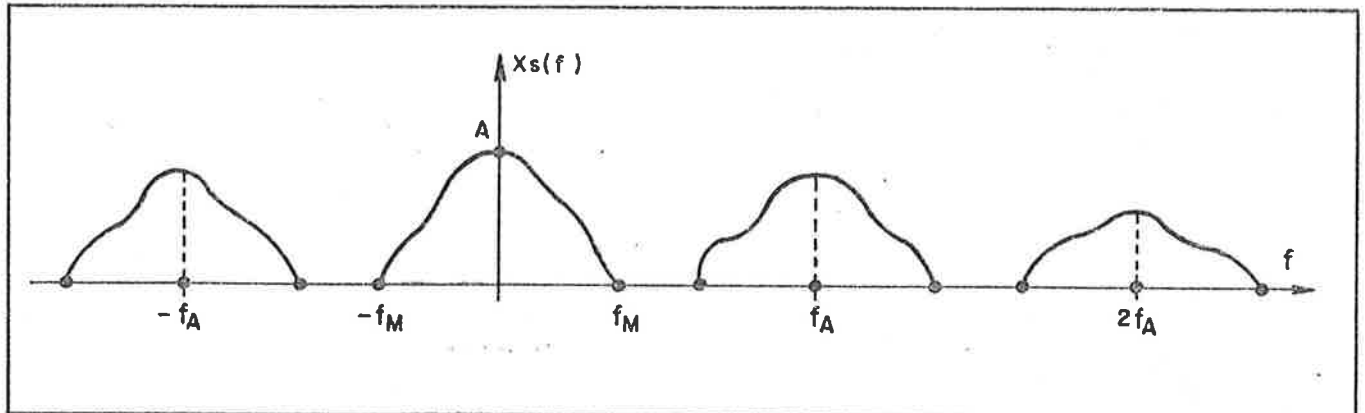


Figura 23 - Sinal Amostrado Não Idealmente

Apesar da operação não ser ideal, o espectro da mensagem permanece intacto e é repetido no domínio da frequência, atenuado, a cada ciclo, por um fator \$d\$.

Nesse caso, também, pode-se recuperar o sinal original com um filtro passa baixa.

FREQÜÊNCIA DE AMOSTRAGEM DE SINAIS DE VOZ

Por meio de experiências cuidadosas, foi possível determinar que a

faixa de voz humana pode ser reduzida para o limite superior de 3400 Hz sem afetar sua inteligibilidade e qualidade para a transmissão de telefonía comercial.

Assim sendo, conclui-se que a frequência de amostragem pode ser 6,8 kHz. Entretanto, isso levaria a um filtro de recepção ideal, impossível de ser realizado na prática. Adotou-se, então, 8 kHz, o que resulta em um filtro de fácil execução, com uma faixa de guarda de 1,2 kHz.

MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO EM TEMPO (TDM)

A multiplexação por divisão em tempo (TDM) é a técnica que permite transmitir-se várias mensagens como uma única, usando o resultado fornecido pelo teorema de amostragem.

O princípio básico do TDM é muito simples, como mostra a figura 24. Os vários sinais de entrada, todos de faixa limitada, são sequencialmente amostrados por uma chave rotatória.

A chave faz uma revolução completa em $T_A \leq 1/2 f_m$, onde f_m é a máxima frequência significativa dos sinais de entrada, extraíndo uma amostra para cada ligação. Conseqüentemente, o sinal do comutador é uma forma de onda PAM, contendo as amostras das mensagens individuais, periodicamente espaçadas no tempo. Um conjunto de pulsos contendo uma amostra de cada entrada é chamado *quadro*.

No receptor, uma outra chave rotatória similar - o distribuidor - separa as amostras e as distribui para um conjunto de filtros passa-baixa, que reconstrói as mensagens originais. O processo de chaveamento é eletrônico e inclui sinais de sincronismo, para que o distribuidor e o comutador possam trabalhar sincronizadamente.

Para sinais de voz, conforme já dito, a frequência de amostragem escolhida é de 8000 ciclos por segundo. Assim sendo, a chave colhe de cada sinal uma amostra a cada 125 μ s.

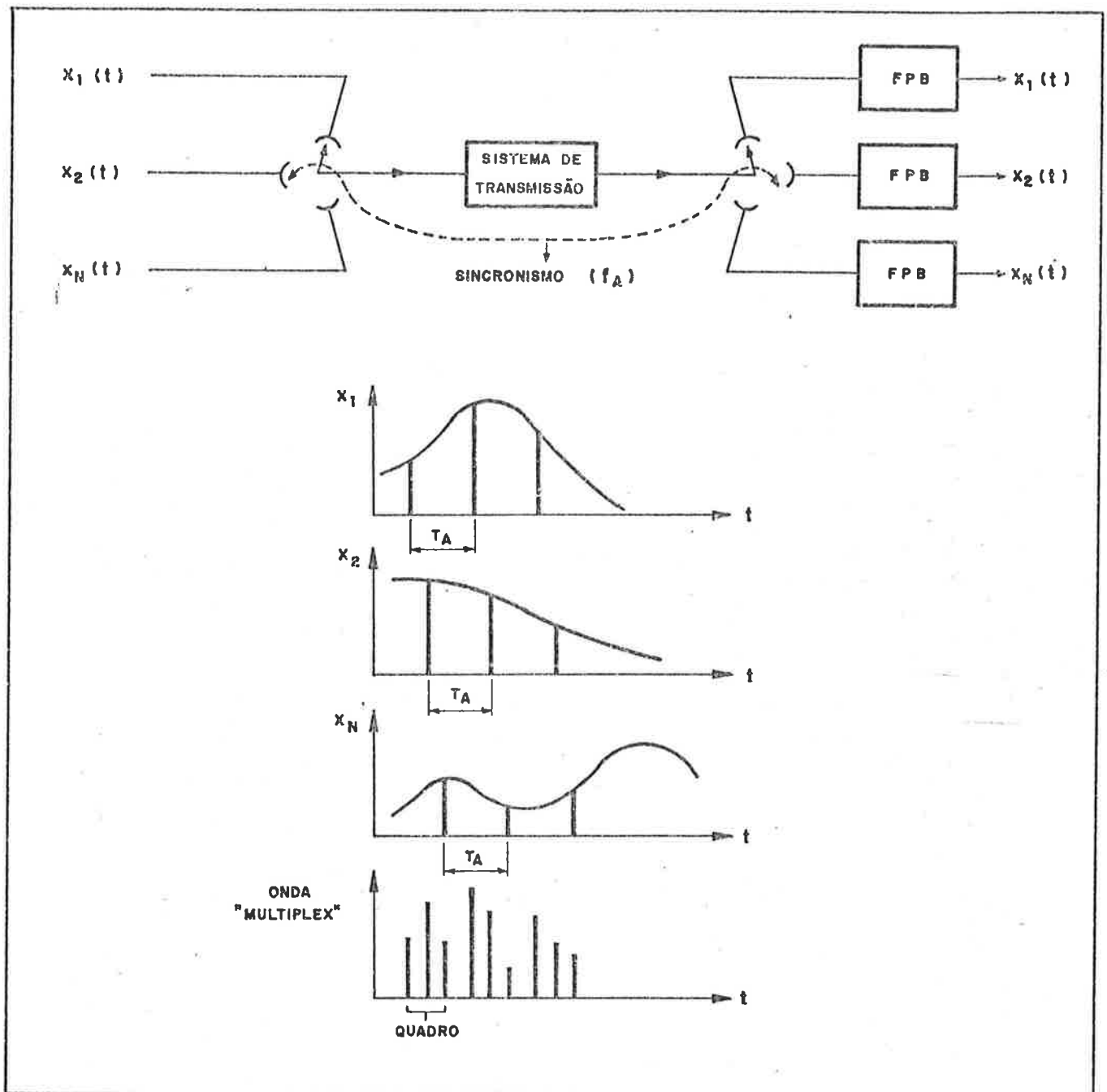


Figura 24 - Multiplexação por Divisão no Tempo

CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS MULTIPLEX PCM PRIMÁRIO

A Recomendação G-732 do CCITT é aplicada a equipamentos multiplex PCM de primeira ordem, que operam a 2048 kbits/s. Para tais sistemas, a razão de amostragem é de 8000 amostras/segundo e tolerância ± 50 partes por milhão (PPM), sendo que cada amostra é codificada com 8 dígitos binários.

Os quadros são formados com 32 intervalos de tempo, dos quais 30 são utilizados para transmissão dos canais de voz e 2 são utilizados para

sincronismo e transmissão da sinalização telefônica entre as centrais. Assim, pode-se num sistema PCM telefônico utilizar alguns intervalos ' de tempo para transmissão de dados, com taxa de entropia nominal de 64 kbits/s, por intervalo de tempo.

Capítulo 2: MULTIPLEXADORES POR DIVISÃO NO TEMPO
PARA COMUNICAÇÃO DE DADOS

2.1. A MULTIPLEXAÇÃO TDM PARA COMUNICAÇÃO DE DADOS (1), (2), (5)

O processo de multiplexação por divisão no tempo (TDM) para a comunicação de dados consiste em agrupar os sinais de entrada provenientes de diversos terminais em um sinal único, através da formação de unidades básicas de transmissão chamadas quadros.

Na figura 25 ilustramos o processo de formação dos quadros.

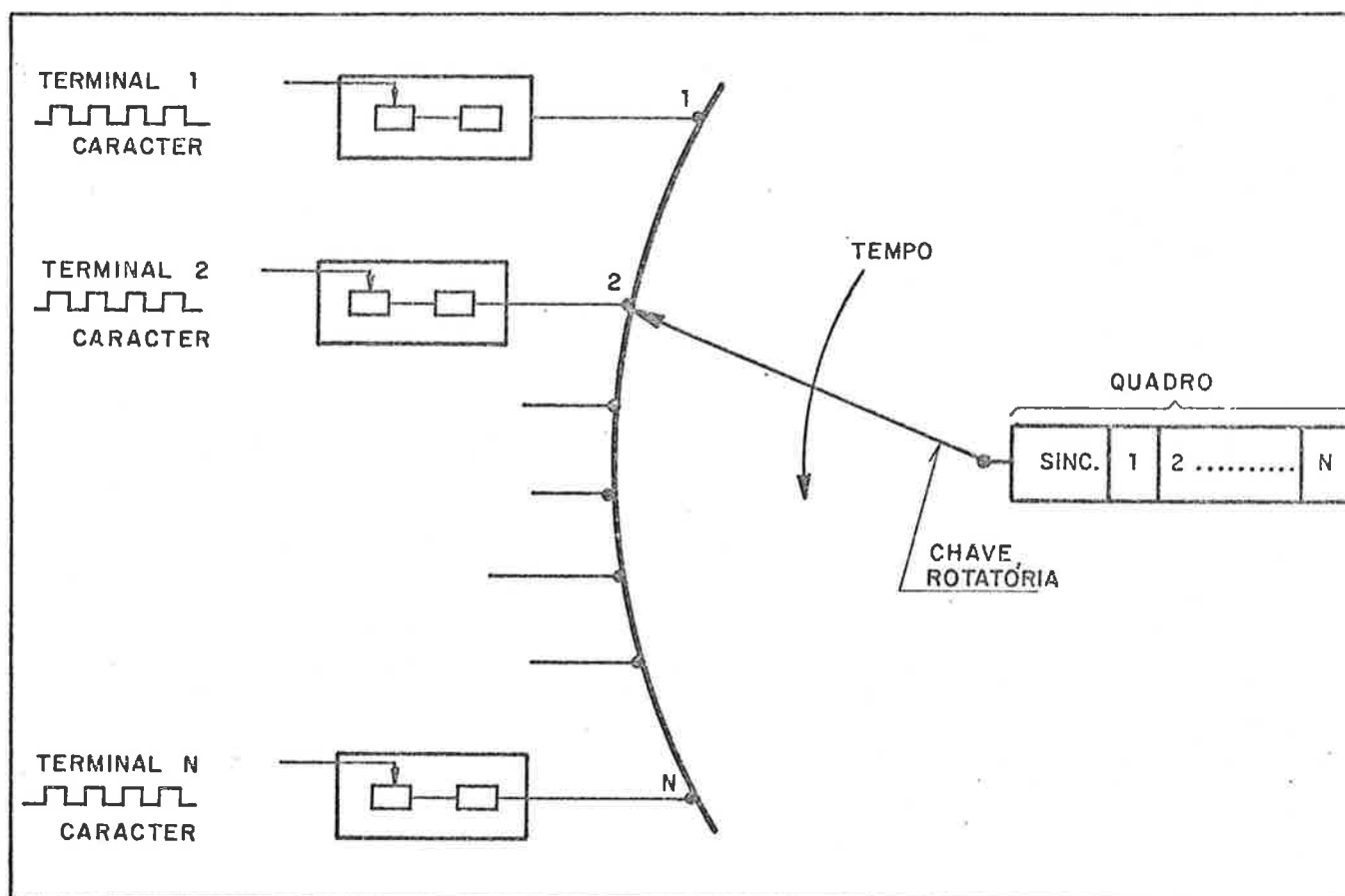


Figura 25 - Formação dos quadros no processo de multiplexação TDM

A cada terminal corresponde um registrador que acumula dígitos binários de cada caracter e os caracteres são lidos, através de uma chave que opera seqüencialmente, formando assim os quadros, que são transmitidos por um meio, com taxa de entropia nominal alta.

Distinguiremos aqui duas técnicas de multiplexação por divisão no tempo:

- Multiplexação TDM Convencional
- Multiplexação TDM Estatística

Tais processos diferem entre si pela forma dos quadros.

2.2. TÉCNICA TDM CONVENCIONAL (1), (15)

Nos equipamentos que se utilizam da técnica TDM-Convencional, os quadros são formados atribuindo-se a cada canal posições fixas. A quantidade de informação transmitida, relativa a cada canal, em cada quadro, é constante. (figura 26).

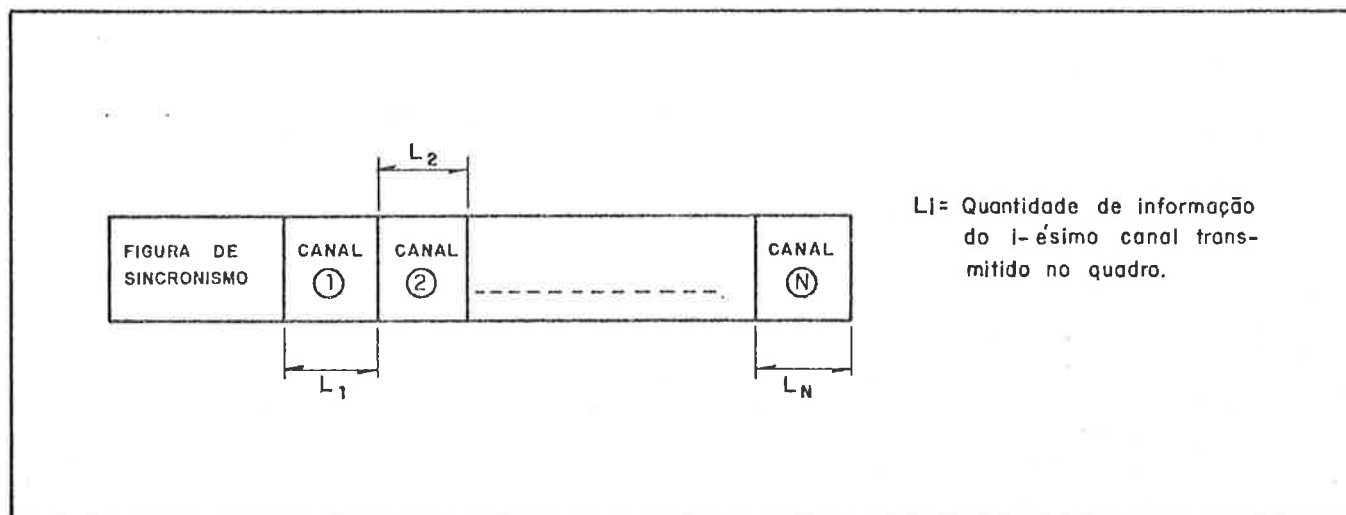


Figura 26 - Formação do Quadro na Técnica TDM-Convencional

O fato das posições dos canais serem fixas e cada L_i ser constante traz duas conseqüências:

- O processo de demultiplexação é facilitado, pois uma única figura de sincronismo é necessária para cada quadro;
- Há uma grande capacidade de transmissão de informações perdida, pois mesmo que não haja informação a transmitir de um dado canal, este ocupa uma parcela fixa do quadro.

O processo de multiplexação TDM convencional pode ser aplicado na concentração de dados em pontos remotos das redes, conforme mostra a figura 27.

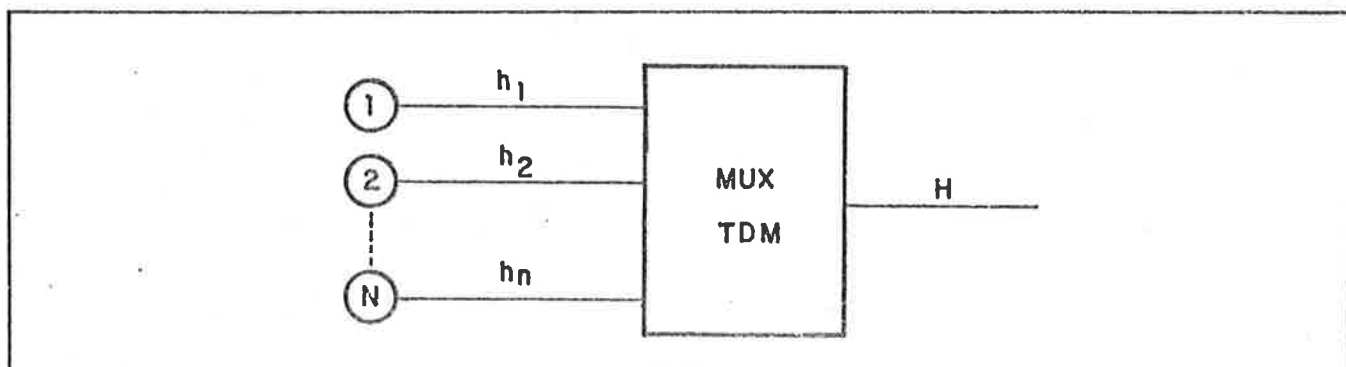


Figura 27 - O Multiplex TDM como Concentrador de Dados

Cada um dos n terminais de entrada envia dados a uma taxa de entropia nominal h_i ao MUX TDM que os reúne num sinal de taxa de entropia nominal H , tal que:

$$H \geq \sum_{i=1}^n h_i$$

2.3 - TÉCNICA TDM - ESTATÍSTICA (2), (12), (13), (15)

FORMAÇÃO DOS QUADROS

Na técnica TDM-Estatística formam-se quadros com os canais alocados em posições fixas, facilitando o processo de demultiplexação.

Entretanto cada L_i pode ser variado de acordo com a probabilidade de ocorrência do caracter a ser transmitido, aumentando o aproveitamento da capacidade de transmissão de informação do sistema.

A figura 28 representa a estrutura dos quadros na técnica TDM-Estatística.

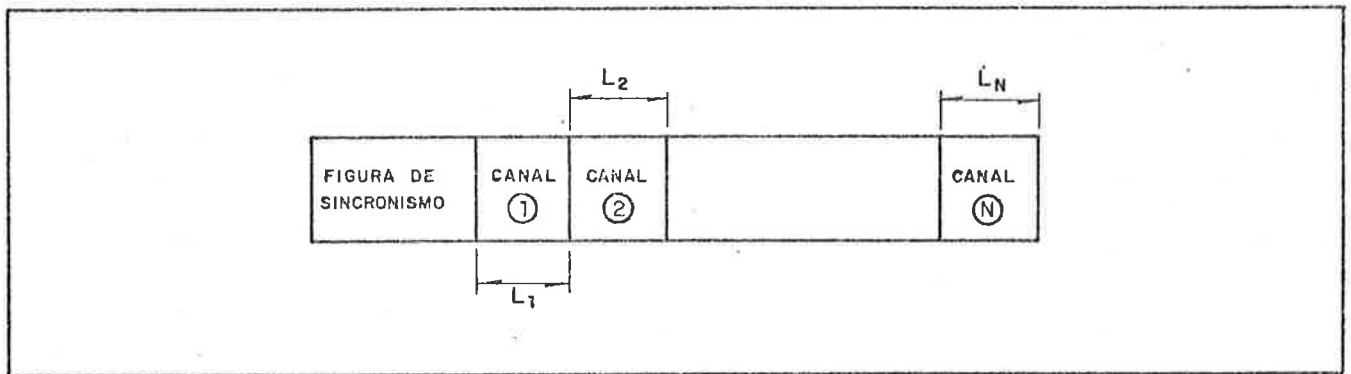


Figura 28 - Formação do Quadro na Técnica TDM-Estatística

A técnica TDM-Estatística, entretanto, tem uma desvantagem significativa que é o tempo de processamento do sinal, consideravelmente aumentado por causa do mecanismo de formação dos quadros.

A TAXA DE UTILIZAÇÃO DE UM TERMINAL

Um parâmetro estatístico de grande utilidade no estudo da técnica TDM Estatística é a taxa de utilização (p) de um dado terminal, definida como a probabilidade do mesmo estar ativado num determinado instante.

A taxa de utilização (p) é, portanto, um parâmetro difícil de ser estimado, dependendo do tipo de protocolo utilizado e da natureza da aplicação.

Uma maneira aproximada e prática de estimar tal parâmetro seria:

$$p = \frac{I_e}{I_d} \quad (10)$$

I_e = quantidade de informação efetivamente transmitida pelo terminal no período de observação.

I_d = (período de observação) x taxa de entropia nominal do terminal.

A definição de (p) nos permite uma análise crítica da capacidade de transmissão de informação eventualmente perdida em uma rede de comunicação de dados.

Consideremos um equipamento MUX TDM em cujas entradas se conectam (N) portas de saída de terminais, cuja taxa de utilização é (p) .

A probabilidade em um dado instante, de $n \leq N$ terminais estarem ativos é:

$$P(n) = \binom{N}{n} p^n (1-p)^{N-n} \quad (11)$$

Se fizermos, por exemplo, $N = 12$ e $p = 0,2$ temos:

| | | |
|---------|---|-------------|
| $P(0)$ | = | 0,068 |
| $P(1)$ | = | 0,206 |
| $P(2)$ | = | 0,283 |
| $P(3)$ | = | 0,236 |
| $P(4)$ | = | 0,132 |
| $P(5)$ | = | 0,053 |
| $P(6)$ | = | 0,015 |
| $P(7)$ | = | 0,003 |
| $P(8)$ | = | 0,0005 |
| $P(9)$ | = | 0,00005 |
| $P(10)$ | = | 0,000004 |
| $P(11)$ | = | 0,00000019 |
| $P(12)$ | = | 0,000000004 |

Não é difícil notar, que no exemplo proposto, a probabilidade de termos 4 ou menos terminais ativados, num determinado instante, é de 92%. A probabilidade de menos da metade dos terminais estarem ativados, num determinado instante, é de 99,3%.

Podemos pois considerar que, cada canal de entrada em um equipamento MUX TDM-E transmitido com taxa de entropia nominal h (bps) transmite efetivamente a uma taxa de entropia:

$$\bar{h} = ph \quad (12)$$

FATOR DE COMPRESSÃO DE UM ALFABETO

A não equiprobabilidade de ocorrência dos caracteres de um alfabeto, provenientes de determinada fonte, faz com que a entropia relativa \bar{h} a mesma (E) seja, em geral, menor que o número de dígitos binários ($\langle E \rangle$) utilizado para a codificação dos caracteres.

Consideremos, por exemplo, o alfabeto de oito caracteres dado na Tabela 12.

| CARACTER | CÓDIGO | FREQÜÊNCIA DE OCORRÊNCIA (f) |
|----------|--------|------------------------------|
| A | 000 | 0,5 |
| B | 001 | 0,125 |
| C | 011 | 0,125 |
| D | 010 | 0,0625 |
| E | 110 | 0,0625 |
| F | 111 | 0,0417 |
| G | 101 | 0,0417 |
| H | 100 | 0,0416 |

Tabela 12 - Exemplo de um alfabeto com distribuição não uniforme

Calculando a entropia (E) relativa à fonte temos:

$$E = \sum_{i=1}^8 f_i \log_2 \frac{1}{f_i} = (0,5 \times 2) + 2 \times (0,125 \times 3) + 2 \times (0,0625 \times 4) + 3 \times (0,0417 \times 4,58)$$

$$E = 2,82 \text{ bits/símbolo}$$

e

$$\langle E \rangle = 3 \text{ dígitos binários/símbolo}$$

O cálculo acima nos mostra que, apesar de estarmos usando 3 dígitos para cada símbolo, cada um deles contém em média, 2,82 bits de informação.

Poderíamos então codificar o alfabeto proposto com um número de dígitos binários variável de caracter para caracter, associando aos caracteres de maior frequência de ocorrência, menor número de dígitos binários, conforme mostra a Tabela 13.

| CARACTER | CÓDIGO | FREQÜÊNCIA DE OCORRÊNCIA (f) |
|----------|--------|------------------------------|
| A | 0 | 0,5 |
| B | 101 | 0,125 |
| C | 100 | 0,125 |
| D | 1101 | 0,0625 |
| E | 1100 | 0,0625 |
| F | 11101 | 0,0417 |
| G | 11100 | 0,0417 |
| H | 11111 | 0,0416 |

Tabela 13 - Recodificação do alfabeto da Tabela 1

O novo número de dígitos binários médio $\langle \bar{E} \rangle$, após a compressão, seria dado por:

$$\langle \bar{E} \rangle = \sum_{i=1}^8 f_i \bar{l}_i = (0,5 \times 1) + 2 \times (0,125 \times 3) + 2 \times (0,0625 \times 4) + 3 \times (0,0417 \times 5)$$

$$\langle \bar{E} \rangle = 2,37 \text{ dígitos binários/símbolos}$$

Do exposto acima, concluímos que uma análise de frequência de ocorrência de caracteres de um determinado alfabeto, permite estabelecer uma lei de compressão, diminuindo a parcela do quadro ocupada por um determinado canal de dados (fonte).

Um outro fato que pode ser utilizado para comprimir um código, é a retirada dos bits de paridade e controle, que podem ser recolocados pelo receptor no outro extremo do canal de comunicação.

Definiremos aqui fator de compressão (d) de um determinado código, ao quociente:

$$d = \frac{\langle \bar{E} \rangle}{\langle E \rangle} \quad (13)$$

Podemos portanto considerar que, cada canal de entrada em um equipamento multiplex TDM-Estatístico que transmite com taxa de entropia nominal h , transmite efetivamente a uma taxa de entropia:

$$\bar{h} = (pd) h \quad (14)$$

Do exposto concluímos que, uma primeira verificação ao se projetar um tronco com MUX TDM-E (figura 29) é da desigualdade:

$$H \geq \sum_{i=1}^n p_i d_i h_i \quad (15) \quad d_i$$

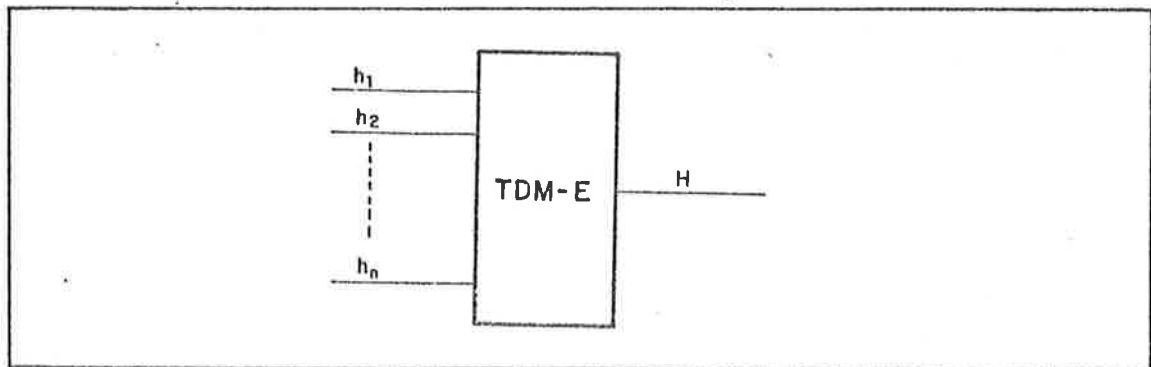


Figura 29 - Taxas de Entropia de Entrada e Saída em MUX TDM-E

2.4. CÁLCULO DO TEMPO DE PROCESSAMENTO DO SINAL EM UM MUX TDM-E(14)(15)

A ESTRUTURA DO QUADRO

Conforme foi descrito no ítem 2.3 o quadro na técnica TDM-Estatística é formado simbolicamente conforme mostra a figura 30.

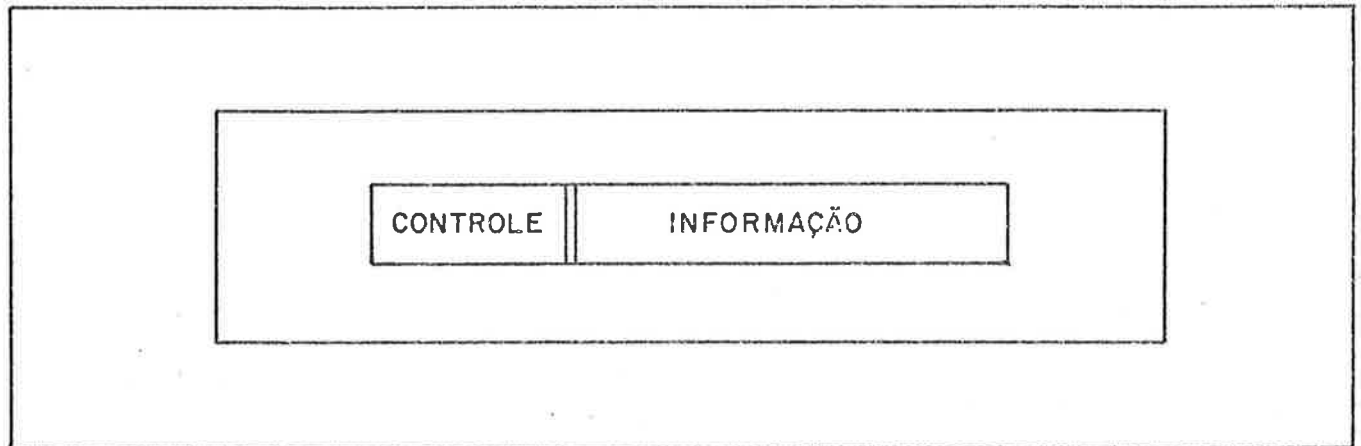


Figura 30 - Esquema do Quadro em MUX TDM-E

Na região de controle são colocados bits de sincronismo, de controle de erro e controle operacional. A região de informação tem comprimento variável, de acordo com o sinal de entrada.

CÁLCULO DO COMPRIMENTO DO QUADRO

Quadro Mínimo (Fmin)

O comprimento mínimo do quadro (Fmin), em dígitos binários, é obtido quando todos os terminais estão sem informação para enviar. Nesse caso, o equipamento TDM-Estatístico envia um código de vazio ("idle code") por terminal ligado.

A figura 31 mostra a estrutura do quadro, nesse caso.

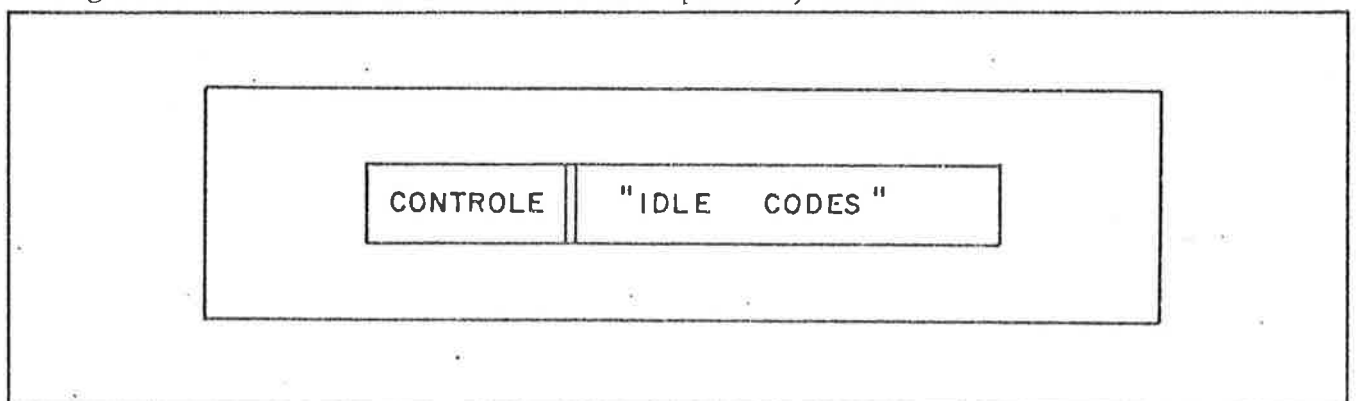


Figura 31 - Quadro Mínimo

Logo:

$$F_{\min} = L_c + \sum_{i=1}^n L_i \quad (16)$$

Onde:

L_c = número de dígitos de controle

L_i = número de dígitos do "idle code", relativo ao i -ésimo terminal.

O tempo de duração mínimo do quadro é, portanto:

$$T_{\min} = F_{\min} \times \frac{1}{H} \quad (17)$$

Onde:

H = taxa de entropia nominal na saída do equipamento TDM-E

Quadro Máximo (F_{\max})

O comprimento máximo do quadro (F_{\max}), em dígitos binários, é obtido quando todos os canais de entrada contribuem com seus caracteres de máximo comprimento.

Logo:

$$F_{\max} = L_c + \sum_{i=1}^n (SW)_i L_i^{\max} \quad (18)$$

Onde:

$(SW)_i$ = quantidade de caracteres do i -ésimo canal, transmitidos por quadro.

O tempo de duração máximo do quadro é, portanto:

$$T_{\max} = F_{\max} \times \frac{1}{H} \quad (19)$$

Quadro Médio ($\langle F \rangle$)

O comprimento médio do quadro ($\langle F \rangle$), em dígitos binários, é obtido pela expressão:

$$\langle F \rangle = L_c + \sum_{i=1}^n (SW)_i (1-p_i) L_i + \sum_{i=1}^n (SW)_i p_i \langle L_i \rangle \quad (20)$$

O tempo de duração médio do quadro é, portanto:

$$\langle T \rangle = \langle F \rangle \cdot \frac{1}{H} \quad (21)$$

CÁLCULO DO TEMPO TOTAL DE PROCESSAMENTO DO SINAL (τ)

Em todo equipamento multiplex TDM-Estatístico o sinal de entrada, proveniente de um equipamento terminal de dados, passa pelos seguintes estágios (figura 32).

- Sincronização, limpeza e compressão (τ_1)
- Armazenamento em "Buffer" para formação do quadro (τ_2)
- Armazenamento em um "FIFO" para ordenação e envio do quadro (τ_3)

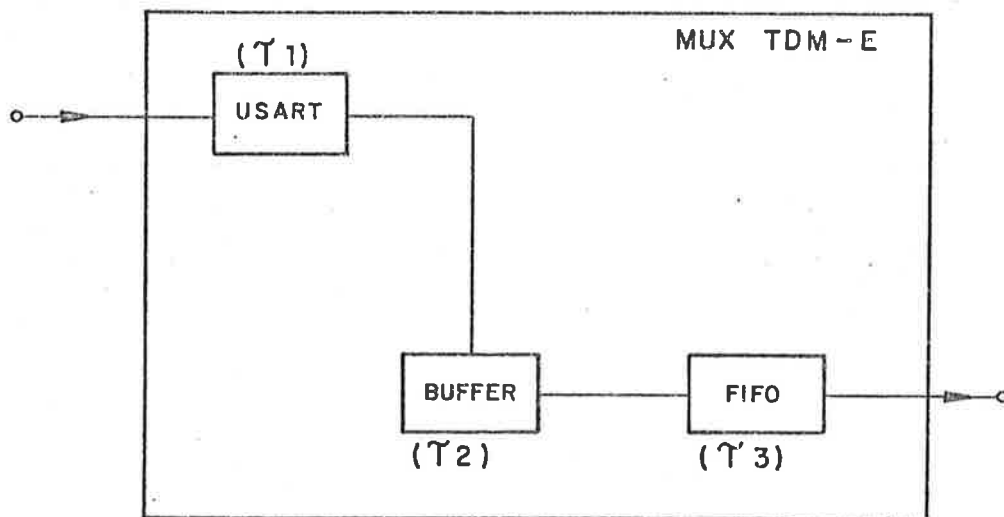


Figura 32 - O Fluxo de Dados no MUX TDM-E

O tempo de processamento para cada sinal de dados que entra em um MUX TDM-E é dado portanto por:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 \quad (22)$$

Cálculo de τ_1

$$\tau_1 = \frac{L}{h}$$

onde: L = número de *bits* por
caracter de entrada

Cálculo de τ_2

τ_2 = tempo de duração de um quadro

Cálculo de τ_3

τ_3 = 2 x tempo de duração de um quadro

Combinando os resultados das equações 18 a 22 podemos escrever:

$$\tau_{\min} = \frac{L}{h} + 3 \times (Lc + \sum_{i=1}^n L_i) \cdot \frac{1}{H} \quad (23)$$

$$\tau_{\max} = \frac{L}{h} + 3 \times (Lc + \sum_{i=1}^n (SW)_i L_i^{\max}) \cdot \frac{1}{H} \quad (24)$$

$$\langle \tau \rangle = \frac{L}{h} + 3 \times (Lc + \sum_{i=1}^n (SW)_i (1-P_i) L_i + \sum_{i=1}^n (SW)_i P_i \langle L_i \rangle) \cdot \frac{1}{H} \quad (25)$$

CAPÍTULO 3: APLICAÇÃO DE MULTIPLEXADORES TDM CONVENCIONAIS
E ESTATÍSTICOS À REDE TRANSDATA

3.1. INTRODUÇÃO

COMPOSIÇÃO DA REDE "TRANSDATA"

A Rede Transdata, primeira rede pública de Transmissão de Dados implantada no Brasil, é uma rede ponto a ponto, sem comutação.

A rede baseia-se na utilização de equipamentos multiplex TDM convencionais, situados nas cidades de maior tráfego e de localização estratégica. Tais cidades são denominadas Centros de Área (CA). A figura 33 representa uma ligação típica entre assinantes pertencentes a dois Centros de Área (CA).

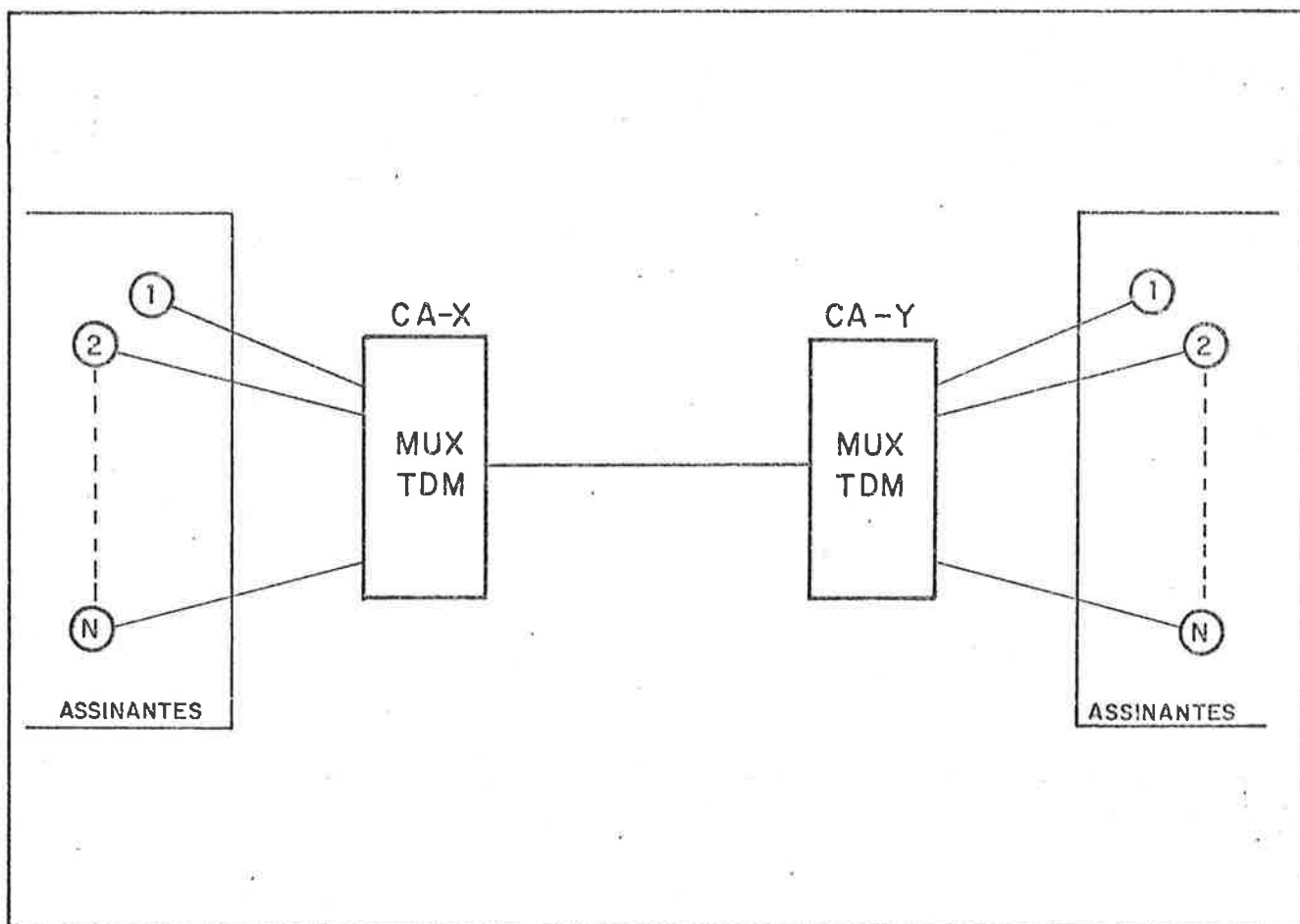


Figura 33 - Esquema de ligação da Rede Transdata

A comunicação entre os assinantes e os Centros de Área é denominada de TRANSMISSÃO DE ACESSO (TAC) e a comunicação entre os Centros de Área é chamada TRANSMISSÃO DE AGREGADOS (TAG).

DESCRIÇÃO DA TRANSMISSÃO DE ACESSO (TAC)

A interligação entre os assinantes e os Centros de Área é realizada - através de canais de voz do sistema telefônico urbano ou interurbano.

Isto é, cada assinantes liga seu equipamento terminal de dados (ETD) a um Modem (M) da EMBRATEL, através do cabo de interface V.24. O Modem (M) do lado do usuário liga-se ao Modem (M) da estação EMBRATEL através de um canal telefônico. A figura 34 representa esquematicamente a situação descrita.

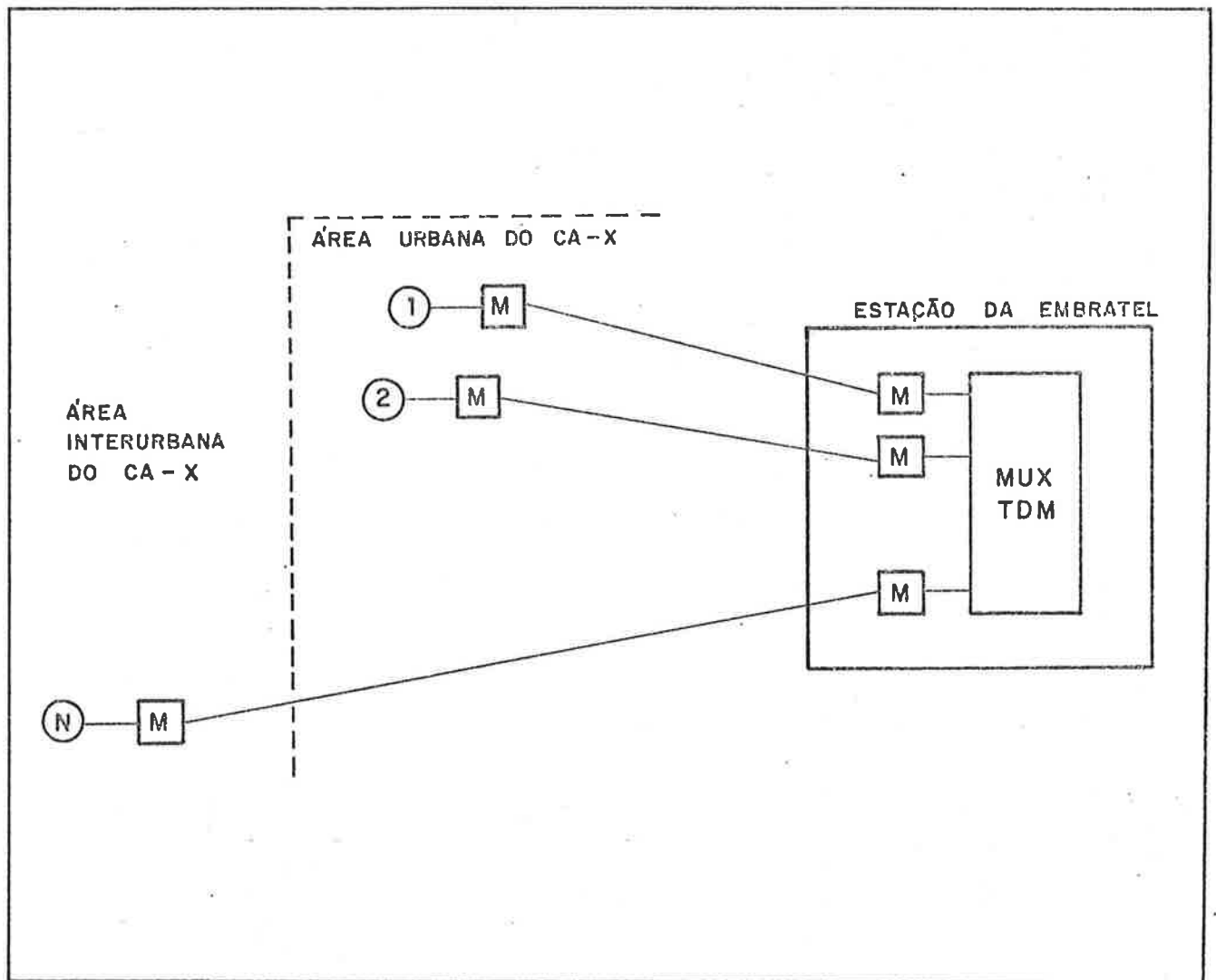


Figura 34 - Esquema da Transmissão de Acesso na Rede Transdata

Os Modems que fazem a ligação entre os usuários e os Centros de Área são dos seguintes tipos, nas transmissões interurbanas:

| | | |
|-------|-------------|----------|
| FSK | assíncronos | 300 bps |
| FSK | assíncronos | 1200 bps |
| D-PSK | síncronos | 1200 bps |
| D-PSK | síncronos | 2400 bps |
| D-PSK | síncronos | 4800 bps |
| QAM | síncronos | 9600 bps |

Nas transmissões urbanas, os Modems Síncronos podem ser substituídos por Modem de Banda-Base, caso o canal de voz seja físico e a linha não seja pupinizada.

DESCRIÇÃO DA TRANSMISSÃO DE AGREGADOS (TAG)

A saída de cada Modem de acesso, situado na estação da EMBRATEL, consiste de um feixe de dados com taxa de entropia nominal compreendida entre 300 e 9600 bps. Tais sinais são sincronizados e multiplexados pelo TDM, formando agregados de 64000 bps.

Os agregados de 64000 bps são constituídos de 60000 bps de informação proveniente dos Modems e 4000 bps de sincronismo e controle operacional dos TDM. Cada agregado é transportado entre os Centros de Área - através de um grupo básico de sistema FDM de telefonia, ocupando uma faixa equivalente a 12 (doze) canais de voz.

Em alguns casos, o agregado é transmitido através de um canal do sistema PCM de telefonia, ocupando apenas um canal de voz. Entretanto a utilização do PCM, embora vantajosa, fica restrita apenas às ligações entre alguns Centros de Área que dispõem dessa técnica em seu sistema telefônico.

OS PROBLEMAS DA FILOSOFIA DA TAC

Da maneira como é feita atualmente, a TAC apresenta uma série de problemas provenientes da necessidade de alocar um canal de voz do sistema telefônico urbano ou interurbano, para cada assinante a ser ativado.

Assim, não há canais de voz disponíveis nos principais Centros de Área, dificultando sobremaneira a implantação da rede, na área urbana dos Centros de Área. O mesmo se pode dizer a respeito das regiões interurbanas, ligadas aos Centros de Área em questão.

Havendo canais de voz disponíveis, a filosofia utilizada implica em grande desperdício de capacidade de transmissão de informação.

A questão da confiabilidade também não pode ser esquecida, uma vez que cada ligação implica em riscos de mau funcionamento dos canais de voz. A utilização de linhas de reserva duplicaria a capacidade de transmissão de informação perdida e os problemas relativos à disponibilidade de canais telefônicos.

A SOLUÇÃO EM ESTUDO

Tendo em vista os problemas citados, sugere-se estudar uma solução que utilize nas TAC equipamentos Multiplex Convencionais e Estatísticos, quando possível.

A instalação dos mesmos se faria em estações das concessionárias estaduais ou locais de telecomunicações, ocupando espaço físico pequeno.

Uma ligação típica, dentro desta nova filosofia, seria como mostra a figura 35.

Algumas vantagens que essa solução proporcionaria são listadas abaixo:

- Diminuição da necessidade de canais de voz longos;
- Melhor controle operacional da rede;
- Diminuição da capacidade de transmissão de informação ociosa;
- Aumento da confiabilidade.

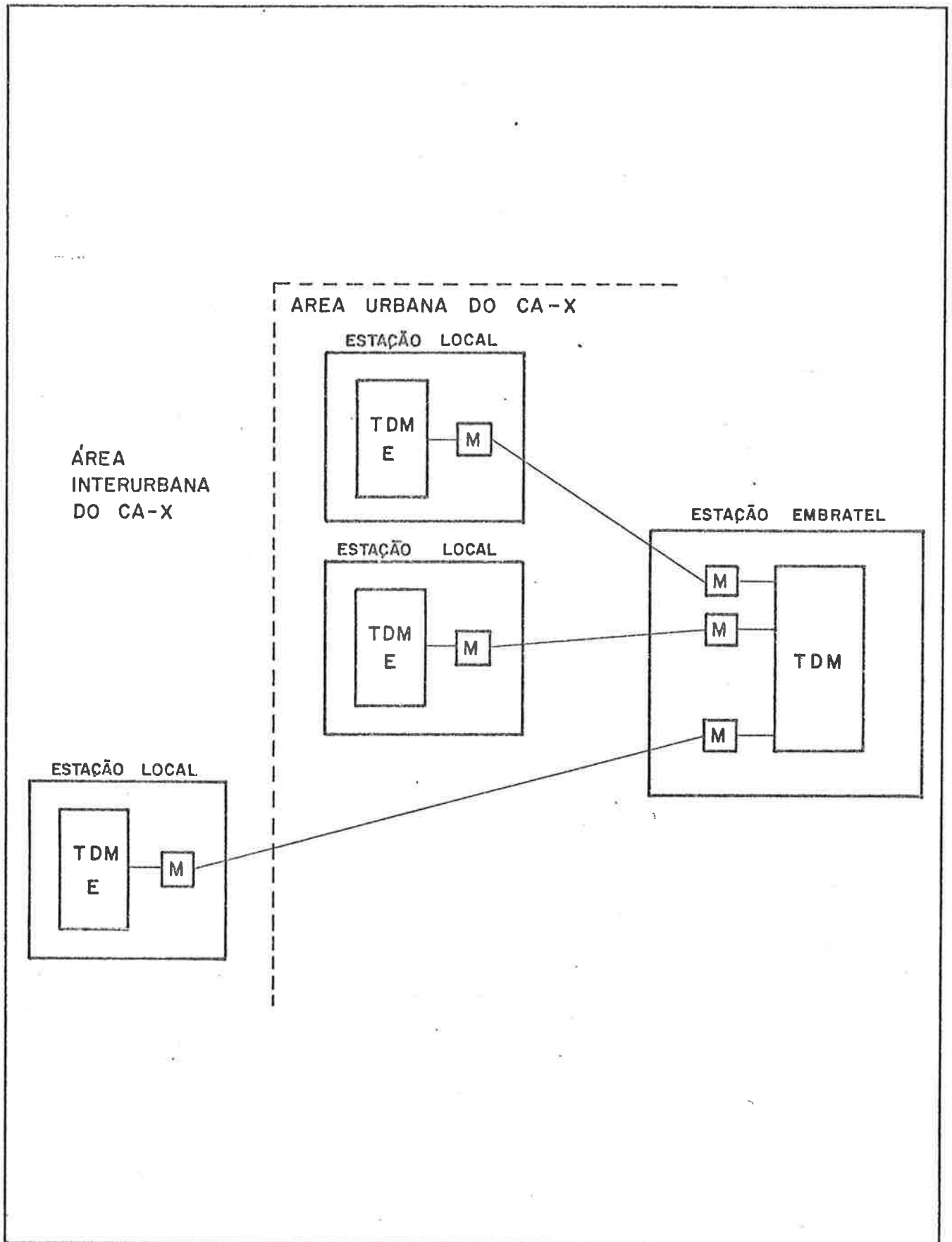


Figura 35 - Esquema de Transmissão de Acesso utilizando MUX TDM-E

3.2. ANÁLISE APROXIMADA DA REDE TRANSDATA

CANALIZAÇÃO DA REDE TRANSDATA

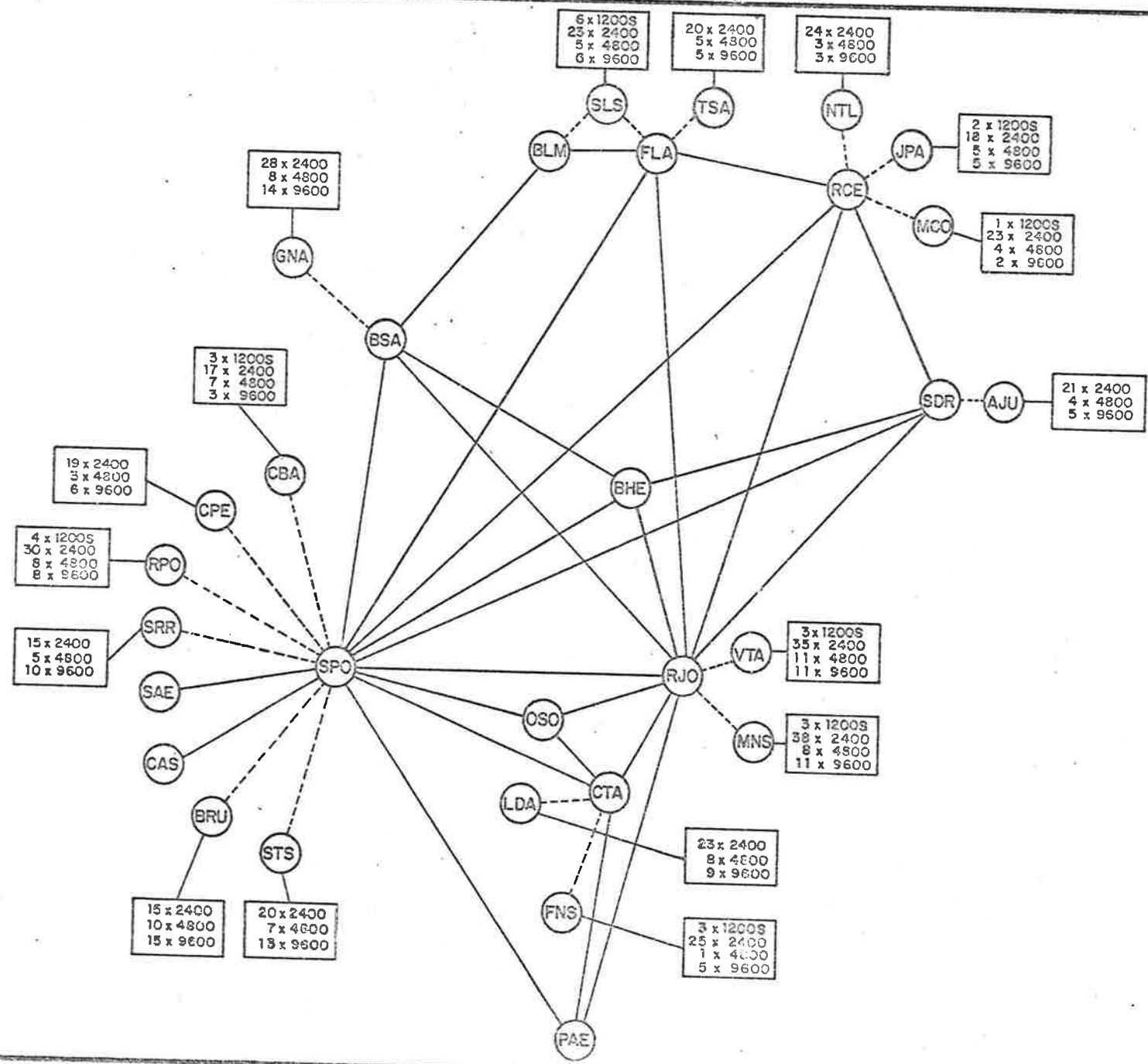
Na figura 36, apresentamos a rede atual, com a canalização das ligações de acesso que consideramos estratégicas para a utilização de equipamentos TDM-Estatísticos.

A Tabela 13 mostra a taxa de entropia e o número de canais de voz em cada ligação.

| LIGAÇÃO | Nº DE CANAIS DE VOZ | TAXA DE ENTROPIA TOTAL (bps) |
|---------|---------------------|------------------------------|
| AJU-SDR | 30 | 117600 |
| MCO-RCE | 30 | 94800 |
| JPA-RCE | 30 | 117600 |
| NTL-RCE | 30 | 100800 |
| TSA-FLA | 30 | 120000 |
| SLS-FLA | 20 | 72000 |
| SLS-BLM | 20 | 72000 |
| GNA-BSA | 50 | 240000 |
| CBA-SPO | 30 | 106800 |
| CPE-SPO | 30 | 127200 |
| RPO-SPO | 50 | 192000 |
| SRR-SPO | 30 | 156000 |
| BRU-SPO | 40 | 228000 |
| STS-SPO | 40 | 206400 |
| LDA-CTA | 40 | 180000 |
| FNS-CTA | 34 | 116400 |
| VTA-RJO | 60 | 246000 |
| MNS-RJO | 60 | 238800 |
| TOTAL | 654 | |

Tabela 13 - Canalização da Rede TRANSDATA

FIGURA-36. ESQUEMA DA REDE TRANSDATA



- LEGENDA:**
- TRANSMISSÕES DE ACESSO
 - TRANSMISSÕES DE AGREGADOS
 - AJU = ARACAJU
 - BHE = BELO HORIZONTE
 - BLM = BELÉM
 - BRU = BAURU
 - BSA = BRASÍLIA
 - CAS = CAMPINAS
 - CBA = CUIABÁ
 - CPE = CAMPO GRANDE
 - CTA = CURITIBA
 - FLA = FORTALEZA
 - FNS = FLORIANÓPOLIS
 - GNA = GOIÂNIA
 - JPA = JOÃO PESSOA
 - LDA = LONDRINA
 - MCO = MACEIÓ
 - MNS = MANAUS
 - NTL = NATAL
 - OCO = OSASCO
 - FAE = PORTO ALEGRE
 - RCE = RECIFE
 - RJO = RIO DE JANEIRO
 - RPO = RIBEIRÃO PRETO
 - SAE = SANTO ANDRÉ
 - SDR = SALVADOR
 - SLS = SÃO LUÍS
 - SPO = SÃO PAULO
 - SRR = SÃO JOSE DO RIO PRETO
 - STS = SANTOS
 - TSA = TEREZINA
 - VTA = VITÓRIA

ECONOMIA DE CANAIS DE VOZ USANDO MODEM-MUX

Uma solução viável para a economia de canais de voz nas transmissões de acesso é a utilização de Modems dotados de multiplex (MODEM-MUX) . A técnica de multiplexação empregada é a TDM-Convencional e existem , basicamente, dois tipos de Modems desse tipo.

Os Modems de 9600 bps (V.29) admitem até quatro feixes de dados de entrada, combinando as taxas de entropia de 2400 bps e 4800 bps, sem que os 9600 bps de saída sejam excedidos.

Os Modems de 4800 bps (V.27 ter) admitem até quatro feixes de dados de entrada, combinando as taxas de entropia de 1200 bps e 2400 bps , sem que os 4800 bps de saída sejam excedidos.

Para efeito de cálculo aproximado da economia de canais de voz proporcionada por esse tipo de solução no TRANSDATA, dividiremos a taxa de entropia total de cada ligação de acesso por 9600 tomando, quando a divisão não resultar inteira, o inteiro imediatamente superior ao quociente.

A tabela 14 mostra o número de canais de voz aproximado, utilizando MODEM-MUX.

| LIGAÇÃO | Nº DE CANAIS DE VOZ |
|---------|---------------------|
| AJU-SDR | 13 |
| MCO-RCE | 10 |
| JPA-RCE | 13 |
| NTL-RCE | 11 |
| TSA-FLA | 13 |
| SLS-FLA | 08 |
| SLS-BLM | 08 |
| GNA-BSA | 25 |
| CBA-SPO | 12 |
| CPE-SPO | 14 |

| LIGAÇÃO | Nº DE CANAIS DE VOZ |
|---------|---------------------|
| RPO-SPO | 20 |
| SRR-SPO | 17 |
| BRU-SPO | 24 |
| STS-SPO | 22 |
| LDA-CTA | 19 |
| FNS-CTA | 13 |
| VTA-RJO | 26 |
| MNS-RJO | 25 |
| TOTAL | 293 |

Tabela 14 - Canalização da Rede Transdata com MODEM-MUX

A solução com MODEM-MUX representa, portanto, uma economia de 55% em termos de canais de voz, nas transmissões de acesso da Rede TRANSDATA.

A REDE TRANSDATA COM MUX TDM-E

Para recalcularmos o número de canais de voz necessários em cada ligação de acesso, utilizando MUX TDM-E, necessitamos conhecer vários aspectos ligados aos equipamentos terminais de dados a serem conectados à rede.

Podemos entretanto fazer a hipótese que a taxa de utilização dos terminais (p) e o fator de compressão das fontes utilizadas (d) devem ter seus valores compreendidos nos intervalos abaixo, para o caso em estudo.

$$0,6 \leq p \leq 0,9$$

e

$$0,8 \leq d \leq 0,98$$

Obviamente os valores de (p) e (d) variam de terminal para terminalmas, para efeito de fixação de idéias suporemos que eles são iguais para todos os terminais, construindo assim a Tabela 15.

Na tabela 16 analisamos a economia percentual de canais da solução com MUX TDM-E, em relação às outras, construindo os gráficos da figura 37.

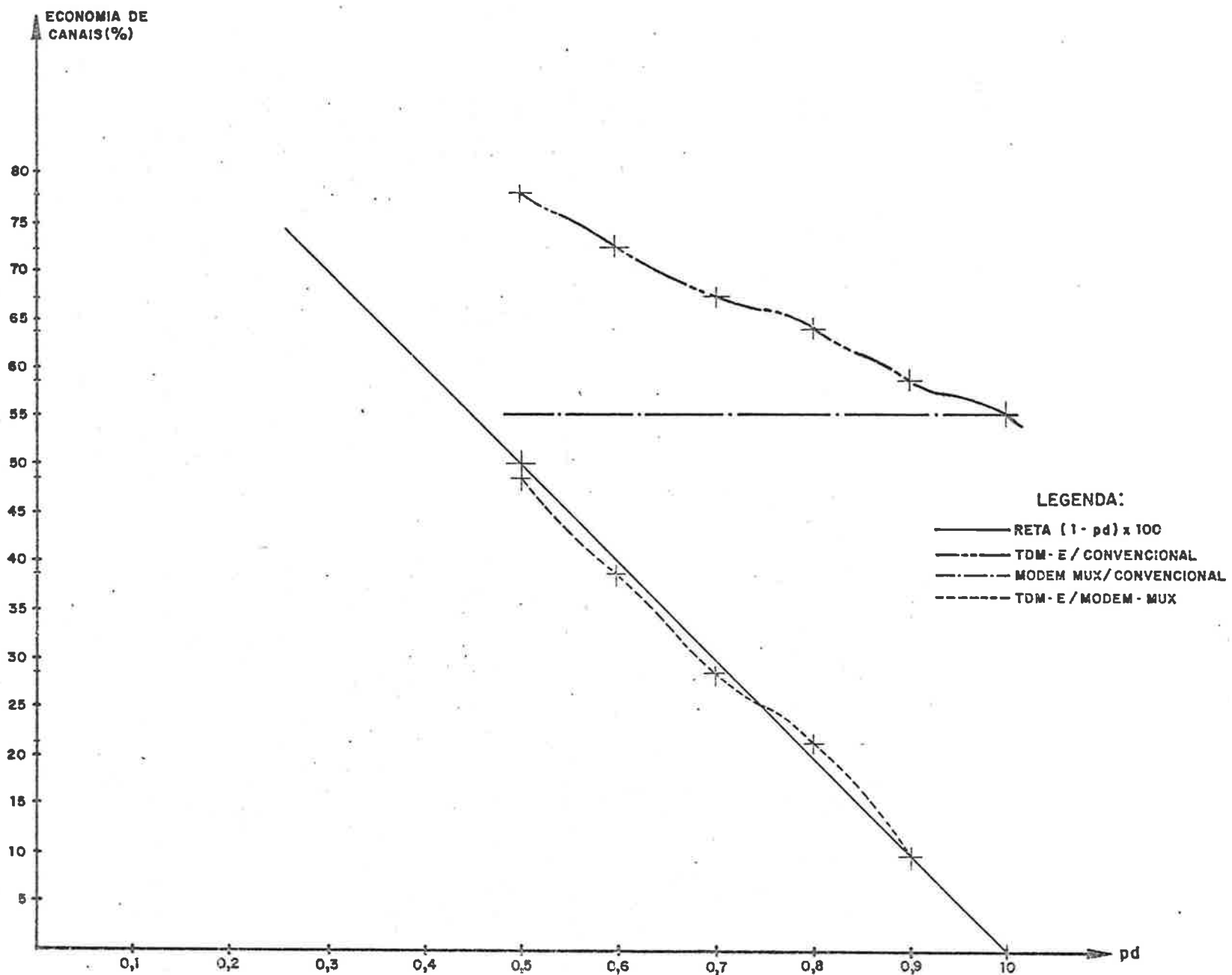
| LIGAÇÃO | TAXA DE ENTROPIA TOTAL (bps) | pd = 0,5 | | pd = 0,6 | | pd = 0,7 | | pd = 0,8 | | pd = 0,9 | |
|---------|------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|
| | | TAXA DE ENTROPIA EFETIVA (bps) | Nº DE CANAIS DE VOZ | TAXA DE ENTROPIA EFETIVA (bps) | Nº DE CANAIS DE VOZ | TAXA DE ENTROPIA EFETIVA (bps) | Nº DE CANAIS DE VOZ | TAXA DE ENTROPIA EFETIVA (bps) | Nº DE CANAIS DE VOZ | TAXA DE ENTROPIA EFETIVA (bps) | Nº DE CANAIS DE VOZ |
| AJU-SDR | 117600 | 58800 | 7 | 70560 | 8 | 82320 | 9 | 94080 | 10 | 105840 | 12 |
| MCO-RCE | 94800 | 47400 | 5 | 56880 | 6 | 66360 | 7 | 75840 | 8 | 85320 | 9 |
| JPA-RCE | 117600 | 58800 | 7 | 70560 | 8 | 82320 | 9 | 94080 | 10 | 105840 | 12 |
| NTL-RCE | 100800 | 50400 | 6 | 60480 | 7 | 70560 | 8 | 80640 | 9 | 90720 | 10 |
| TSA-FLA | 120000 | 60000 | 7 | 72000 | 8 | 84000 | 9 | 96000 | 10 | 108000 | 12 |
| SLS-FLA | 72000 | 36000 | 4 | 43200 | 5 | 50400 | 6 | 57600 | 6 | 64800 | 7 |
| SLS-BLM | 72000 | 36000 | 4 | 43200 | 5 | 50400 | 6 | 57600 | 6 | 64800 | 7 |
| GNA-BSA | 240000 | 120000 | 13 | 144000 | 15 | 168000 | 18 | 192000 | 20 | 216000 | 23 |
| CBA-SPO | 106800 | 53400 | 6 | 64080 | 7 | 74760 | 8 | 85440 | 9 | 96120 | 11 |
| CPE-SPO | 127200 | 63600 | 7 | 76320 | 8 | 89040 | 10 | 101760 | 11 | 114480 | 12 |
| RPC-SPO | 192000 | 96000 | 10 | 115200 | 12 | 134400 | 14 | 153600 | 16 | 172800 | 18 |
| SRR-SPO | 156000 | 78000 | 9 | 93600 | 10 | 109200 | 12 | 124800 | 13 | 140400 | 15 |
| BRU-SPO | 228000 | 114000 | 12 | 136800 | 15 | 159600 | 17 | 182400 | 19 | 205200 | 22 |
| STS-SPO | 206400 | 103200 | 11 | 123840 | 13 | 144480 | 16 | 165120 | 18 | 185760 | 20 |
| LDA-CTA | 180000 | 90000 | 10 | 108000 | 12 | 126000 | 14 | 144000 | 15 | 162000 | 17 |
| FNS-CTA | 116400 | 58200 | 7 | 69840 | 8 | 81480 | 9 | 93120 | 10 | 104760 | 11 |
| VTA-RJO | 246000 | 123000 | 13 | 147600 | 16 | 172200 | 18 | 196800 | 21 | 221400 | 24 |
| MNS-RJO | 238800 | 119400 | 13 | 143280 | 15 | 167160 | 18 | 191040 | 20 | 214920 | 25 |
| TOTAIS | | | 151 | | 178 | | 208 | | 231 | | 265 |

Tabela 15 - Canalização da Rede TRANSDATA com MUX TDM-E

| pd | ECONOMIA DE CANAIS DE VOZ EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO CONVENCIONAL (%) | ECONOMIA DE CANAIS DE VOZ EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO COM MODEM MUX (%) |
|-----|---|--|
| 0,5 | 77 | 48 |
| 0,6 | 73 | 39 |
| 0,7 | 68 | 29 |
| 0,8 | 65 | 21 |
| 0,9 | 59 | 10 |

Tabela 16 - Economia de Canais de Voz das diversas soluções

FIG.37 - GRÁFICO DA ECONOMIA DE CANAIS DE VOZ EM FUNÇÃO DO PRODUTO DO FATOR DE UTILIZAÇÃO PELO FATOR DE COMPRESSÃO



3.3. ANÁLISE DO EMPREGO DOS MODEM - MUX NA REDE TRANSDATA (15)

INTRODUÇÃO

Analisaremos, neste ítem o emprego dos MODEM-MUX na Rede TRANSDATA, sob o aspecto de economia de canais de voz, em relação à solução convencional.

PROJETO DA REDE COM MODEM-MUX

AJU-SDR

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 5 | 9600 | 5 |
| 4 | 4800 | 2 |
| 21 | 2400 | 6 |
| | TOTAL | 13 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 13}{30} \Rightarrow 57\%$

MCO-RCE

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 2 | 9600 | 2 |
| 4 | 4800 | 2 |
| 20 | 2400 | 5 |
| 2 | 2400 | 1 |
| 1 | 2400 | 1 |
| 1 | 1200 | 1 |
| | TOTAL | 11 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 11}{30} \Rightarrow 63\%$

JPA-RCE

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 5 | 9600 | 5 |
| 4 | 4800 | 2 |
| 1 | 4800 | 1 |
| 2 | 2400 | |
| 16 | 2400 | 4 |
| 2 | 1200 | 1 |
| TOTAL | | 13 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 13}{30} \Rightarrow 57\%$

NTL-RCE

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 3 | 9600 | 3 |
| 3 | 4800 | 2 |
| 24 | 2400 | 6 |
| TOTAL | | 11 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 11}{30} \Rightarrow 63\%$

TSA-FLA

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 5 | 9600 | 5 |
| 5 | 4800 | 3 |
| 20 | 2400 | 5 |
| TOTAL | | 13 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 13}{30} \Rightarrow 57\%$

SLS-FLA

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 3 | 9600 | 3 |
| 2 | 4800 | 1 |
| 1 | 4800 | 1 |
| 2 | 2400 | |
| 8 | 2400 | 2 |
| 1 | 2400 | 1 |
| 2 | 1200 | |
| 1 | 1200 | 1 |
| | TOTAL | 9 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{20 - 9}{20} \Rightarrow 55\%$

SLS-BLM

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 3 | 9600 | 3 |
| 2 | 4800 | 1 |
| 12 | 2400 | 3 |
| 3 | 1200 | 1 |
| | TOTAL | 8 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{20 - 8}{20} \Rightarrow 60\%$

GNA-BSA

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 14 | 9600 | 14 |
| 8 | 4800 | 4 |
| 28 | 2400 | 7 |
| | TOTAL | 25 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{50 - 25}{50} \Rightarrow 50\%$

CBA-SPO

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 3 | 9600 | 3 |
| 6 | 4800 | 3 |
| 1 | 4800 | 1 |
| 2 | 2400 | |
| 15 | 2400 | 4 |
| 3 | 1200 | 1 |
| | TOTAL | 12 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 12}{30} \Rightarrow 60\%$

CPE-SPO

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 6 | 9600 | 6 |
| 4 | 4800 | 2 |
| 19 | 2400 | 5 |
| 1 | 1200 | 1 |
| | TOTAL | 14 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 14}{30} \Rightarrow 53\%$

RPO-SPO

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 8 | 9600 | 8 |
| 8 | 4800 | 4 |
| 30 | 2400 | 8 |
| 4 | 1200 | 1 |
| | TOTAL | 21 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{50 - 21}{50} \Rightarrow 58\%$

SRR-SPO

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 10 | 9600 | 10 |
| 5 | 4800 | 3 |
| 15 | 2400 | 4 |
| | TOTAL | 17 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 17}{30} \Rightarrow 43\%$

BRU-SPO

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 15 | 9600 | 15 |
| 10 | 4800 | 5 |
| 15 | 2400 | 4 |
| | TOTAL | 24 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{40 - 24}{40} \Rightarrow 40\%$

STS-SPO

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 13 | 9600 | 13 |
| 7 | 4800 | 4 |
| 20 | 2400 | 5 |
| | TOTAL | 22 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{40 - 20}{40} \Rightarrow 50\%$

LDA-CTA

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 9 | 9600 | 9 |
| 8 | 4800 | 4 |
| 23 | 2400 | 6 |
| | TOTAL | 19 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{40 - 19}{40} \Rightarrow 53\%$

FNS-CTA

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 5 | 9600 | 5 |
| 1 | 4800 | 1 |
| 1 | 2400 | |
| 24 | 2400 | 6 |
| 3 | 1200 | 1 |
| | TOTAL | 13 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{34 - 13}{34} \Rightarrow 62\%$

VTA-RJO

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 11 | 9600 | 11 |
| 11 | 4800 | 6 |
| 35 | 2400 | 9 |
| 3 | 1200 | 1 |
| | TOTAL | 27 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{60 - 27}{60} \Rightarrow 55\%$

| NÚMERO DE TERMINAÇÕES | TAXA DE ENTROPIA (bps) | NÚMERO DE CANAIS DE VOZ |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 11 | 9600 | 11 |
| 8 | 4800 | 4 |
| 38 | 2400 | 10 |
| 3 | 1200 | 1 |
| | TOTAL | 26 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{60 - 26}{60} \Rightarrow 57\%$

A ECONOMIA PERCENTUAL DE CANAIS DA SOLUÇÃO COM MODEM - MUX EM FUNÇÃO DA TAXA DE ENTROPIA TOTAL

Os cálculos efetuados no item anterior, permitem construir a Tabela 17, comparando a solução com MODEM-MUX, relativamente à solução convencional.

| LIGAÇÃO | TAXA DE ENTROPIA (bps) | ECONOMIA (%) |
|---------|------------------------|--------------|
| VTA-RJO | 246000 | 55 |
| GNA-BSA | 240000 | 50 |
| MNS-RJO | 238000 | 57 |
| BRU-SPO | 228000 | 40 |
| STS-SPO | 206400 | 50 |
| RPO-SPO | 192000 | 51 |
| LDA-CTA | 180000 | 53 |
| SRR-SPO | 156000 | 43 |
| CPE-SPO | 127000 | 53 |
| TSA-FLA | 120000 | 57 |
| AJU-SDR | 117600 | 57 |
| JPA-RCE | 117600 | 57 |
| FNS-CTA | 116400 | 62 |
| CBA-SPO | 106800 | 60 |
| NTL-RCE | 100800 | 63 |
| MCO-RCE | 94800 | 63 |
| SLS-FLA | 73200 | 55 |
| SLS-BLM | 70800 | 60 |

Tabela 17 - Economia dos Canais na solução MODEM MUX

Na figura 38 fazemos um gráfico da economia percentual de canais de voz da solução com MODEM-MUX, em relação à solução convencional, em função da taxa de entropia total.

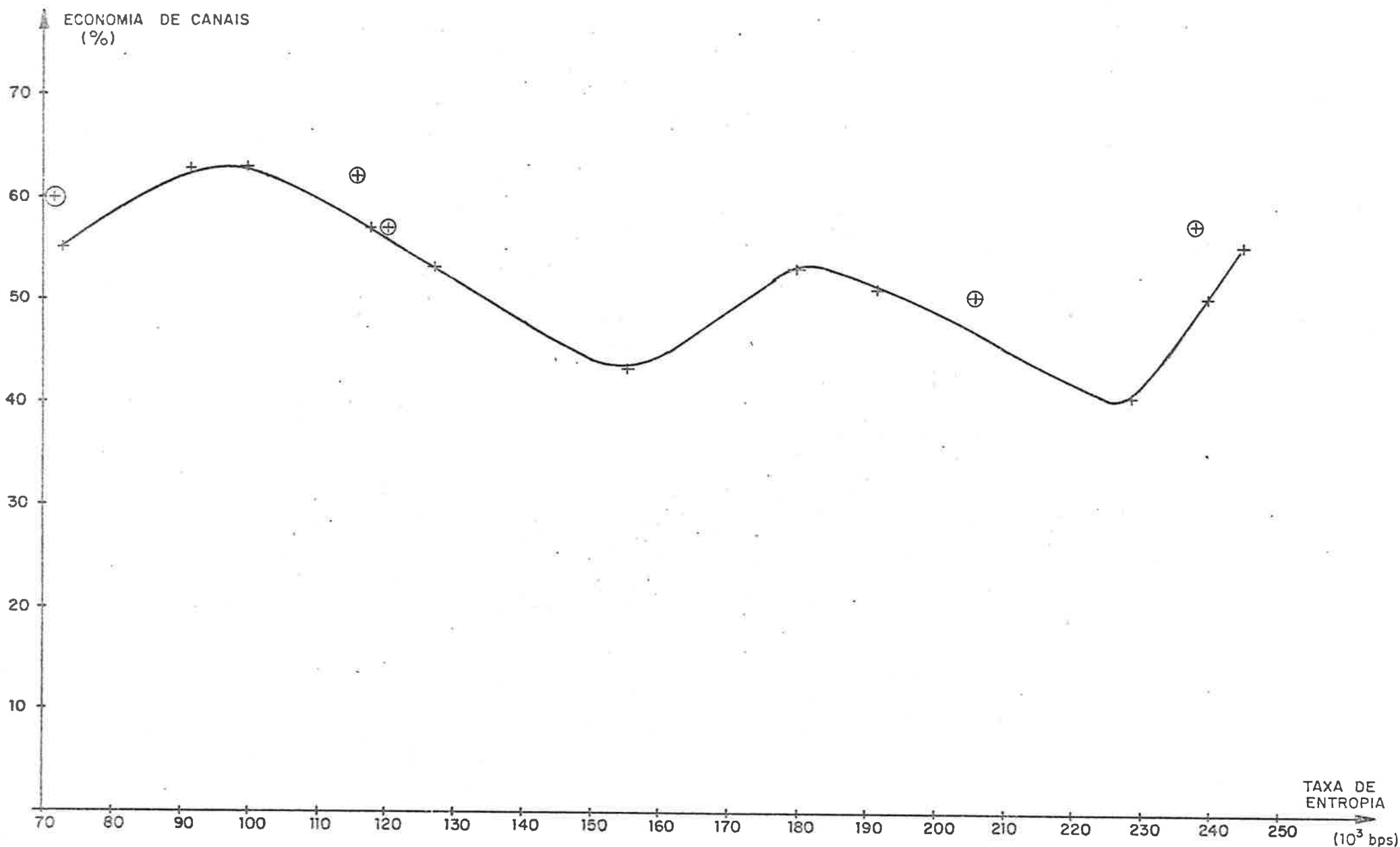


Figura 38 - GRÁFICO DA ECONOMIA DE CANAIS DA SOLUÇÃO MODEM-MUX EM FUNÇÃO DA TAXA DE ENTROPIA

3.4. ANÁLISE DO EMPREGO DOS EQUIPAMENTOS MUX TDM-E NA REDE TRANSDATA (15)

INTRODUÇÃO

Analisaremos neste ítem o emprego dos equipamentos MUX TDM-E na Rede TRANSDATA, sob o aspecto de economia de canais, em relação à solução convencional e em relação à solução com MODEM-MUX.

Para efeito de projeto, faremos algumas hipóteses que estão resumidas na Tabela 18.

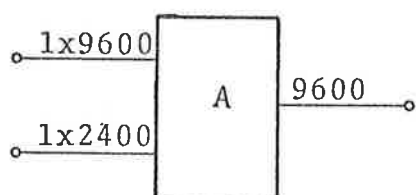
| h (bps) | p | d | pdh (bps) |
|------------|-----|------|--------------|
| 1200 | 0,5 | 0,8 | 480 |
| 2400 | 0,7 | 0,8 | 1344 |
| 4800 | 0,9 | 0,95 | 4104 |
| 9600 | 0,9 | 0,95 | 8208 |

Tabela 18 - Valores típicos das taxas de entropia efetivas

CONFIGURAÇÃO DE MUX TDM-E

Proporemos neste ítem algumas configurações padrão de MUX TDM-E, que utilizaremos para o projeto da Rede TRANSDATA, dentro da filosofia de utilização desse tipo de equipamento

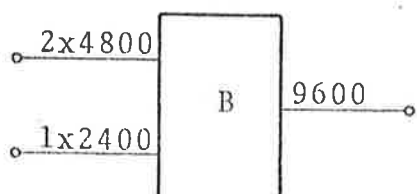
Tipo A



$$H = 9600 \text{ bps}$$

$$\sum p_i h_i d_i = 9552 \text{ bps}$$

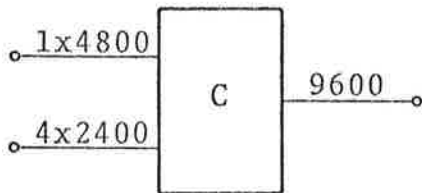
Tipo B



$$H = 9600 \text{ bps}$$

$$\sum p_i d_i h_i = 9552 \text{ bps}$$

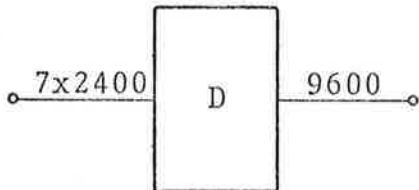
Tipo C



$$H = 9600 \text{ bps}$$

$$\Sigma p_i d_i h_i = 9480 \text{ bps}$$

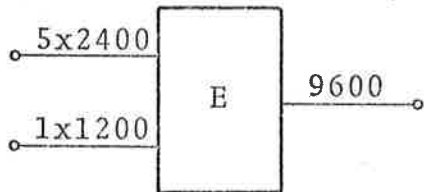
Tipo D



$$H = 9600 \text{ bps}$$

$$\Sigma p_i d_i h_i = 9408 \text{ bps}$$

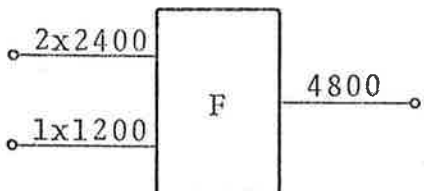
Tipo E



$$H = 9600 \text{ bps}$$

$$\Sigma p_i d_i h_i = 7200 \text{ bps}$$

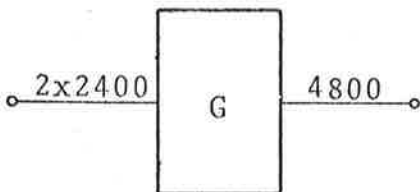
Tipo F



$$H = 4800 \text{ bps}$$

$$\Sigma p_i d_i h_i = 3168 \text{ bps}$$

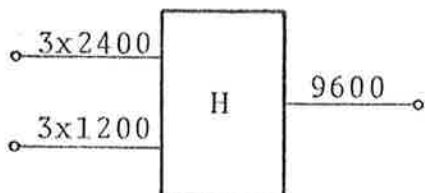
Tipo G



$$H = 4800 \text{ bps}$$

$$\Sigma p_i d_i h_i = 2688 \text{ bps}$$

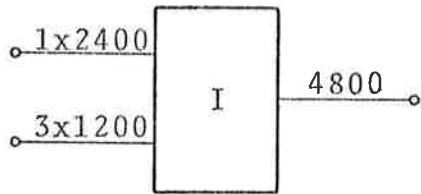
Tipo H



$$H = 9600 \text{ bps}$$

$$\Sigma p_i d_i h_i = 5472 \text{ bps}$$

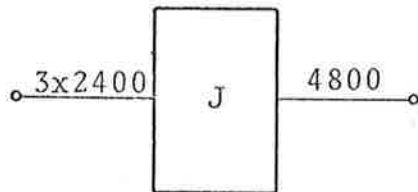
Tipo I



$$H = 4800 \text{ bps}$$

$$\Sigma p_i d_i h_i = 2784 \text{ bps}$$

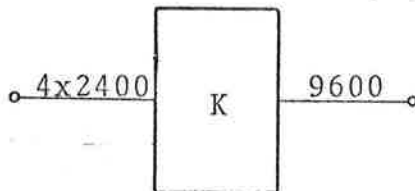
Tipo J



$$H = 4800 \text{ bps}$$

$$\Sigma p_i d_i h_i = 4032 \text{ bps}$$

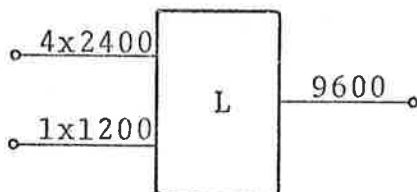
Tipo K



$$H = 9600 \text{ bps}$$

$$\Sigma p_i d_i h_i = 5376 \text{ bps}$$

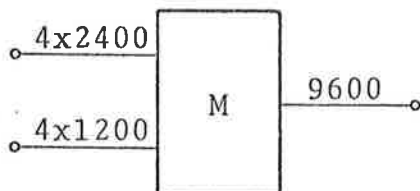
Tipo L



$$H = 9600 \text{ bps}$$

$$\Sigma p_i d_i h_i = 5856 \text{ bps}$$

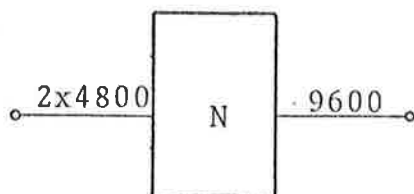
Tipo M



$$H = 9600 \text{ bps}$$

$$\Sigma p_i d_i h_i = 7296 \text{ bps}$$

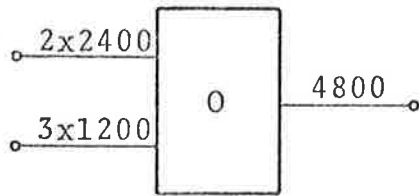
Tipo N



$$H = 9600 \text{ bps}$$

$$\Sigma p_i d_i h_i = 8208 \text{ bps}$$

Tipo 0



H = 4800 bps

$\sum p_i d_i h_i = 4128 \text{ bps}$

PROJETO DA REDE TRANSDATA COM MUX TDM-E

AJU-SDR

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 5 |
| B | 2 |
| D | 2 |
| TOTAL | 9 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 9}{30} \Rightarrow 70\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{13 - 9}{13} \Rightarrow 31\%$

MCO-RCE

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 2 |
| B | 2 |
| D | 2 |
| E | 1 |
| TOTAL | 7 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 7}{30} \Rightarrow 77\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{11 - 7}{11} \Rightarrow 36\%$

JPA-RCE

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 5 |
| B | 2 |
| C | 1 |
| E | 1 |
| F | 1 |
| TOTAL | 10 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 10}{30} \Rightarrow 67\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{13 - 10}{13} \Rightarrow 23\%$

NTL-RCE

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 3 |
| B | 1 |
| C | 1 |
| D | 2 |
| G | 1 |
| TOTAL | 8 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 8}{30} \Rightarrow 73\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{11 - 8}{11} \Rightarrow 27\%$

TSA-FLA

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 5 |
| B | 2 |
| C | 1 |
| D | 1 |
| G | 1 |
| TOTAL | 10 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 10}{30} \Rightarrow 67\%$

Economia em relação a solução MODEM-MUX $\frac{13 - 10}{13} \Rightarrow 23\%$

SLS-FLA

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 3 |
| B | 1 |
| C | 1 |
| H | 1 |
| TOTAL | 6 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{20 - 6}{20} \Rightarrow 70\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{9 - 6}{9} \Rightarrow 33\%$

SLS-BLM

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 3 |
| B | 1 |

(cont.)

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| D | 1 |
| I | 1 |
| TOTAL | 6 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{20 - 6}{20} \Rightarrow 70\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{8 - 6}{8} \Rightarrow 25\%$

GNA-BSA

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 14 |
| B | 4 |
| D | 1 |
| J | 1 |
| TOTAL | 18 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{50 - 18}{50} \Rightarrow 64\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{25 - 18}{25} \Rightarrow 28\%$

CBA-SPO

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 3 |
| B | 3 |
| C | 1 |
| H | 1 |
| K | 1 |
| TOTAL | 9 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 9}{30} \Rightarrow 70\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{12 - 9}{12} \Rightarrow 25\%$

CPE-SPO

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 6 |
| B | 2 |
| D | 1 |
| L | 1 |
| TOTAL | 10 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 10}{30} \Rightarrow 67\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{14 - 10}{14} \Rightarrow 29\%$

RPO-SPO

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 8 |
| B | 4 |
| D | 2 |
| M | 1 |
| TOTAL | 15 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{50 - 15}{50} \Rightarrow 70\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{21 - 15}{21} \Rightarrow 29\%$

SRR-SPO

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 10 |
| B | 1 |
| C | 1 |
| N | 1 |
| TOTAL | 13 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{30 - 13}{30} \Rightarrow 57\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{17 - 13}{17} \Rightarrow 24\%$

BRU-SPO

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 15 |
| N | 5 |
| TOTAL | 20 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{40 - 20}{40} \Rightarrow 50\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{24 - 20}{24} \Rightarrow 17\%$

STS-SPO

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 13 |
| B | 3 |
| C | 1 |
| TOTAL | 17 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{40 - 17}{40} \Rightarrow 58\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{20 - 17}{20} \Rightarrow 15\%$

LDA-CTA

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 9 |
| D | 2 |
| N | 4 |
| TOTAL | 15 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{40 - 15}{40} \Rightarrow 63\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{19 - 15}{19} \Rightarrow 21\%$

FNS-CTA

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 5 |
| C | 1 |
| D | 1 |
| O | 1 |
| TOTAL | 8 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{34 - 8}{34} \Rightarrow 76\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{13 - 8}{13} \Rightarrow 38\%$

VTA-RJO

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 11 |
| B | 5 |
| C | 1 |
| D | 2 |
| I | 1 |
| TOTAL | 20 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{60 - 20}{60} \Rightarrow 67\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{27 - 20}{27} \Rightarrow 26\%$

MNS-RJO

| MUX TDM-E TIPO | QUANTIDADE DE CANAIS DE VOZ |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 11 |
| B | 4 |
| D | 3 |
| O | 1 |
| TOTAL | 19 |

Economia em relação à solução convencional $\frac{60 - 19}{60} \Rightarrow 60\%$

Economia em relação à solução MODEM-MUX $\frac{26 - 19}{26} \Rightarrow 27\%$

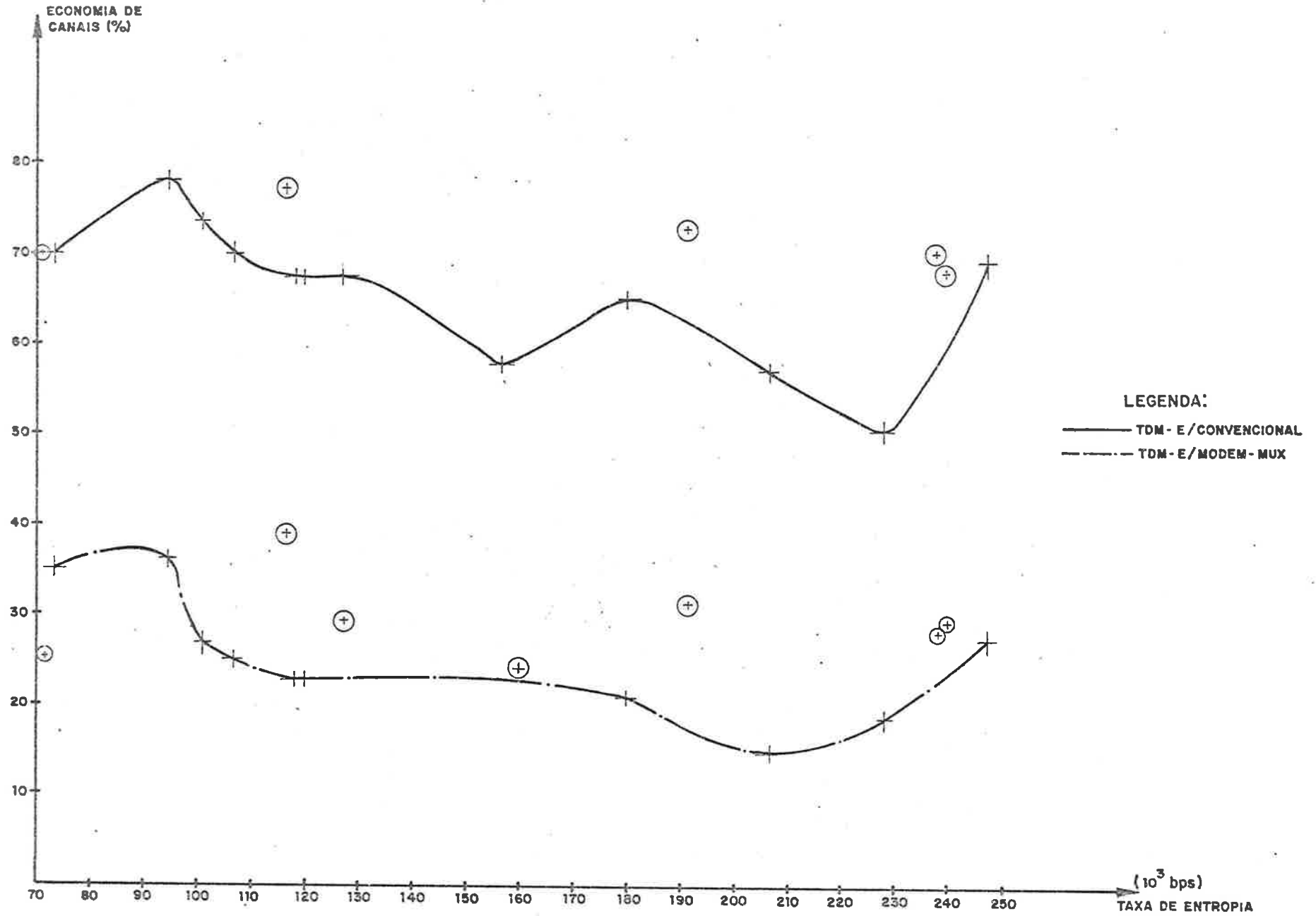
A ECONOMIA PERCENTUAL DE CANAIS DA SOLUÇÃO COM MUX TDM - E, EM FUNÇÃO DA TAXA DE ENTROPIA

Os cálculos efetuados no ítem anterior, permitem construir a Tabela-19, e o gráfico da figura 39, comparando a solução com MUX TDM-E com a solução convencional e com a solução MODEM-MUX.

| LIGAÇÃO | TAXA DE ENTROPIA TOTAL (bps) | ECONOMIA EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO CONVENCIONAL (%) | ECONOMIA EM RELAÇÃO À SOLUÇÃO MODEM - MUX (%) |
|---------|------------------------------|--|---|
| VTA-RJO | 246000 | 67 | 26 |
| GNA-BSA | 240000 | 64 | 28 |
| MNS-RJO | 238000 | 68 | 27 |
| BRU-SPO | 228000 | 50 | 17 |
| STS-SPO | 206400 | 58 | 15 |
| RPO-SPO | 192000 | 70 | 29 |
| LDA-CTA | 180000 | 63 | 21 |
| SRR-SPO | 156000 | 57 | 24 |
| CPE-SPO | 127000 | 67 | 29 |
| TSA-FLA | 120000 | 67 | 23 |
| AJU-SDR | 117600 | 70 | 31 |
| JPO-RCE | 117600 | 67 | 23 |
| FNS-CTA | 116400 | 76 | 38 |
| CBA-SPO | 106800 | 70 | 25 |
| NTL-RCE | 100800 | 73 | 27 |
| MCO-RCE | 94800 | 77 | 36 |
| SLS-FLA | 73200 | 70 | 33 |
| SLS-BLM | 70800 | 70 | 25 |

Tabela 19 - Economia de Canais nas Diversas Soluções

FIGURA - 39 - GRÁFICO DA ECONOMIA DE CANAIS EM FUNÇÃO DA TAXA DE ENTROPIA
Comparação de diversas soluções



3.5. CÁLCULO DOS TEMPOS DE PROCESSAMENTO DE SINAL NA SOLUÇÃO MUX TDM-E

PARÂMETROS PARA O CÁLCULO

Para efeito de cálculo dos tempos de processamento do sinal nos MUX TDM-E adotaremos que o comprimento L dos caracteres, antes da compressão é 8 *bits*.

A determinação dos $\langle L_i \rangle$ como segue:

$$\langle L_i \rangle = d_i L_i \quad (26)$$

Adotaremos $L_i^0 = 2 \text{ bits}$ e $L_i^{\text{máx.}} = 9 \text{ bits}$. Os *slot-weight* $(SW)_i$ serão adotados de tal maneira que os canais de taxa de entropia nominal maior contribuam com mais caracteres para a formação do quadro, na mesma proporção das taxas de entropia nominais.

Assim, podemos resumir os principais parâmetros na tabela 20.

| TAXA DE ENTROPIA NOMINAL | SW | d | L^0 (bits) | $L^{\text{máx.}}$ (bits) | L (bits) | $\langle L \rangle$ (bits) |
|--------------------------|----|------|-----------------|-----------------------------|-------------|-------------------------------|
| 1200 | 4 | 0,8 | 2 | 9 | 8 | 6,4 |
| 2400 | 8 | 0,8 | 2 | 9 | 8 | 6,4 |
| 4800 | 16 | 0,95 | 2 | 9 | 8 | 7,6 |
| 9600 | 32 | 0,95 | 2 | 9 | 8 | 7,6 |

Tabela 20 - Parâmetros para o cálculo dos tempos de Processamento de sinal nos MUX TDM-E

Para facilitar os cálculos, construímos a tabela 21.

| TAXA DE ENTROPIA NOMINAL | $\frac{L}{h}$ (ms) | (SW) $L^{\text{máx.}}$ (bits) | (SW) $[(1-p) L^0 + p \langle L \rangle]$ (bits) |
|--------------------------|-----------------------|----------------------------------|--|
| 1200 | 6,6 | 36 | 17 |
| 2400 | 3,3 | 72 | 41 |
| 4800 | 1,7 | 144 | 113 |
| 9600 | 0,8 | 288 | 225 |

Tabela 21 - Parâmetros para o cálculos dos tempos de processamento do sinal em MUX TDM-E

CÁLCULO DOS TEMPOS DE PROCESSAMENTO DE SINAL

TIPO A

Canal de 9600 bps

$$\tau_{\min} = 0,8 + \frac{3 \times (27 + 2 \times 2) \times 10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\min} = 10,5 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 0,8 + \frac{3 \times (27 + 72 + 288) \times 10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\max} = 121,8 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 0,8 + \frac{3 \times (27 + 41 + 225) \times 10^3}{9600} \Rightarrow \langle \tau \rangle = 92,3 \text{ ms}$$

Canal de 2400 bps

$$\tau_{\min} = 3,3 + \frac{3 \times (27 + 2 \times 2) \times 10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\min} = 13 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 3,3 + \frac{3 \times (27 + 72 + 288) \times 10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\max} = 124,3 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + \frac{3 \times (27 + 41 + 225) \times 10^3}{9600} \Rightarrow \langle \tau \rangle = 94,8 \text{ ms}$$

TIPO B

Canais de 4800 bits/s

$$\tau_{\min} = 1,7 + \frac{3 \times (27 + 3 \times 2) \times 10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\min} = 12 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 1,7 + \frac{3 \times (27 + 2 \times 144 + 72) \times 10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\max} = 122,6 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 1,7 + \frac{3 \times (27 + 2 \times 133 + 1 \times 41) \times 10^3}{9600} \Rightarrow \langle \tau \rangle = 93,5 \text{ ms}$$

Canal de 2400 bits/s

$$\tau_{\min} = 3,3 + 10,3 \Rightarrow \tau_{\min} = 13,6 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 3,3 + 120,9 \Rightarrow \tau_{\max} = 124,2 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 91,8 \Rightarrow \tau = 94,9 \text{ ms}$$

TIPO C

Canal de 4800 bps

$$\tau_{\min} = 1,7 + \frac{3 \times (27 + 5 \times 2) \times 10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\min} = 13,3 \text{ ms}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 1,7 + 3x(27 + 4x72 + 1x144) \frac{10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\text{máx}} = 144,7 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 1,7 + 3x(27 + 4x41 + 1x113) \frac{10^3}{9600} \Rightarrow \langle \tau \rangle = 96,7 \text{ ms}$$

Canais de 2400 bits/s

$$\tau_{\text{min}} = 3,3 + 11,6 \Rightarrow \tau_{\text{min}} = 14,9 \text{ ms}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 3,3 + 143 \Rightarrow \tau_{\text{máx}} = 146,3 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 95 \Rightarrow \langle \tau \rangle = 98,3 \text{ ms}$$

TIPO D

Canais de 2400 bits/s

$$\tau_{\text{min}} = 3,3 + 3x(27 + 7x2) \frac{10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\text{min}} = 16,1 \text{ ms}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 3,3 + 3x(27 + 7x72) \frac{10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\text{máx}} = 169,3 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 3x(27 + 7x41) \frac{10^3}{9600} \Rightarrow \langle \tau \rangle = 101,4 \text{ ms}$$

TIPO E

Canais de 2400 bits/s

$$\tau_{\text{min}} = 3,3 + 3x(27 + 6x2) \frac{10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\text{min}} = 15,3 \text{ ms}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 3,3 + 3x(27 + 5x72 + 1x36) \frac{10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\text{máx}} = 135,3 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 3x(27 + 5x41 + 1x17) \frac{10^3}{9600} \Rightarrow \langle \tau \rangle = 81,1 \text{ ms}$$

Canal de 1200 bits/s

$$\tau_{\text{min}} = 6,6 + 12 \Rightarrow \tau_{\text{min}} = 18,6 \text{ ms}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 6,6 + 132 \Rightarrow \tau_{\text{máx}} = 138,6 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 6,6 + 77,8 \Rightarrow \langle \tau \rangle = 84,4 \text{ ms}$$

TIPO F

Canais de 2400 bits/s

$$\tau_{\min} = 3,3 + 3x(27 + 3x2) \frac{10^3}{9600} \implies \tau_{\min} = 23,9 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 3,3 + 3x(27 + 2x72 + 1x36) \frac{10^3}{4800} \implies \tau_{\max} = 132,3 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 3x(27 + 2x41 + 1x17) \frac{10^3}{4800} \implies \langle \tau \rangle = 82,3 \text{ ms}$$

Canal de 1200 bits/s

$$\tau_{\min} = 6,6 + 20,6 \implies \tau_{\min} = 27,2 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 6,6 + 129 \implies \tau_{\max} = 135,6 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 6,6 + 79 \implies \langle \tau \rangle = 85,6 \text{ ms}$$

TIPO G

Canais de 2400 bits/s

$$\tau_{\min} = 3,3 + 3x(27 + 2x2) \frac{10^3}{4800} \implies \tau_{\min} = 22,7 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 3,3 + 3x(27 + 2x72) \frac{10^3}{4800} \implies \tau_{\max} = 110,3 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 3x(27 + 2x41) \frac{10^3}{4800} \implies \langle \tau \rangle = 71,4 \text{ ms}$$

TIPO H

Canais de 2400 bits/s

$$\tau_{\min} = 3,3 + 3x(27 + 6x2) \frac{10^3}{9600} \implies \tau_{\min} = 15,3 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 3,3 + 3x(27 + 3x72 + 3x36) \frac{10^3}{9600} \implies \tau_{\max} = 113 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 3x(27 + 3x41 + 3x17) \frac{10^3}{9600} \implies \langle \tau \rangle = 66,1 \text{ ms}$$

Canais de 1200 bits/s

$$\tau_{\min} = 6,6 + 12 \implies \tau_{\min} = 18,6 \text{ ms}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 6,6 + 109,7 \Rightarrow \tau_{\text{máx}} = 116,3 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle \Rightarrow \langle \tau \rangle = 69,4 \text{ ms}$$

TIPO I

Canais de 2400 bits/s

$$\tau_{\text{min}} = 3,3 + 3x(27 + 4x2) \frac{10^3}{4800} \Rightarrow \tau_{\text{min}} = 25,2 \text{ ms}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 3,3 + 3x(27 + 1x72 + 3x36) \frac{10^3}{4800} \Rightarrow \tau_{\text{máx}} = 132,7 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 3x(27 + 1x41 + 3x17) \frac{10^3}{4800} \Rightarrow \langle \tau \rangle = 77,7 \text{ ms}$$

Canais de 1200 bits/s

$$\tau_{\text{min}} = 6,6 + 21,9 \Rightarrow \tau_{\text{min}} = 28,5 \text{ ms}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 6,6 + 129,4 \Rightarrow \tau_{\text{máx}} = 136 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 6,6 + 74,4 \Rightarrow \langle \tau \rangle = 81 \text{ ms}$$

TIPO J

Canais de 2400 bits/s

$$\tau_{\text{min}} = 3,3 + 3x(27 + 3x2) \frac{10^3}{4800} \Rightarrow \tau_{\text{min}} = 23,9 \text{ ms}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 2,2 + 3x(27 + 3x72) \frac{10^3}{4800} \Rightarrow \tau_{\text{máx}} = 155,2 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 3x(27 + 3x41) \frac{10^3}{4800} \Rightarrow \langle \tau \rangle = 97 \text{ ms}$$

TIPO K

Canais de 2400 bits/s

$$\tau_{\text{min}} = 3,3 + 3x(27 + 4x2) \frac{10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\text{min}} = 14,2 \text{ ms}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 3,3 + 3x(27 + 4x72) \frac{10^3}{9600} \Rightarrow \tau_{\text{máx}} = 101,7 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 3x(27 + 4x41) \frac{10^3}{9600} \Rightarrow \langle \tau \rangle = 63 \text{ ms}$$

TIPO L

Canais de 2400 bits/s

$$\tau_{\min} = 3,3 + 3x(27 + 5x2) \frac{10^3}{9600} \implies \tau_{\min} = 14,9 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 3,3 + 3x(27 + 4x72 + 1x36) \frac{10^3}{9600} \implies \tau_{\max} = 113 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 3x(27 + 4x41 + 1x17) \frac{10^3}{9600} \implies \langle \tau \rangle = 68,3 \text{ ms}$$

Canal de 1200 bits/s

$$\tau_{\min} = 6,6 + 11,6 \implies \tau_{\min} = 18,2 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 6,6 + 109,7 \implies \tau_{\max} = 116,3 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 6,6 + 65 \implies \langle \tau \rangle = 71,6 \text{ ms}$$

TIPO M

Canais de 2400 bits/s

$$\tau_{\min} = 3,3 + 3x(27 + 8x2) \frac{10^3}{9600} \implies \tau_{\min} = 16,7 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 3,3 + 3x(27 + 4x72 + 4x36) \frac{10^3}{9600} \implies \tau_{\max} = 146,7 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 3x(27 + 4x41 + 4x17) \frac{10^3}{9600} \implies \langle \tau \rangle = 84,2 \text{ ms}$$

Canais de 1200 bits/s

$$\tau_{\min} = 6,6 + 13,4 \implies \tau_{\min} = 20 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 6,6 + 143,4 \implies \tau_{\max} = 150 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 6,6 + 80,9 \implies \langle \tau \rangle = 87,5 \text{ ms}$$

TIPO N

Canais de 4800 bits/s

$$\tau_{\min} = 1,7 + 3x(27 + 2x2) \frac{10^3}{9600} \implies \tau_{\min} = 13 \text{ ms}$$

$$\tau_{\max} = 1,7 + 3x(27 + 2x144) \frac{10^3}{9600} \implies \tau_{\max} = 100,1 \text{ ms}$$

$$\langle \tau \rangle = 1,7 + 3x(27 + 2x113) \frac{10^3}{9600} \implies \boxed{\langle \tau \rangle = 80,7 \text{ ms}}$$

TIPO 0

Canais de 2400 bits/s

$$\tau_{\min} = 3,3 + 3x(27 + 5x2) \frac{10^3}{4800} \implies \boxed{\tau_{\min} = 26,4 \text{ ms}}$$

$$\tau_{\max} = 3,3 + 3x(27 + 2x72 + 3x36) \frac{10^3}{4800} \implies \boxed{\tau_{\max} = 177,3 \text{ ms}}$$

$$\langle \tau \rangle = 3,3 + 3x(27 + 2x41 + 3x17) \frac{10^3}{4800} \implies \boxed{\langle \tau \rangle = 103,3 \text{ ms}}$$

Canais de 1200 bits/s

$$\tau_{\min} = 6,6 + 23,1 \implies \boxed{\tau_{\min} = 29,7 \text{ ms}}$$

$$\tau_{\max} = 6,6 + 174 \implies \boxed{\tau_{\max} = 180,6 \text{ ms}}$$

$$\langle \tau \rangle = 6,6 + 100 \implies \boxed{\langle \tau \rangle = 106,6 \text{ ms}}$$

A tabela 22 apresenta o resumo dos resultados obtidos neste ítem.

| MUX TDM-E TIPO | Nº DE TERMINAIS DE ENTRADA | H (bits/s) | CANAIS DE 1200 bits/s | | | CANAIS DE 2400 bits/s | | | CANAIS DE 4800 bits/s | | | CANAIS DE 9600 bits/s | | |
|-------------------|----------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|
| | | | τ_{\min} (ms) | τ_{\max} (ms) | $\langle \tau \rangle$ (ms) | τ_{\min} (ms) | τ_{\max} (ms) | $\langle \tau \rangle$ (ms) | τ_{\min} (ms) | τ_{\max} (ms) | $\langle \tau \rangle$ (ms) | τ_{\min} (ms) | τ_{\max} (ms) | $\langle \tau \rangle$ (ms) |
| A | 2 | 9600 | - | - | - | 13 | 124 | 95 | - | - | - | 10 | 122 | 92 |
| B | 3 | 9600 | - | - | - | 13 | 145 | 97 | 12 | 123 | 93 | - | - | - |
| C | 5 | 9600 | - | - | - | 15 | 146 | 98 | 13 | 145 | 97 | - | - | - |
| D | 7 | 9600 | - | - | - | 16 | 169 | 101 | - | - | - | - | - | - |
| E | 6 | 9600 | 19 | 139 | 84 | 15 | 135 | 81 | - | - | - | - | - | - |
| F | 3 | 4800 | 27 | 136 | 86 | 24 | 132 | 82 | - | - | - | - | - | - |
| G | 2 | 4800 | - | - | - | 23 | 110 | 71 | - | - | - | - | - | - |
| H | 6 | 9600 | 19 | 116 | 69 | 15 | 113 | 66 | - | - | - | - | - | - |
| I | 4 | 4800 | 28 | 136 | 81 | 25 | 133 | 78 | - | - | - | - | - | - |
| J | 3 | 4800 | - | - | - | 24 | 155 | 97 | - | - | - | - | - | - |
| K | 4 | 9600 | - | - | - | 14 | 102 | 63 | - | - | - | - | - | - |
| L | 5 | 9600 | 18 | 116 | 72 | 15 | 113 | 68 | - | - | - | - | - | - |
| M | 8 | 9600 | 20 | 150 | 88 | 17 | 147 | 84 | - | - | - | - | - | - |
| N | 2 | 9600 | - | - | - | - | - | - | 13 | 100 | 81 | - | - | - |
| O | 5 | 4800 | 30 | 181 | 107 | 26 | 177 | 103 | - | - | - | - | - | - |

Tabela 22 - Tempos de Processamento do Sinal na Solução MUX TDM-E

ANEXO - 1 - UNIVERSAL CODE CHART (14)

APPENDIX D
UNIVERSAL CODE CHART

This appendix contains tables of codes: 1) Character-to binary and hex, and 2) hex-to-character, for all commonly-used data communications codes.

UNICODE FOR COMMUNICATIONS

| 8 BIT ASCII | | 7 BIT ASCII | | EVEN PARITY ASCII | | ODD PARITY ASCII | | EBCDIC | | 8 BIT TRANSCODE | | 6 BIT TYPESETTER | | EBCD | | SELECTRIC | | FIELD DATA | | BAUDOT | | | | | | |
|-------------|------------|-------------|-----|-------------------|-----|------------------|------------|--------|-----|-----------------|-----|------------------|---------|--------|-----|-----------|-----|------------|------------|--------|-----|---------|----|---|---------|----|
| BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | | | | | |
| A | 11 000 001 | C1 | A | 1 000 001 | 41 | A | 01 000 001 | 41 | A | 11 000 001 | C1 | A | 000 001 | 01 | A | 000 011 | 03 | A | 01 00 011 | 23 | A | 000 110 | 06 | A | 00 011 | 03 |
| B | 11 000 010 | C2 | B | 1 000 010 | 42 | B | 01 000 010 | 42 | B | 11 000 010 | C2 | B | 000 010 | 02 | B | 011 001 | 19 | B | 0 010 011 | 13 | B | 000 111 | 07 | B | 00 111 | 19 |
| C | 11 000 011 | C3 | C | 1 000 011 | 43 | C | 01 000 011 | 43 | C | 11 000 011 | C3 | C | 000 011 | 03 | C | 001 110 | 0E | C | 1 110 011 | 73 | C | 001 000 | 08 | C | 00 110 | 0E |
| D | 11 000 100 | C4 | D | 1 000 100 | 44 | D | 01 000 100 | 44 | D | 11 000 100 | C4 | D | 000 100 | 04 | D | 001 201 | 08 | D | 0 001 011 | 08 | D | 001 001 | 09 | D | 00 101 | 09 |
| E | 11 000 101 | C5 | E | 1 000 101 | 45 | E | 01 000 101 | 45 | E | 11 000 101 | C5 | E | 000 101 | 05 | E | 000 201 | 01 | E | 1 101 011 | 68 | E | 001 010 | 0A | E | 00 101 | 0A |
| F | 11 000 110 | C6 | F | 1 000 110 | 46 | F | 01 000 110 | 46 | F | 11 000 110 | C6 | F | 000 110 | 06 | F | 001 101 | 0D | F | 0 101 011 | 58 | F | 001 011 | 0A | F | 00 101 | 0A |
| G | 11 000 111 | C7 | G | 1 000 111 | 47 | G | 01 000 111 | 47 | G | 11 000 111 | C7 | G | 000 111 | 07 | G | 011 010 | 1A | G | 0 111 011 | 39 | G | 001 010 | 23 | G | 00 110 | 23 |
| H | 11 001 000 | C8 | H | 1 001 000 | 48 | H | 01 001 000 | 48 | H | 11 001 000 | C8 | H | 001 000 | 08 | H | 010 100 | 14 | H | 0 000 111 | 07 | H | 001 100 | 14 | H | 00 100 | 14 |
| I | 11 001 001 | C9 | I | 1 001 001 | 49 | I | 01 001 001 | 49 | I | 11 001 001 | C9 | I | 001 001 | 09 | I | 000 110 | 06 | I | 1 100 111 | 67 | I | 001 101 | 0E | I | 00 110 | 0E |
| J | 11 001 010 | CA | J | 1 001 010 | 4A | J | 01 001 010 | 4A | J | 11 001 010 | CA | J | 010 010 | 11 | J | 010 011 | 08 | J | 0 100 001 | 61 | J | 001 111 | 0F | J | 00 111 | 0F |
| K | 11 001 011 | CB | K | 1 001 011 | 4B | K | 01 001 011 | 4B | K | 11 001 011 | CB | K | 010 011 | 12 | K | 001 111 | 0F | K | 0 101 001 | 51 | K | 001 101 | 10 | K | 00 110 | 10 |
| L | 11 001 100 | CC | L | 1 001 100 | 4C | L | 01 001 100 | 4C | L | 11 001 100 | CC | L | 010 101 | 13 | L | 010 110 | 12 | L | 0 100 011 | 31 | L | 001 110 | 11 | L | 00 110 | 11 |
| M | 11 001 101 | CD | M | 1 001 101 | 4D | M | 01 001 101 | 4D | M | 11 001 101 | CD | M | 010 100 | 14 | M | 011 100 | 1C | M | 1 001 001 | 49 | M | 001 100 | 12 | M | 00 110 | 12 |
| N | 11 001 110 | CE | N | 1 001 110 | 4E | N | 01 001 110 | 4E | N | 11 001 110 | CE | N | 010 101 | 15 | N | 001 100 | 0C | N | 0 101 001 | 29 | N | 001 100 | 13 | N | 00 110 | 13 |
| O | 11 001 111 | CF | O | 1 001 111 | 4F | O | 01 001 111 | 4F | O | 11 001 111 | CF | O | 010 110 | 16 | O | 011 000 | 18 | O | 0 011 001 | 19 | O | 001 101 | 14 | O | 00 110 | 14 |
| P | 11 010 000 | D0 | P | 1 010 000 | 50 | P | 01 010 000 | 50 | P | 11 010 000 | D0 | P | 010 111 | 17 | P | 010 110 | 16 | P | 1 111 001 | 79 | P | 000 101 | 08 | P | 00 110 | 16 |
| Q | 11 010 001 | D1 | Q | 1 010 001 | 51 | Q | 01 010 001 | 51 | Q | 11 010 001 | D1 | Q | 010 111 | 17 | Q | 010 111 | 17 | Q | 0 1000 101 | 45 | Q | 001 011 | 08 | Q | 00 110 | 16 |
| R | 11 010 010 | D2 | R | 1 010 010 | 52 | R | 01 010 010 | 52 | R | 11 010 010 | D2 | R | 010 111 | 17 | R | 010 111 | 17 | R | 0 1000 101 | 45 | R | 001 011 | 08 | R | 00 110 | 16 |
| S | 11 010 011 | D3 | S | 1 010 011 | 53 | S | 01 010 011 | 53 | S | 11 010 011 | D3 | S | 010 111 | 17 | S | 010 111 | 17 | S | 0 1000 101 | 45 | S | 001 011 | 08 | S | 00 110 | 16 |
| T | 11 010 100 | D4 | T | 1 010 100 | 54 | T | 01 010 100 | 54 | T | 11 010 100 | D4 | T | 010 111 | 17 | T | 010 111 | 17 | T | 0 1000 101 | 45 | T | 001 011 | 08 | T | 00 110 | 16 |
| U | 11 010 101 | D5 | U | 1 010 101 | 55 | U | 01 010 101 | 55 | U | 11 010 101 | D5 | U | 010 111 | 17 | U | 010 111 | 17 | U | 0 1000 101 | 45 | U | 001 011 | 08 | U | 00 110 | 16 |
| V | 11 010 110 | D6 | V | 1 010 110 | 56 | V | 01 010 110 | 56 | V | 11 010 110 | D6 | V | 010 111 | 17 | V | 010 111 | 17 | V | 0 1000 101 | 45 | V | 001 011 | 08 | V | 00 110 | 16 |
| W | 11 010 111 | D7 | W | 1 010 111 | 57 | W | 01 010 111 | 57 | W | 11 010 111 | D7 | W | 010 111 | 17 | W | 010 111 | 17 | W | 0 1000 101 | 45 | W | 001 011 | 08 | W | 00 110 | 16 |
| X | 11 011 000 | D8 | X | 1 011 000 | 58 | X | 01 011 000 | 58 | X | 11 011 000 | D8 | X | 010 111 | 17 | X | 010 111 | 17 | X | 0 1000 101 | 45 | X | 001 011 | 08 | X | 00 110 | 16 |
| Y | 11 011 001 | D9 | Y | 1 011 001 | 59 | Y | 01 011 001 | 59 | Y | 11 011 001 | D9 | Y | 010 111 | 17 | Y | 010 111 | 17 | Y | 0 1000 101 | 45 | Y | 001 011 | 08 | Y | 00 110 | 16 |
| Z | 11 011 010 | DA | Z | 1 011 010 | 5A | Z | 01 011 010 | 5A | Z | 11 011 010 | DA | Z | 010 111 | 17 | Z | 010 111 | 17 | Z | 0 1000 101 | 45 | Z | 001 011 | 08 | Z | 00 110 | 16 |
| a | 11 000 010 | E2 | a | 1 000 010 | 62 | a | 01 000 010 | 62 | a | 11 000 010 | E2 | a | 010 001 | 01 | a | 100 001 | 29 | a | 010 001 | 11 | a | 010 110 | 1E | a | 011 111 | 1F |
| b | 11 000 011 | E3 | b | 1 000 011 | 63 | b | 01 000 011 | 63 | b | 11 000 011 | E3 | b | 100 001 | 29 | b | 100 001 | 29 | b | 010 001 | 11 | b | 010 110 | 1E | b | 011 111 | 1F |
| c | 11 000 100 | E4 | c | 1 000 100 | 64 | c | 01 000 100 | 64 | c | 11 000 100 | E4 | c | 100 001 | 29 | c | 100 001 | 29 | c | 010 001 | 11 | c | 010 110 | 1E | c | 011 111 | 1F |
| d | 11 000 101 | E5 | d | 1 000 101 | 65 | d | 01 000 101 | 65 | d | 11 000 101 | E5 | d | 100 001 | 29 | d | 100 001 | 29 | d | 010 001 | 11 | d | 010 110 | 1E | d | 011 111 | 1F |
| e | 11 000 110 | E6 | e | 1 000 110 | 66 | e | 01 000 110 | 66 | e | 11 000 110 | E6 | e | 100 001 | 29 | e | 100 001 | 29 | e | 010 001 | 11 | e | 010 110 | 1E | e | 011 111 | 1F |
| f | 11 000 111 | E7 | f | 1 000 111 | 67 | f | 01 000 111 | 67 | f | 11 000 111 | E7 | f | 100 001 | 29 | f | 100 001 | 29 | f | 010 001 | 11 | f | 010 110 | 1E | f | 011 111 | 1F |
| g | 11 010 000 | E8 | g | 1 010 000 | 68 | g | 01 010 000 | 68 | g | 11 010 000 | E8 | g | 100 001 | 29 | g | 100 001 | 29 | g | 010 001 | 11 | g | 010 110 | 1E | g | 011 111 | 1F |
| h | 11 010 001 | E9 | h | 1 010 001 | 69 | h | 01 010 001 | 69 | h | 11 010 001 | E9 | h | 100 001 | 29 | h | 100 001 | 29 | h | 010 001 | 11 | h | 010 110 | 1E | h | 011 111 | 1F |
| i | 11 010 010 | EA | i | 1 010 010 | 6A | i | 01 010 010 | 6A | i | 11 010 010 | EA | i | 100 001 | 29 | i | 100 001 | 29 | i | 010 001 | 11 | i | 010 110 | 1E | i | 011 111 | 1F |
| j | 11 010 011 | EB | j | 1 010 011 | 6B | j | 01 010 011 | 6B | j | 11 010 011 | EB | j | 100 001 | 29 | j | 100 001 | 29 | j | 010 001 | 11 | j | 010 110 | 1E | j | 011 111 | 1F |
| k | 11 010 100 | EC | k | 1 010 100 | 6C | k | 01 010 100 | 6C | k | 11 010 100 | EC | k | 100 001 | 29 | k | 100 001 | 29 | k | 010 001 | 11 | k | 010 110 | 1E | k | 011 111 | 1F |
| l | 11 010 101 | ED | l | 1 010 101 | 6D | l | 01 010 101 | 6D | l | 11 010 101 | ED | l | 100 001 | 29 | l | 100 001 | 29 | l | 010 001 | 11 | l | 010 110 | 1E | l | 011 111 | 1F |
| m | 11 010 110 | EE | m | 1 010 110 | 6E | m | 01 010 110 | 6E | m | 11 010 110 | EE | m | 100 001 | 29 | m | 100 001 | 29 | m | 010 001 | 11 | m | 010 110 | 1E | m | 011 111 | 1F |
| n | 11 010 111 | EF | n | 1 010 111 | 6F | n | 01 010 111 | 6F | n | 11 010 111 | EF | n | 100 001 | 29 | n | 100 001 | 29 | n | 010 001 | 11 | n | 010 110 | 1E | n | 011 111 | 1F |
| o | 11 110 000 | F0 | o | 1 110 000 | 70 | o | 01 110 000 | 70 | o | 11 110 000 | F0 | o | 100 001 | 29 | o | 100 001 | 29 | o | 010 001 | 11 | o | 010 110 | 1E | o | 011 111 | 1F |
| p | 11 110 001 | F1 | p | 1 110 001 | 71 | p | 01 110 001 | 71 | p | 11 110 001 | F1 | p | 100 001 | 29 | p | 100 001 | 29 | p | 010 001 | 11 | p | 010 110 | 1E | p | 011 111 | 1F |
| q | 11 110 010 | F2 | q | 1 110 010 | 72 | q | 01 110 010 | 72 | q | 11 110 010 | F2 | q | 100 001 | 29 | q | 100 001 | 29 | q | 010 001 | 11 | q | 010 110 | 1E | q | 011 111 | 1F |
| r | 11 110 011 | F3 | r | 1 110 011 | 73 | r | 01 110 011 | 73 | r | 11 110 011 | F3 | r | 100 001 | 29 | r | 100 001 | 29 | r | 010 001 | 11 | r | 010 110 | 1E | r | 011 111 | 1F |
| s | 11 110 100 | F4 | s | 1 110 100 | 74 | s | 01 110 100 | 74 | s | 11 110 100 | F4 | s | 100 001 | 29 | s | 100 001 | 29 | s | 010 001 | 11 | s | 010 110 | 1E | s | 011 111 | 1F |
| t | 11 110 101 | F5 | t | 1 110 101 | 75 | t | 01 110 101 | 75 | t | 11 110 101 | F5 | t | 100 001 | 29 | t | 100 001 | 29 | t | 010 001 | 11 | t | 010 110 | 1E | t | 011 111 | 1F |
| u | 11 110 110 | F6 | u | 1 110 110 | 76 | u | 01 110 110 | 76 | u | 11 110 110 | F6 | u | 100 001 | 29 | u | 100 001 | 29 | u | 010 001 | 11 | u | 010 110 | 1E | u | 011 111 | 1F |
| v | 11 110 111 | F7 | v | 1 110 111 | 77 | v | 01 110 111 | 77 | v | 11 110 111 | F7 | v | 100 001 | 29 | v | 100 001 | 29 | v | 010 001 | 11 | v | 010 110 | 1E | v | 011 111 | 1F |
| w | 11 111 000 | F8 | w | 1 111 000 | 78 | w | 01 111 000 | 78 | w | 11 111 000 | F8 | w | 100 001 | 29 | w | 100 001 | 29 | w | 010 001 | 11 | w | 010 110 | 1E | w | 011 111 | 1F |
| x | 11 111 001 | F9 | x | 1 111 001 | 79 | x | 01 111 001 | 79 | x | 11 111 001 | F9 | x | 100 001 | 29 | x | 100 001 | 29 | x | 010 001 | 11 | x | 010 110 | 1E | x | 011 111 | 1F |
| y | 11 111 010 | FA | y | 1 111 010 | 7A | y | 01 111 010 | 7A | y | 11 111 010 | FA | y | 100 001 | 29 | y | 100 001 | 29 | y | 010 001 | 11 | y | 010 110 | 1E | y | 011 111 | 1F |
| z | 11 111 011 | FB | z | 1 111 011 | 7B | z | 01 111 011 | 7B | z | 11 111 011 | FB | z | 100 | | | | | | | | | | | | | |

UNIVERSAL CODE CHART FOR DATA COMMUNICATIONS

| 8-BIT ASCII | | 7-BIT ASCII | | EVEN PARITY ASCII | | ODD PARITY ASCII | | EBCDIC | | 8-BIT TRANSCODE | | 5-BIT TYPESETTER | | EBCD | | SELECTRIC | | FIELD DATA | | BAUDOT | | | | |
|-------------|-----|-------------|-----|-------------------|-----|------------------|-----|------------|-----|-----------------|------|------------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|---------|--------|---------|------|
| BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | C 124 8AB | HEX | BINARY | HEX | C 124 8AB | HEX | BINARY | HEX | BINARY | HEX | |
| 10 111 010 | BA | 0 111 010 | 3A | 00 111 010 | 2A | 10 111 010 | BA | 01 111 010 | 7A | 111 010 | 3A | 111 010 | 3A | 00 001 000 | U 00 | 01 101 011 | U 01 | 01 101 011 | U 01 | 101 011 20 | 01 110 | F 0E | 01 110 | F 0E |
| 10 111 011 | BB | 0 111 011 | 3B | 00 111 011 | 2B | 10 111 011 | BB | 01 011 110 | 8E | 111 010 | U 3A | 111 010 | U 3A | 00 110 000 | U 30 | 01 101 011 | L 09 | 01 101 011 | L 09 | 111 011 30 | 11 110 | F 1E | 11 110 | F 1E |
| 10 111 100 | BC | 0 111 100 | 3C | 00 111 100 | 2C | 10 111 100 | BC | 01 001 100 | 4C | 001 100 | 00 | 001 100 | 00 | 00 010 000 | U 10 | 00 010 000 | U 10 | 00 010 000 | U 10 | 100 011 23 | 100 011 | 23 | 100 011 | 23 |
| 10 111 101 | BD | 0 111 101 | 3D | 00 111 101 | 2D | 10 111 101 | BD | 00 111 101 | 2D | 00 111 101 | 2D | 00 111 101 | 2D | 00 100 000 | U 20 | 00 010 011 | L 13 | 00 010 011 | L 13 | 100 101 24 | 100 101 | 24 | 100 101 | 24 |
| 10 111 110 | BE | 0 111 110 | 3E | 00 111 110 | 2E | 10 111 110 | BE | 00 111 110 | 2E | 00 111 110 | 2E | 00 111 110 | 2E | 00 111 000 | U 30 | 00 111 000 | U 30 | 00 111 000 | U 30 | 100 101 25 | 100 101 | 25 | 100 101 | 25 |
| 10 111 111 | BF | 0 111 111 | 3F | 00 111 111 | 2F | 10 111 111 | BF | 01 101 111 | 7F | 01 101 111 | 7F | 01 101 111 | 7F | 01 100 010 | U 02 | 00 000 111 | U 07 | 00 000 111 | U 07 | 101 100 2C | 11 001 | F 19 | 11 001 | F 19 |
| 11 000 000 | CA | 1 000 000 | 40 | 11 000 000 | C0 | 11 000 000 | CA | 01 000 000 | 40 | 111 100 | 30 | 111 100 | 30 | 00 000 010 | L 02 | 00 100 000 | U 20 | 00 100 000 | U 20 | 101 101 2F | 101 101 | 2F | 101 101 | 2F |
| 11 011 010 | CB | 1 011 010 | 42 | 11 011 010 | C2 | 11 011 010 | CB | 01 011 011 | 59 | 11 100 000 | E0 | 11 100 000 | E0 | 00 100 000 | L 20 | 00 100 000 | L 20 | 00 100 000 | L 20 | 000 011 03 | 000 011 | 03 | 000 011 | 03 |
| 11 011 011 | CC | 1 011 011 | 43 | 11 011 011 | C3 | 11 011 011 | CC | 01 011 100 | DC | 01 011 101 | 5D | 01 011 101 | 5D | 00 100 000 | L 20 | 00 100 000 | L 20 | 00 100 000 | L 20 | 000 100 04 | 000 100 | 04 | 000 100 | 04 |
| 11 011 100 | CD | 1 011 100 | 44 | 11 011 100 | C4 | 11 011 100 | CD | 01 011 110 | 5E | 01 101 101 | 6D | 01 101 101 | 6D | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 011 101 | CE | 1 011 101 | 45 | 11 011 101 | C5 | 11 011 101 | CE | 01 111 111 | 5F | 01 111 011 | 79 | 01 111 011 | 79 | 00 110 110 | U 36 | 00 110 110 | U 36 | 00 110 110 | U 36 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 011 110 | CF | 1 011 110 | 46 | 11 011 110 | C6 | 11 011 110 | CF | 01 111 100 | 58 | 01 111 011 | 78 | 01 111 011 | 78 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 011 111 | DF | 1 011 111 | 47 | 11 011 111 | C7 | 11 011 111 | DF | 01 111 101 | 5B | 01 111 101 | 7B | 01 111 101 | 7B | 00 110 110 | U 36 | 00 110 110 | U 36 | 00 110 110 | U 36 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 100 000 | EA | 1 100 000 | 48 | 11 100 000 | C8 | 11 100 000 | EA | 01 100 000 | 48 | 01 100 000 | 48 | 01 100 000 | 48 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 100 001 | EB | 1 100 001 | 49 | 11 100 001 | C9 | 11 100 001 | EB | 01 100 001 | 49 | 01 100 001 | 49 | 01 100 001 | 49 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 100 010 | EC | 1 100 010 | 4A | 11 100 010 | CA | 11 100 010 | EC | 01 100 010 | 4A | 01 100 010 | 4A | 01 100 010 | 4A | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 100 011 | ED | 1 100 011 | 4B | 11 100 011 | CB | 11 100 011 | ED | 01 100 011 | 4B | 01 100 011 | 4B | 01 100 011 | 4B | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 100 100 | EE | 1 100 100 | 4C | 11 100 100 | CC | 11 100 100 | EE | 01 100 100 | 4C | 01 100 100 | 4C | 01 100 100 | 4C | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 100 101 | EF | 1 100 101 | 4D | 11 100 101 | CD | 11 100 101 | EF | 01 100 101 | 4D | 01 100 101 | 4D | 01 100 101 | 4D | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 100 110 | FF | 1 100 110 | 4E | 11 100 110 | CE | 11 100 110 | FF | 01 100 110 | 4E | 01 100 110 | 4E | 01 100 110 | 4E | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 100 111 | | 1 100 111 | 4F | 11 100 111 | CF | 11 100 111 | | 01 100 111 | 4F | 01 100 111 | 4F | 01 100 111 | 4F | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 111 011 | FB | 1 111 011 | 7B | 01 111 011 | 7B | 01 111 011 | FB | 01 111 011 | 7B | 01 111 011 | 7B | 01 111 011 | 7B | 00 000 010 | U 02 | 01 011 000 | U 5F | 01 011 000 | U 5F | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 111 100 | FC | 1 111 100 | 7C | 01 111 100 | 7C | 01 111 100 | FC | 01 111 100 | 7C | 01 111 100 | 7C | 01 111 100 | 7C | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 111 101 | FD | 1 111 101 | 7D | 01 111 101 | 7D | 01 111 101 | FD | 01 111 101 | 7D | 01 111 101 | 7D | 01 111 101 | 7D | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 111 110 | FE | 1 111 110 | 7E | 01 111 110 | 7E | 01 111 110 | FE | 01 111 110 | 7E | 01 111 110 | 7E | 01 111 110 | 7E | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 11 111 111 | | 1 111 111 | 7F | 01 111 111 | 7F | 01 111 111 | | 01 111 111 | 7F | 01 111 111 | 7F | 01 111 111 | 7F | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 000 110 | 86 | 0 000 110 | 06 | 00 000 110 | 06 | 10 000 110 | 86 | 00 101 110 | 2E | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 000 010 | U 02 | 01 011 000 | U 5F | 01 011 000 | U 5F | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 000 111 | 87 | 0 000 111 | 07 | 00 000 111 | 07 | 10 000 111 | 87 | 00 101 111 | 2F | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 001 000 | 88 | 0 001 000 | 08 | 00 001 000 | 08 | 10 001 000 | 88 | 00 010 110 | 28 | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 011 000 | 89 | 0 011 000 | 09 | 00 011 000 | 09 | 10 011 000 | 89 | 00 010 100 | 24 | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 011 001 | 8A | 0 011 001 | 0A | 00 011 001 | 0A | 10 011 001 | 8A | 00 010 101 | 25 | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 011 010 | 8B | 0 011 010 | 0B | 00 011 010 | 0B | 10 011 010 | 8B | 00 010 110 | 26 | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 011 011 | 8C | 0 011 011 | 0C | 00 011 011 | 0C | 10 011 011 | 8C | 00 010 111 | 27 | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 011 100 | 8D | 0 011 100 | 0D | 00 011 100 | 0D | 10 011 100 | 8D | 00 010 100 | 24 | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 011 101 | 8E | 0 011 101 | 0E | 00 011 101 | 0E | 10 011 101 | 8E | 00 010 101 | 25 | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 011 110 | 8F | 0 011 110 | 0F | 00 011 110 | 0F | 10 011 110 | 8F | 00 010 110 | 26 | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 011 111 | | 0 011 111 | 0F | 00 011 111 | 0F | 10 011 111 | | 00 010 111 | 27 | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 000 000 | 90 | 0 000 000 | 00 | 00 000 000 | 00 | 10 000 000 | 90 | 00 010 000 | 20 | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 000 001 | 91 | 0 000 001 | 01 | 00 000 001 | 01 | 10 000 001 | 91 | 00 010 001 | 21 | 001 101 | 00 | 101 011 | 20 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 00 110 111 | U 37 | 000 010 02 | 000 010 | 02 | 000 010 | 02 |
| 10 000 010 | 92 | 0 000 010 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

HEX TO CHARACTER CODE FOR DATA COMMUNICATIONS

| HEX | EBCDIC | EVEN PARITY ASCII | ODD PARITY ASCII | 7 BIT ASCII | EBCD | | SELECTRIC | | HEX | EVEN PARITY ASCII | ODD PARITY ASCII | 7 BIT ASCII | EBCD | | SELECTRIC | |
|-----|---------|-------------------|------------------|-------------|------------|----|------------|-----|-------|-------------------|------------------|-------------|------|----|-----------|----|
| | | | | | UC | LC | UC | LC | | | | | UC | LC | UC | LC |
| 00 | NUL | NUL | | 00 NUL | | | | | 40 SP | @ | | 40 @ | SP | SP | | |
| 01 | SOH | | SOH | 01 SOH | | O | I | | 41 | A | | 41 A | | | | |
| 02 | STX | | STX | 02 STX | e | @ | T | t | 42 | B | | 42 B | | | | |
| 03 | ETX | ETX | | 03 ETX | | | | | 43 | | C | 43 C | + | & | J | j |
| 04 | PF | | EOT | 04 EOT | * | 8 | S | 4 | 44 | D | | 44 D | | | | |
| 05 | HT | ENQ | | 05 ENQ | | | | | 45 | | E | 45 E | Q | q | O | o |
| 06 | LC | ACK | | 06 ACK | | | | | 46 | | F | 46 F | Y | y | L | l |
| 07 | DEL | | BEL | 07 BEL | H | h | > | 1 | 47 | G | | 47 G | | | | |
| 08 | | | BS | 08 BS | : | 4 | % | 5 | 48 | H | | 48 H | | | | |
| 09 | RLF | HT | | 09 HT | | | | | 49 | | I | 49 I | M | m | " | " |
| 0A | SMM | LF | | 0A LF | | | | | 4A | e | J | 4A J | | | E | e |
| 0B | VT | | VT | 0B VT | D | d | P | p | 4B | . | K | 4B K | U | u | | |
| 0C | FF | FF | | 0C FF | | | | | 4C | < | | 4C L | PN | | PN | |
| 0D | CR | | CR | 0D CR | RES | | RES | | 4D | (| M | 4D M | | | | |
| 0E | SO | | SO | 0E SO | BYP | | BY | | 4E | + | N | 4E N | | | | |
| 0F | SI | SI | | 0F SI | | | | | 4F | | | 4F O | PF | | PF | |
| 10 | DLE | | DLE | 10 DLE | < | 2 | @ | 2 | 50 | & | P | 50 P | | | | |
| 11 | DC1 | DC1 | | 11 DC1 | | | | | 51 | | | 51 Q | K | k | * | * |
| 12 | DC2 | DC2 | | 12 DC2 | | | | | 52 | | | 52 R | S | s | N | n |
| 13 | DC3 | | DC3 | 13 DC3 | B | b | + | * | 53 | | S | 53 S | | | | |
| 14 | RES | DC4 | | 14 DC4 | | | | | 54 | | | 54 T |) | 0 | Z | z |
| 15 | NL | | NAK | 15 NAK | | | | | 55 | | U | 55 U | | | | |
| 16 | BS | | SYN | 16 SYN | | | | | 56 | | V | 56 V | | | | |
| 17 | IL | ETB | | 17 ETB | | | | | 57 | | W | 57 W | | | | |
| 18 | CAN | CAN | | 18 CAN | | | | | 58 | | X | 58 X | | 6 | * | 6 |
| 19 | EM | | EM | 19 EM | O | o | I | i | 59 | | Y | 59 Y | | | | |
| 1A | CC | | SUB | 1A SUB | W | w | K | k | 5A | | Z | 5A Z | | | | |
| 1B | | ESC | | 1B ESC | | | | | 5B | S | | 5B | F | f | Q | q |
| 1C | IFS | | FS | 1C FS | UPPER CASE | | UPPER CASE | | 5C | * | | 5C \ | | | | |
| 1D | IGS | GS | | 1D GS | | | | | 5D | ; | | 5D | BS | | BS | |
| 1E | IRS | RS | | 1E RS | | | | | 5E |] | | 5E \ | EOB | | EOB | |
| 1F | IUS | | US | 1F US | LOWER CASE | | LOWER CASE | | 5F | ~ | | 5F - | | | | |
| 20 | DS | | SP | 20 SP | = | 1 | [|] 1 | 60 | - | | 60 * | | | | |
| 21 | SOS | ! | | 21 ! | | | | | 61 | / | | 61 a | J | i | M | m |
| 22 | FS | " | | 22 " | | | | | 62 | / | | 62 b | > | / | X | x |
| 23 | | \$ | | 23 \$ | A | a | G | g | 63 | | c | 63 c | | | | |
| 24 | BYP | | % | 24 % | R | r | S | s | 64 | | d | 64 d | (| 9 |) | 0 |
| 25 | LF | | & | 25 & | Z | z | H | h | 65 | | e | 65 e | | | | |
| 26 | EOB/ETB | | | 26 | | | | | 66 | | f | 66 f | | | | |
| 27 | ESC/PRE | | | 27 | | | | | 67 | | g | 67 g | | i | Y | y |
| 28 | | (| | 28 (| | | | | 68 | | h | 68 h | % | 5 | & | 7 |
| 29 | |) | | 29) | N | n | R | r | 69 | | i | 69 i | | | | |
| 2A | SM | * | | 2A * | V | v | D | d | 6A | | j | 6A j | | | | |
| 2B | | + | | 2B + | | | | | 6B | | k | 6B k | E | e | | |
| 2C | | . | | 2C . | RS | | RS | | 6C | | l | 6C l | | | | |
| 2D | ENQ | - | | 2D - | | | | | 6D | | m | 6D m | NL | | NL | |
| 2E | ACK | ~ | | 2E ~ | | | | | 6E | > | n | 6E n | LF | | LF | |
| 2F | BEL | / | | 2F / | HT | | HT | | 6F | ? | | 6F . | | | | |
| 30 | | 0 | | 30 0 | : | 3 | | | 70 | | p | 70 p | | | = | 3 |
| 31 | | 1 | | 31 1 | L | l | V | v | 71 | | q | 71 q | | | | |
| 32 | SYN | 2 | | 32 2 | T | t | U | u | 72 | | r | 72 r | | | | |
| 33 | | 3 | | 33 3 | | | | | 73 | | s | 73 s | C | c | F | f |
| 34 | PN | 4 | | 34 4 | " | = | (| 9 | 74 | | t | 74 t | | | | |
| 35 | RS | 5 | | 35 5 | | | | | 75 | | u | 75 u | | S | W | w |
| 36 | UC | 6 | | 36 6 | | | | | 76 | | v | 76 v | | | B | b |
| 37 | EOT | 7 | | 37 7 | ~ | | - | * | 77 | | w | 77 w | | | | |
| 38 | | 8 | | 38 8 | > | 7 | * | 8 | 78 | | x | 78 x | | | | |
| 39 | | 9 | | 39 9 | | | | | 79 | \ | | 79 y | P | p | A | a |
| 3A | | : | | 3A : | | | | | 7A | : | | 7A z | X | x | C | c |
| 3B | | ; | | 3B ; | G | g | * | * | 7B | # | | 7B | | | | |
| 3C | DC4 | < | | 3C < | | | | | 7C | @ | | 7C | EOT | | EOT | |
| 3D | NAK | = | | 3D = | IL | | IL | | 7D | * | | 7D | | | | |
| 3E | | > | | 3E > | PRE | | PRE | | 7E | * | | 7E | | | | |
| 3F | SUB | ? | | 3F ? | | | | | 7F | * | | 7F | DEL | | DEL | |

| EBCDIC | EVEN PARITY ASCII | ODD PARITY ASCII | 8-BIT ASCII | EBCDIC | EVEN PARITY ASCII | ODD PARITY ASCII | 8-BIT ASCII | | FIELD DATA | 6-BIT TYPESETTER | | 6 BIT TRANSCODE | BAUDOT | |
|--------|-------------------|------------------|-------------|--------|-------------------|------------------|-------------|--|------------|------------------|---------|-----------------|--------|------|
| | | | | | | | | | | SHIFT | UNSHIFT | | LTRS | FIGS |
| 80 | | NUL | NUL | C0 | @ | | @ | | 00 | | | SOH | | |
| 81 a | SOH | | SOH | C1 A | | A | A | | 01 & | E e | | A | E | 3 |
| 82 b | STX | | STX | C2 B | | B | B | | 02 ^ | ELEVATE | | B | LF | |
| 83 c | | ETX | ETX | C3 C | C | | C | | 03 | A a | | C | A | |
| 84 d | EOT | | EOT | C4 D | | D | D | | 04 | SPACE | | D | SP | |
| 85 e | | ENQ | ENQ | C5 E | E | | E | | 05 SP | S s | | E | S | BEL |
| 86 f | | ACK | ACK | C6 F | F | | F | | 06 A | I i | | F | I | 0 |
| 87 g | BEL | | BEL | C7 G | | G | G | | 07 B | U u | | G | U | 7 |
| 88 h | BS | | BS | C8 H | | H | H | | 08 C | RETURN | | H | CR | |
| 89 i | | HT | HT | C9 I | I | | I | | 09 D | D d | | I | D | \$ |
| 8A | | LF | LF | CA | J | | J | | 0A E | R r | | STX | R | 4 |
| 8B | VT | | VT | CB | | K | K | | 0B | J j | | | J | |
| 8C | | FF | FF | CC | L | | L | | 0C G | N n | | < | N | |
| 8D | CR | | CR | CD | | M | M | | 0D H | F f | | BELL | F | |
| 8E | SO | | SO | CE | | N | N | | 0E I | C c | | SUB | C | |
| 8F | | SI | SI | CF | O | | O | | 0F J | K k | | ETB | K | |
| 90 | DLE | | DLE | D0 | | P | P | | 10 K | T t | | & | T | 5 |
| 91 j | | DC1 | DC1 | D1 J | Q | | Q | | 11 L | Z z | | J | Z | |
| 92 k | | DC2 | DC2 | D2 K | R | | R | | 12 M | L l | | K | L | |
| 93 l | DC3 | | DC3 | D3 L | | S | S | | 13 N | W w | | L | W | 2 |
| 94 m | | DC4 | DC4 | D4 M | T | | T | | 14 O | H h | | M | H | |
| 95 n | NAK | | NAK | D5 N | | U | U | | 15 P | Y y | | N | Y | 6 |
| 96 o | SYN | | SYN | D6 O | | V | V | | 16 Q | P p | | O | P | 0 |
| 97 p | | ETB | ETB | D7 P | W | | W | | 17 R | Q q | | P | Q | 1 |
| 98 q | | CAN | CAN | D8 Q | X | | X | | 18 S | O o | | Q | O | 9 |
| 99 r | EM | | EM | D9 R | | Y | Y | | 19 T | B b | | R | B | ? |
| 9A | SUB | | SUB | DA | | Z | Z | | 1A U | G g | | SPACE | G | 8 |
| 9B | | ESC | ESC | DB | { | | { | | 1B V | SHIFT | | S | FIGS | |
| 9C | FS | | FS | DC | \ | | \ | | 1C W | M m | | = | M | |
| 9D | | GS | GS | DD | | | | | 1D X | X x | | US | X | / |
| 9E | | RS | RS | DE | ^ | | ^ | | 1E Y | V v | | EOT | V | : |
| 9F | US | | US | DF | - | | - | | 1F Z | UNSHIFT | | DLE | LTRS | |
| A0 | SP | | SP | E0 \ | | | | | 20 | THIN SPACE | | - | | |
| A1 ~ | | ! | ! | E1 | a | | a | | 21 - | 3 | | / | | |
| A2 s | | " | " | E2 S | b | | b | | 22 + | PF | | S | | |
| A3 t | = | | = | E3 T | | c | c | | 23 < | ! S | | T | | |
| A4 u | | \$ | \$ | E4 U | d | | d | | 24 = | ADD THIN SPACE | | U | | |
| A5 v | % | | % | E5 V | | e | e | | 25 > | EM SPACE | | V | | |
| A6 w | & | | & | E6 W | | f | f | | 26 = | 8 | | W | | |
| A7 x | | | | E7 X | | g | g | | 27 \$ | 7 | | X | | |
| A8 y | | (| (| E8 Y | h | | h | | 28 * | ↓ | | Y | | |
| A9 z | |) |) | E9 Z | | i | i | | 29 (| @ - | | Z | | |
| AA | * | | * | EA | | j | j | | 2A % | 4 | | ESC | | |
| AB | | + | + | EB | k | | k | | 2B : | BELL | | . | | |
| AC | | | | EC | | l | l | | 2C ? | | | % | | |
| AD | | - | - | ED | m | | m | | 2D ! | | | ENQ | | |
| AE | | | | EE | n | | n | | 2E . | EN SPACE | | ETX | | |
| AF | / | | / | EF | | o | o | | 2F @ | QR | | HT | | |
| B0 | | 0 | 0 | F0 0 | p | | p | | 30 0 | 5 | | 0 | | |
| B1 | 1 | | 1 | F1 1 | | q | q | | 31 1 | () | | 1 | | |
| B2 | 2 | | 2 | F2 2 | | r | r | | 32 2 | V RULE | | 2 | | |
| B3 | | 3 | 3 | F3 3 | s | | s | | 33 3 | 2 | | 3 | | |
| B4 | 4 | | 4 | F4 4 | | t | t | | 34 4 | EM LEADER | | 4 | | |
| B5 | | 5 | 5 | F5 5 | u | | u | | 35 5 | 6 | | 5 | | |
| B6 | | 6 | 6 | F6 6 | v | | v | | 36 6 | ? 0 | | 6 | | |
| B7 | 7 | | 7 | F7 7 | | w | w | | 37 7 | EN LEADER | | 7 | | |
| B8 | | 8 | 8 | F8 8 | | x | x | | 38 8 | & 9 | | 8 | | |
| B9 | | 9 | 9 | F9 9 | y | | y | | 39 9 | UPPER RAIL | | 9 | | |
| BA | | : | : | FA | z | | z | | 3A : | : | | SYN | | |
| BB | : | | : | FB | | { | { | | 3B ; | LOWER RAIL | | = | | |
| BC | | < | < | FC | | | | | 3C / | / | | 0 | | |
| BD | | | | FD | | } | } | | 3D . | 1 | | NAK | | |
| BE | * | | * | FE | | ~ | ~ | | 3E FF | QUAD CENTER | | EM | | |
| BF | > | | > | FF | DEL | | DEL | | 3F CR | RUBOUT | | DEL | | |

ANEXO - 2 - DATA COMPRESSION (14)

APPENDIX E
DATA COMPRESSION

This appendix contains a series of listings - one code for Code Types 1 through 6 - showing the character set, the hex code for each character, and the code length in bits after compression. (See Tables E1 through E6.) Values are given for the entropy for the character set, and for the character set plus idle and control characters. Entropy is the theoretical minimum average number of bits required to represent the entire character set.

TABLE E-1. CODE TYPE 1 CODE TABLE

BSC EBCDIC

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| IDLE | 100 | 6 |
| FF | FF | 8 |
| FE | FE | 8 |
| FD | FD | 8 |
| FC | FC | 8 |
| Fb | FB | 8 |
| FA | FA | 8 |
| 9 | F9 | 8 |
| 8 | F8 | 8 |
| 7 | F7 | 8 |
| 6 | F6 | 8 |
| 5 | F5 | 8 |
| 4 | F4 | 8 |
| 3 | F3 | 8 |
| 2 | F2 | 8 |
| 1 | F1 | 8 |
| 0 | F0 | 8 |
| EF | EF | 8 |
| EE | EE | 8 |
| ED | ED | 8 |
| EC | EC | 8 |
| EB | EB | 8 |
| EA | EA | 8 |
| Z | E9 | 8 |
| Y | E8 | 8 |
| X | E7 | 8 |
| Q | E6 | 8 |
| V | E5 | 8 |
| U | E4 | 8 |
| T | E3 | 8 |
| S | E2 | 8 |
| E1 | E1 | 8 |
| \ | E0 | 8 |
| DF | DF | 8 |
| DE | DE | 8 |
| DD | DD | 8 |
| DC | DC | 8 |
| DB | DB | 8 |

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| DA | DA | 8 |
| R | D9 | 8 |
| Q | D8 | 8 |
| P | D7 | 8 |
| O | D6 | 8 |
| N | D5 | 8 |
| M | D4 | 8 |
| L | D3 | 8 |
| K | D2 | 8 |
| J | D1 | 8 |
| } | D0 | 8 |
| CF | CF | 8 |
| CE | CE | 8 |
| CD | CD | 8 |
| CC | CC | 8 |
| CB | CB | 8 |
| CA | CA | 8 |
| I | C9 | 8 |
| H | C8 | 8 |
| G | C7 | 8 |
| F | C6 | 8 |
| E | C5 | 8 |
| D | C4 | 8 |
| C | C3 | 8 |
| B | C2 | 8 |
| A | C1 | 8 |
| { | C0 | 8 |
| BF | BF | 8 |
| B9 | 69 | 8 |
| B8 | 68 | 8 |
| B7 | 67 | 8 |
| B6 | 66 | 8 |
| B5 | 67 | 8 |
| B4 | 64 | 8 |
| B3 | 63 | 8 |
| B2 | 62 | 8 |
| B1 | 61 | 8 |
| B0 | 60 | 8 |
| z | A9 | 8 |

TABLE E-1. CODE TYPE 1 CODE TABLE (Cont)

BSC EBCDIC

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| y | A8 | 8 |
| x | A7 | 8 |
| w | A6 | 8 |
| v | A5 | 8 |
| u | A4 | 8 |
| t | A3 | 8 |
| s | A2 | 8 |
| - | A1 | 8 |
| A0 | A0 | 8 |
| r | 99 | 8 |
| q | 98 | 8 |
| p | 97 | 8 |
| o | 96 | 8 |
| n | 95 | 8 |
| m | 94 | 8 |
| L | 93 | 8 |
| k | 92 | 8 |
| j | 91 | 8 |
| 90 | 90 | 8 |
| 8F | 8F | 8 |
| 8E | 8E | 8 |
| 8D | 8D | 8 |
| 8C | 8C | 8 |
| 8B | 8B | 8 |
| 8A | 8A | 8 |
| i | 89 | 8 |
| h | 88 | 8 |
| g | 87 | 8 |
| f | 86 | 8 |
| e | 85 | 8 |
| d | 84 | 8 |
| c | 83 | 8 |
| b | 82 | 8 |
| a | 81 | 8 |
| 80 | 80 | 8 |
| " | 7F | 8 |
| = | 7E | 8 |
| ' | 7D | 8 |
| @ | 7C | 8 |

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| # | 7B | 8 |
| : | 7A | 8 |
| \ | 79 | 8 |
| 78 | 78 | 8 |
| 77 | 77 | 8 |
| 76 | 76 | 8 |
| 75 | 75 | 8 |
| 74 | 74 | 8 |
| 73 | 73 | 8 |
| 72 | 72 | 8 |
| 71 | 71 | 8 |
| 70 | 70 | 8 |
| ? | 6F | 8 |
| > | 6E | 8 |
| _ | 6D | 8 |
| % | 6C | 8 |
| , | 6B | 8 |
| | 6A | 8 |
| 69 | 69 | 8 |
| 68 | 68 | 8 |
| 67 | 67 | 8 |
| 66 | 66 | 8 |
| 65 | 65 | 8 |
| 64 | 64 | 8 |
| 63 | 63 | 8 |
| 62 | 62 | 8 |
| 61 | 61 | 8 |
| - | 60 | 8 |
| NOT | 5F | 8 |
| ; | 5E | 8 |
|) | 5D | 8 |
| * | 5C | 8 |
| \$ | 5B | 8 |
| ! | 5A | 8 |
| 59 | 59 | 8 |
| 58 | 58 | 8 |
| 57 | 57 | 8 |
| 56 | 56 | 8 |
| 55 | 55 | 8 |

TABLE E-1. CODE TYPE 1 CODE TABLE (Cont)

BSC EBCDIC

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| 54 | 54 | 8 |
| 53 | 53 | 8 |
| 52 | 52 | 8 |
| 51 | 51 | 8 |
| & | 50 | 8 |
| } | 4F | 8 |
| + | 4E | 8 |
| (| 4D | 8 |
| < | 4C | 8 |
| . | 4B | 8 |
| CENT | 4A | 8 |
| 49 | 49 | 8 |
| 48 | 48 | 8 |
| 47 | 47 | 8 |
| 46 | 46 | 8 |
| 45 | 45 | 8 |
| 44 | 44 | 8 |
| 43 | 43 | 8 |
| 42 | 42 | 8 |
| 41 | 41 | 8 |
| SP | 40 | 8 |
| SUB | 3F | 8 |
| 3E | 3E | 8 |
| NAK | 3D | 8 |
| DC4 | 3C | 8 |
| 3B | 3B | 8 |
| 3A | 3A | 8 |
| 39 | 39 | 8 |
| 38 | 38 | 8 |
| EOT | 37 | 8 |
| UC | 36 | 8 |
| RS | 35 | 8 |
| PN | 34 | 8 |
| 33 | 33 | 8 |
| SYN | 32 | 8 |
| 31 | 31 | 8 |
| 30 | 30 | 8 |
| BEL | 2F | 8 |
| ACK | 2E | 8 |

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| ENQ | 2D | 8 |
| 2C | 2C | 8 |
| 2B | 2B | 8 |
| SM | 2A | 8 |
| 29 | 29 | 8 |
| 28 | 28 | 8 |
| PRE | 27 | 8 |
| EOB | 26 | 8 |
| LF | 25 | 8 |
| BYP | 24 | 8 |
| 23 | 23 | 8 |
| FS | 22 | 8 |
| SOS | 21 | 8 |
| DS | 20 | 8 |
| IUS | 1F | 8 |
| IRS | 1E | 8 |
| IGS | 1D | 8 |
| IFS | 1C | 8 |
| 1B | 1B | 8 |
| CC | 1A | 8 |
| E" | 19 | 8 |
| CAN | 18 | 8 |
| IL | 17 | 8 |
| HS | 16 | 8 |
| NL | 15 | 8 |
| RES | 14 | 8 |
| DC3 | 13 | 8 |
| DC2 | 12 | 8 |
| DC1 | 11 | 8 |
| DLE | 10 | 8 |
| SI | F | 8 |
| SO | E | 8 |
| CR | D | 8 |
| FF | C | 8 |
| VT | B | 8 |
| SMM | A | 8 |
| RLF | 9 | 8 |
| 08 | 8 | 8 |
| DEL | 7 | 8 |

TABLE E-1. CODE TYPE 1 CODE TABLE (Cont)

BSC EBCDIC

| Character | Hex Code | Length, Bits | Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|-----------|----------|--------------|
| LC | 6 | 8 | AC | AC | 9 |
| HT | 5 | 8 | AB | AB | 9 |
| PF | 4 | 8 | 9F | 9F | 9 |
| ETX | 3 | 8 | 9E | 9E | 9 |
| STX | 2 | 8 | 9D | 9D | 9 |
| SOH | 1 | 8 | 9C | 9C | 9 |
| NUL | 0 | 8 | 9B | 9B | 9 |
| BE | BE | 9 | 9A | 9A | 9 |
| BD | BD | 9 | AA | AA | 9 |
| BC | BC | 9 | GRB | | 9 |
| BB | BB | 9 | /BRK | | 9 |
| BA | BA | 9 | BRK | | 9 |
| AF | AF | 9 | /RNG | | 9 |
| AE | AE | 9 | RNG | | 9 |
| AD | AD | 9 | /CAR | | 9 |
| | | | CAR | | 9 |
| | | | /DSR | | 9 |
| | | | DSR | | 9 |

ENTROPY = 8.0

WITH IDLE AND CONTROL CHARACTERS:

ENTROPY = 8.022-

COMPRESSION RATIO = -0.83

AVERAGE CODE LENGTH = 8.07

TABLE E-2. CODE TYPE 2 CODE TABLE
BSC ASCII

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| IDLE | 80 | 2 |
| z | 7A | 7 |
| y | 79 | 7 |
| x | 78 | 7 |
| w | 77 | 7 |
| v | 76 | 7 |
| u | 75 | 7 |
| t | 74 | 7 |
| s | 73 | 7 |
| r | 72 | 7 |
| q | 71 | 7 |
| p | 70 | 7 |
| o | 6F | 7 |
| n | 6E | 7 |
| m | 6D | 7 |
| L | 6C | 7 |
| k | 6B | 7 |
| j | 6A | 7 |
| i | 69 | 7 |
| h | 68 | 7 |
| g | 67 | 7 |
| f | 66 | 7 |
| e | 65 | 7 |
| d | 64 | 7 |
| c | 63 | 7 |
| b | 62 | 7 |
| a | 61 | 7 |
| Y | 59 | 7 |
| X | 58 | 7 |
| V | 56 | 7 |
| U | 55 | 7 |
| T | 54 | 7 |
| S | 53 | 7 |
| R | 52 | 7 |
| P | 50 | 7 |
| O | 4F | 7 |
| N | 4E | 7 |
| M | 4D | 7 |

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| L | 4C | 7 |
| K | 4B | 7 |
| J | 4A | 7 |
| I | 49 | 7 |
| H | 48 | 7 |
| G | 47 | 7 |
| F | 46 | 7 |
| E | 45 | 7 |
| D | 44 | 7 |
| C | 43 | 7 |
| B | 42 | 7 |
| A | 41 | 7 |
| @ | 40 | 7 |
| ? | 3F | 7 |
| = | 3D | 7 |
| ; | 3B | 7 |
| : | 3A | 7 |
| 9 | 39 | 7 |
| 8 | 38 | 7 |
| 7 | 37 | 7 |
| 6 | 36 | 7 |
| 5 | 35 | 7 |
| 4 | 34 | 7 |
| 3 | 33 | 7 |
| 2 | 32 | 7 |
| 1 | 31 | 7 |
| 0 | 30 | 7 |
| / | 2F | 7 |
| . | 2E | 7 |
| - | 2D | 7 |
| , | 2C | 7 |
| + | 2B | 7 |
| * | 2A | 7 |
|) | 29 | 7 |
| (| 28 | 7 |
| ' | 27 | 7 |
| & | 26 | 7 |
| % | 25 | 7 |
| \$ | 24 | 7 |

TABLE E-2. CODE TYPE 2 CODE TABLE (Cont)

BSC ASCII

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| # | 23 | 7 |
| " | 22 | 7 |
| ! | 21 | 7 |
| SP | 20 | 7 |
| CR | D | 7 |
| LF | A | 7 |
| Z | 5A | 8 |
| < | 3C | 9 |
| - | 7E | 9 |
| } | 7D | 9 |
| W | 57 | 9 |
| | 7C | 9 |
| } | 7B | 9 |
| DEL | 7F | 9 |
| . | 60 | 9 |
| Q | 5F | 9 |
| NOT | 51 | 9 |
| | 5E | 9 |
|] | 5D | 9 |
| \ | 5C | 9 |
| US | 1F | 9 |
| RS | 1E | 9 |
| GS | 1D | 9 |
| FS | 1C | 9 |
| ESC | 1B | 9 |
| SUB | 1A | 9 |
| EM | 19 | 9 |
| CAN | 18 | 9 |
| ETB | 17 | 9 |
| SYN | 16 | 9 |

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|---------------------|----------|--------------|
| NAK | 15 | 9 |
| DC4 | 14 | 9 |
| DC3 | 13 | 9 |
| DC2 | 12 | 9 |
| DC1 | 11 | 9 |
| DLE | 10 | 9 |
| SI | F | 9 |
| SO | E | 9 |
| [| D | 9 |
| FF | C | 9 |
| VT | B | 9 |
| > | A | 9 |
| HT | 9 | 9 |
| BS | 8 | 9 |
| BEL | 7 | 9 |
| ACK | 6 | 9 |
| ENQ | 5 | 9 |
| EOT | 4 | 9 |
| ETX | 3 | 9 |
| STX | 2 | 9 |
| SOH | 1 | 9 |
| NUL | 0 | 9 |
| GRB /BRK | | 9 |
| BRK /RNG RNG | | 9 |
| /CAR CAR /DSR | | 9 |
| DSR | | 9 |

ENTROPY = 7.00
 WITH IDLE AND CONTROL CHARACTERS:
 ENTROPY = 7.42

COMPRESSION RATIO = -10.15
 AVERAGE CODE LENGTH = 7.71

TABLE E-3. CODE TYPE 3 CODE TABLE

ASCII WITH PARITY

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| IDLE | 80 | 3 |
| T | 54 | 5 |
| S | 53 | 5 |
| R | 52 | 5 |
| O | 4F | 5 |
| N | 4E | 5 |
| M | 4D | 5 |
| L | 4C | 5 |
| | 49 | 5 |
| [| 45 | 5 |
| C | 43 | 5 |
| A | 41 | 5 |
| SF | 20 | 5 |
| CS | D | 5 |
| IF | A | 5 |
| Y | 59 | 7 |
| X | 58 | 7 |
| U | 55 | 7 |
| DFL | 7F | 7 |
| P | 50 | 7 |
| K | 4B | 7 |
| J | 4A | 7 |
| H | 48 | 7 |
| G | 47 | 7 |
| F | 46 | 7 |
| D | 44 | 7 |
| B | 42 | 7 |
| 9 | 39 | 7 |
| 8 | 38 | 7 |
| 7 | 37 | 7 |
| 6 | 36 | 7 |
| 5 | 35 | 7 |
| 4 | 34 | 7 |
| 3 | 33 | 7 |
| 2 | 32 | 7 |
| 1 | 31 | 7 |
| 0 | 30 | 7 |
| . | 2E | 7 |

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| - | 2D | 7 |
| , | 2C | 7 |
|) | 29 | 7 |
| (| 28 | 7 |
| US | 1F | 7 |
| ETB | 17 | 7 |
| SYN | 16 | 7 |
| DLE | 10 | 7 |
| ETX | 3 | 7 |
| NUL | 0 | 7 |
| M | 6D | 8 |
| | 7C | 8 |
| } | 7B | 9 |
| z | 7A | 9 |
| y | 79 | 9 |
| l | 6C | 9 |
| k | 6B | 9 |
| x | 78 | 9 |
| j | 6A | 9 |
| i | 69 | 9 |
| h | 68 | 9 |
| w | 77 | 9 |
| c | 67 | 9 |
| v | 76 | 9 |
| } | 66 | 9 |
| u | 75 | 9 |
| @ | 40 | 9 |
| ? | 3F | 9 |
| > | 3E | 9 |
| = | 3D | 9 |
| < | 3C | 9 |
| : | 3B | 9 |
| :: | 3A | 9 |
| e | 65 | 9 |
| d | 64 | 9 |
| c | 63 | 9 |
| b | 62 | 9 |
| a | 61 | 9 |
| * | 60 | 9 |

TABLE E-3. CODE TYPE 3 CODE TABLE (Cont)

ASCII WITH PARITY

| Character | Hex Code | Length, Bits | Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|-----------|----------|--------------|
| NOT | 5F | 9 | NAK | 15 | 9 |
|] | 5E | 9 | DC4 | 14 | 9 |
| | 5D | 9 | DC3 | 13 | 9 |
| \ | 5C | 9 | DC2 | 12 | 9 |
| / | 2F | 9 | DC1 | 11 | 9 |
| [| 5B | 9 | - | 7E | 9 |
| Z | 5A | 9 | SI | F | 9 |
| q | 71 | 9 | SO | E | 9 |
| + | 2B | 9 | s | 73 | 9 |
| * | 2A | 9 | FF | C | 9 |
| p | 70 | 9 | VI | B | 9 |
| W | 57 | 9 | r | 72 | 9 |
| ' | 27 | 9 | HI | 9 | 9 |
| & | 26 | 9 | BS | 8 | 9 |
| % | 25 | 9 | BEL | 7 | 9 |
| | 24 | 9 | ACK | 6 | 9 |
| # | 23 | 9 | ENQ | 5 | 9 |
| " | 22 | 9 | EOT | 4 | 9 |
| ! | 21 | 9 | } | 7D | 9 |
| t | 74 | 9 | STX | 2 | 9 |
| V | 56 | 9 | SOH | 1 | 9 |
| BS | 1E | 9 | Q | 51 | 9 |
| GS | 1D | 9 | GRB | | 9 |
| FS | 1C | 9 | /BRK | | 9 |
| ESC | 1B | 9 | BRK | | 9 |
| SUB | 1A | 9 | /RNG | | 9 |
| EM | 19 | 9 | RNG | | 9 |
| CAN | 18 | 9 | /CAR | | 9 |
| o | 6F | 9 | CAR | | 9 |
| n | 6E | 9 | /DSR | | 9 |
| | | | DSR | | 9 |

ENTROPY = 7.00
 WITH IDLE AND CONTROL CHARACTERS:
 ENTROPY = 7.19

COMPRESSION RATIO = -14.73
 AVERAGE CODE LENGTH = 8.03

TABLE E-4. S49 CODE TYPE 4 CODE TABLE

BSC TRANSCODE

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| IDLE | 40 | 2 |
| DEL | 3F | 6 |
| EM | 3E | 6 |
| NAK | 3D | 6 |
| @ | 3C | 6 |
| # | 3B | 6 |
| SYN | 3A | 6 |
| 9 | 39 | 6 |
| 8 | 38 | 6 |
| 7 | 37 | 6 |
| 6 | 36 | 6 |
| 5 | 35 | 6 |
| 4 | 34 | 6 |
| 3 | 33 | 6 |
| 2 | 32 | 6 |
| 1 | 31 | 6 |
| 0 | 30 | 6 |
| HT | 2F | 6 |
| ETX | 2E | 6 |
| ENQ | 2D | 6 |
| % | 2C | 6 |
| , | 2B | 6 |
| ESC | 2A | 6 |
| Z | 29 | 6 |
| Y | 28 | 7 |
| X | 27 | 7 |
| W | 26 | 7 |
| V | 25 | 7 |
| U | 24 | 7 |
| T | 23 | 7 |
| S | 22 | 7 |
| / | 21 | 7 |
| - | 20 | 7 |
| DLE | 1F | 7 |
| EOT | 1E | 7 |

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| US | 1D | 7 |
| * | 1C | 7 |
| \$ | 1B | 7 |
| SPACE | 1A | 7 |
| R | 19 | 7 |
| Q | 18 | 7 |
| P | 17 | 7 |
| O | 16 | 7 |
| N | 15 | 7 |
| M | 14 | 7 |
| L | 13 | 7 |
| K | 12 | 7 |
| J | 11 | 7 |
| & | 10 | 7 |
| ETB | F | 7 |
| SUB | E | 7 |
| BELL | D | 7 |
| < | C | 7 |
| . | B | 7 |
| STX | A | 7 |
| I | 9 | 7 |
| H | 8 | 7 |
| G | 7 | 7 |
| F | 6 | 7 |
| E | 5 | 7 |
| D | 4 | 7 |
| C | 3 | 7 |
| B | 2 | 7 |
| A | 1 | 7 |
| SOH | 0 | 7 |
| GRB | | 7 |
| /BRK | | 7 |
| BRK | | 7 |
| /RNG | | 7 |
| RNG | | 7 |
| /CAR | | 7 |
| CAR | | 7 |
| /DSR | | 7 |
| DSR | | 7 |

ENTROPY = 6.00

WITH IDLE AND CONTROL CHARACTERS:

ENTROPY = 6.42

COMPRESSION RATIO = -10.68

AVERAGE CODE LENGTH = 6.64

TABLE E-5. S49 CODE TYPE 5 CODE TABLE

ASync

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| IDLE | 40 | 2 |
| CTL-C | 3C | 4 |
| (9 D | 34 | 5 |
| LOWER | 1F | 5 |
| CTL-B | 1E | 5 |
| UPPER | 1C | 5 |
| SPACE | 00 | 5 |
| A a | 39 | 6 |
| * 8 | 38 | 7 |
| - | 37 | 7 |
| B b S | 36 | 7 |
| W w | 35 | 7 |
| PRFIX | 3E | 7 |
| F f | 33 | 7 |
| U u | 32 | 7 |
| V v | 31 | 7 |
| # 3 | 30 | 7 |
| TAB | 2F | 7 |
| LF | 2E | 7 |
| NL | 2D | 7 |
| RDRSTP | 2C | 7 |
| : ; | 2B | 7 |
| D d | 2A | 7 |
| R r | 29 | 7 |
| & 7 | 28 | 7 |
| Y y | 27 | 7 |
| H h | 26 | 7 |
| S s | 25 | 7 |
|) 0 | 24 | 7 |
| G g | 23 | 7 |
| X x | 22 | 7 |
| M m | 21 | 7 |
| [] | 20 | 7 |
| IDLE | 3D | 7 |
| DEL | 3F | 7 |

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| BS | 1D | 7 |
| ' ' | 3B | 7 |
| Q q | 1B | 7 |
| K k | 1A | 7 |
| I i | 19 | 7 |
| 6 | 18 | 7 |
| X'17' | 17 | 7 |
| X'16' | 16 | 7 |
| X'15' | 15 | 7 |
| Z z | 14 | 7 |
| + = | 13 | 7 |
| N n | 12 | 7 |
| . . | 11 | 7 |
| @ 2 | 10 | 7 |
| PNHOFF | 0F | 7 |
| BYPAS | 0E | 7 |
| RSTRE | 0D | 7 |
| PNHON | 0C | 7 |
| P p | 0B | 7 |
| E e | 0A | 7 |
| " ' | 09 | 7 |
| % 5 | 08 | 7 |
| ? / | 07 | 7 |
| L l | 06 | 7 |
| O o | 08 | 7 |
| \$ 4 | 04 | 7 |
| J j | 03 | 7 |
| T t | 02 | 7 |
| 0 ! | 01 | 7 |
| C c | 3A | 7 |
| GRB | 9 | 7 |
| /BRK | 8 | 7 |
| BRK | 7 | 7 |
| /RNG | 6 | 7 |
| RNG | 5 | 7 |
| /CAR | 4 | 7 |
| CAR | 3 | 7 |
| /DSP | 2 | 7 |
| DSR | 1 | 7 |

ENTROPY = 6.00

WITH IDLE AND CONTROL CHARACTERS:

ENTROPY = 6.42

COMPRESSION RATIO = -13.02

AVERAGE CODE LENGTH = 6.781

TABLE E-6. CODE TYPE 6 CODE TABLE

ASync

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| IDLE | 20 | 2 |
| LTRS | 1F | 5 |
| V ; | 1E | 5 |
| X / | 1D | 5 |
| M . | 1C | 5 |
| FIGS | 1B | 5 |
| G 8 | 1A | 5 |
| B ? | 19 | 5 |
| O 9 | 18 | 6 |
| Q 1 | 17 | 6 |
| P 0 | 16 | 6 |
| Y 6 | 15 | 6 |
| H # | 14 | 6 |
| W 2 | 13 | 6 |
| L) | 12 | 6 |
| Z " | 11 | 6 |
| T 5 | 10 | 6 |
| K (| F | 6 |
| C : | E | 6 |
| F ! | D | 6 |

| Character | Hex Code | Length, Bits |
|-----------|----------|--------------|
| N , | C | 6 |
| J ; | B | 6 |
| R 4 | A | 6 |
| D \$ | 9 | 6 |
| CR | 8 | 6 |
| U 7 | 7 | 6 |
| I 8 | 6 | 6 |
| S BEL | 5 | 6 |
| SP | 4 | 6 |
| A | 3 | 6 |
| LF | 2 | 6 |
| E 3 | 1 | 6 |
| GRB | 0 | 6 |
| /BRK | 9 | 6 |
| BRK | 8 | 6 |
| /RNG | 7 | 6 |
| RNG | 6 | 6 |
| /CAR | 5 | 6 |
| CAR | 4 | 6 |
| /DSR | 3 | 6 |
| DSR | 2 | 6 |
| | 1 | 6 |

ENTROPY = 5.00
 WITH IDLE AND CONTROL CHARACTERS:
 ENTROPY = 5.42
 COMPRESSION RATIO = -15.63
 AVERAGE CODE LENGTH = 5.78

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Davenport, Willian P. - Modern Data Communication - Hayden Book Company, INC. - 1971
2. Schwartz Mischa - Computer Communication Network Design and Analysis - Prentice - Hall, INC. - 1977
3. Chorafas, Dimitris N. - Computer Networks for Distributed Information Systems - PBI - 1981
4. Dantas, C.E.S.; Piqueira, J.R.C. - PCM e Transmissão de Dados Seminários INBELSA de Transmissão - 1977
5. Eletronic Book Series - Basics of Data Communication - Mc.Graw Hill - 1976
6. Carlson, A. Bruce - Sistemas de Comunicação - EDUSP - 1981
7. Lathi, B.P. - Communication Systems - John Wiley & Sons, INC. - 1968.
8. Picquenard, Armel - Complementos de Telecomunicações - EDUSP - 1976
9. Nyquist, H - Certain Topicos in Telegraph Transmission Theory - Transactions of AIEE, 47, 617-644 (Feb. 1928)
10. The CCITT Orange Book - vol. VIII - Geneve - 1976.
11. Dantas, C.E.S.; Piqueira, J.R.C.; Roth, F.J.; Pinheiro, R.B. Teoria Geral de PCM - INBELSA - 1976
12. How Statistical TDMS let network line support more terminals Ross Seider - Reprinted from Data Communications - 1978
13. Statistical Multiplexing improves link utilization -.G. David Forney and Robert W. Stearns, Codex Corp. Newton, Mass - 1978

14. Codex 6030/6040 - Technical Manual - Pub. nº TP600H8F

15. Piqueira, JRC - Aplicações da Multiplexação Estatística às Redes de Comunicação de Dados - ELEBRA - 1982.