

CAPÍTULO 1

HIERARQUIA DIGITAL

1.1. INTRODUÇÃO

As redes de telecomunicações evoluíram de redes até então locais, onde cada central telefônica atendia uma área limitada de maneira isolada para redes telefônicas públicas onde estas são interligadas através de critérios específicos de encaminhamento, sendo que estas centrais são interconectadas a nível local, nacional e até internacional.

Os sistemas de transmissão são responsáveis por transportar o tráfego telefônico entre as centrais garantindo a integridade da informação de forma que esta possa ser recuperada no destino.

Com o aumento do número de usuários houve a necessidade de aumentar o tráfego entre as centrais. Com a finalidade de otimizar os meios de transmissão utilizou-se inicialmente a técnica FDM (Multiplexação por Divisão de Frequência) no domínio analógico, onde é alocada uma faixa de frequência para cada canal, de forma que dentro de uma banda de frequência, possam ser transmitidos simultaneamente vários sinais . Em seguida surgiu a técnica TDM (Multiplexação por Divisão de Tempo) ou multiplexação temporal, na qual cada canal é alocado em um intervalo de tempo distinto, havendo então um compartilhamento do meio. Conjuntamente com a técnica PCM (Modulação por Código de pulso), a técnica TDM é a base dos sistemas de transmissão digitais atuais.

A modulação por código de pulso (PCM) baseia-se na possibilidade de se reconstruir integralmente a mensagem a partir de um certo número de amostras instantâneas, retiradas periodicamente numa sequência regular . As etapas da conversão de um sinal analógico em um sinal PCM, são realizados através dos processos conhecidos como: Amostragem, quantização, compressão/ expansão e codificação/ decodificação.

Em uma transmissão digital os sinais de voz e vídeo podem ser enviados em uma forma de pulsos (bits 1 ou 0), para isto tem-se que converter uma informação analógica em uma informação digital antes da transmissão. Esta função é desempenhada pelo CODEC

(codificador/ decodificador). Em uma chamada telefônica a voz é digitalizada a uma taxa de 64 Kbit/s com a finalidade de reconstruir o sinal original. Para a telefonia foi determinada internacionalmente uma frequência de amostragem (F_a) de 8000 Hz decorrente da aplicação do teorema de Shannon/Nyquist que diz: a frequência de amostragem deve ser maior que o dobro da maior frequência (F_{max}) contida no sinal original, ou seja, para uma largura de banda de 4Khz do canal de voz tem-se uma frequência de 8 Khz; então como a palavra de codificação tem 8 bits e a $F_a = 8\text{Khz}$ resultará em uma taxa de 64 Kbit/s ($8\text{bits} \times 8\text{Khz}$).

A digitalização iniciou uma nova era para as redes de telecomunicações. Com a digitalização, novos serviços puderam ser oferecidos aos usuários, a capacidade de transmissão foi aumentada e a rede passou a ter uma maior qualidade e inteligência.

1.2. SISTEMAS PCM PLESIÓCRONOS.

As hierarquias PCM plesiócronicas têm como ponto de partida o PCM de 1ª ordem. Estes sistemas são designados de plesiócronicos por serem quase síncronos, denominados de PDH (Hierarquia Digital plesiócrona), ou seja, as taxas de bit são iguais, podendo variar em relação ao valor nominal, dentro da margem de determinada tolerância . Isto ocorre devido ao fato de que os tributários não possuem a mesma taxa de transmissão, podendo apresentar pequenos desvios (*slips* ou “escorregamentos”) entre um e outro. Fazendo-se uso da justificação, ou seja, da inserção de bits nos quadros, consegue-se reproduzir de forma barata o sincronismo, realizado pela memória elástica. De acordo com as normas internacionais ficam estabelecidas as taxas de bits com suas respectivas tolerâncias abaixo:

Tabela 1.1: Taxas de bits e tolerâncias do padrão europeu.

Taxa de bit (Kbit/s)	Tolerância - ppm (partes por milhão)
64	60
2048	50
8448	30
34368	20
139264	15

Os sistemas de ordem superior seguem duas correntes principais, tendo como base o Japão e os Estados Unidos para PCM com 24 canais e o Europeu para 30 canais. A PDH européia é a que está implantada no Brasil; é formada por quatro níveis (mostrados na figuras 1.1c). O primeiro é um sinal de 2048 Kbit/s (2M) formado por 32 canais de 64 Kbit/s, sendo 30 canais de voz e dois de sinalização e sincronismo, o segundo é um sinal de 8448 Kbit/s (8M) com 4 tributários de 2048 Kbit/s, o terceiro é um sinal de 34368 Kbit/s (34M) com 4 tributários de 8448 Kbit/s e o quarto é um sinal de 139264 Kbit/s (140M) com 4 tributários de 34368 Kbit/s. Utiliza-se também um quinto nível a 565 Mbit/s com quatro tributários de 139264 Kbit/s que não é padronizado. Pode-se observar na figura 1.2 as 3 hierarquias:

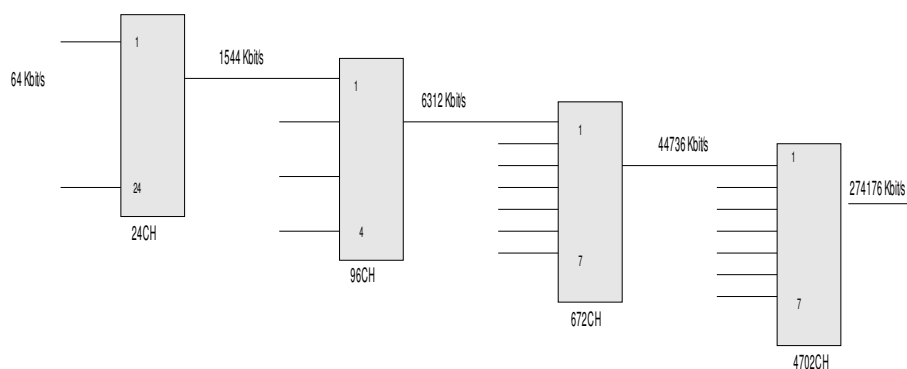


Figura 1.1a: Hierarquia digital norte-americana – SONET

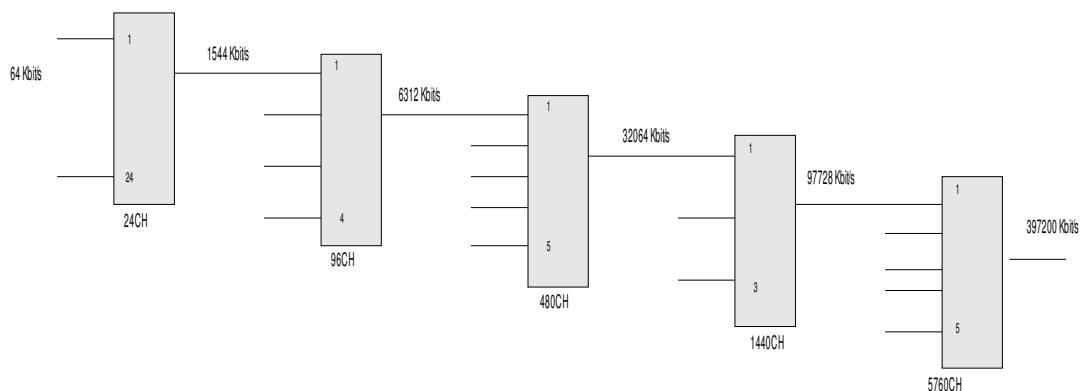


Figura 1.1b: Hierarquia digital japonesa

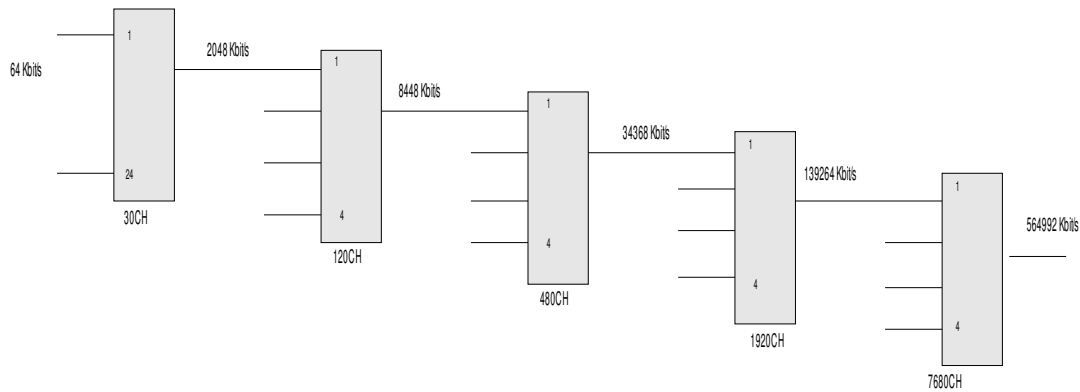


Figura 1.1c: Hierarquia digital européia

Na figura abaixo é mostrada o quadro do sistema PCM de 1ª ordem:

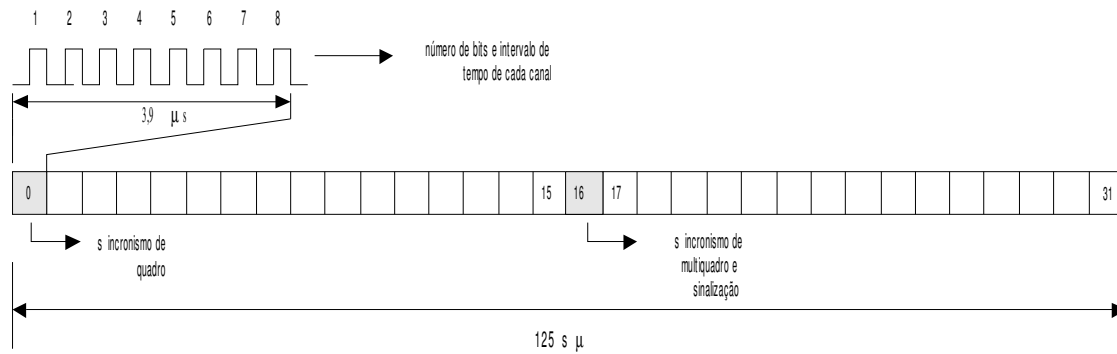


Figura 1.2: Estrutura de quadro do sinal digital de um sistema PCM de 1ª ordem

Na figura 1.2 têm-se o quadro (*frame*) que é a sequência de N unidades de informação (8 bits) sendo retiradas sucessivamente dos canais multiplexados no tempo; formando um conjunto de 32 amostras de canal (*time slots* - TS), contendo 256 bits (8 bits x 32 TS), correspondendo a um período de 125 μs. O *time slot* 0 não é usado para transmitir um canal, é usado para transmitir a palavra de alinhamento de quadro-PAQ (*frame synchronism word*) que tem a função de informar para o equipamento receptor (demultiplexador) o início do quadro. Desta forma, assim que o de multiplexador identifique a PAQ, estará habilitado a interpretar corretamente as posições de bit após o quadro. Nos TS de 1 a 15 e 17 a 31 são transmitidos os canais de fonia a uma taxa de 64 Kbit/s (8000 Hz x 8 bits). No *time slot* 16 transmi-se a estrutura de sinalização contendo informação de sinalização de 30 canais e

também a palavra de alinhamento de multiquadro (é um conjunto de 16 quadros) que tem por finalidade o sincronismo do multiquadro.

1.2.1. Características do sinal PDH.

As características principais do sinal da Hierarquia Plesiócrona são:

- **Sinais plesiócronicos**

Os elementos de rede (NE) PDH “trabalham” de forma plesiócrona, ou seja, cada NE possui seu próprio relógio. Sendo que estes relógios têm nominalmente a mesma frequência, porém são permitidos desvios de frequência dentro de limites determinados. Dependendo do desvio, pode ocorrer perda de bit. Por isso são usados relógios de alta precisão em todos os NE's, para0 que a taxa de escorregamentos entre eles seja aceitavelmente baixa; evitando assim que a perda de bit não ocorra com frequência. Este modo de operação é provavelmente o mais simples, evitando assim a distribuição de sincronismo através de uma rede. Todavia, o sistema plesiócrono implica em alto custo, devido a alta precisão de relógio.

- **Multiplexação bit-a-bit**

A multiplexação de sinais digitais em sistemas de transmissão pode ser implementada pelo método básico de inserção (também conhecido como intercalação ou *interleaving*). Na inserção bit-a-bit o multiplexador lê sequencialmente 1 bit por vez de cada tributário (sinais de entrada do multiplexador) para transmití-lo através da linha (sinal de saída do multiplexador).

- **Alinhamento de temporização através da justificação positiva bit-a-bit**

A sincronização elástica com justificação é o processo utilizado para sincronizar sinais plesiócronicos, devido a necessidade de multiplexar-se sinais gerados de diferentes relógios que apresentam variações limitadas. As variações causadas por *jitter*

(variações de fase de um sinal digital com relação a sua posição ideal, em curtos períodos de tempo, com frequência menor ou igual a 10Hz) são acomodados através de uma memória elástica. Este dispositivo é um *buffer* de dados que escreve com referência por um relógio e lê por outro. Se pequenas instabilidades existem no relógio, a memória elástica absorve as diferenças de fase. Uma memória elástica pode compensar somente pequenas instabilidades que produzem uma diferença limitada entre os dados de transmissão e recepção. As adaptações de frequência entre os sinais tributários e o sinal agregado (multiplexado), são feitas através de bits de enchimento (justificação positiva). Devido a este método, a frequência de cada um dos sinais tributários pode ser recuperada no demultiplexador através da retirada dos bits de enchimento.

- **Um quadro específico de transmissão é definido para cada nível de sincronização**

Para cada nível hierárquico (8M, 34M e 140M), há necessidade de uma nova estrutura de quadro, pois esta é a forma encontrada para acomodar as diferentes tolerâncias (tabela 1.1) de cada nível hierárquico.

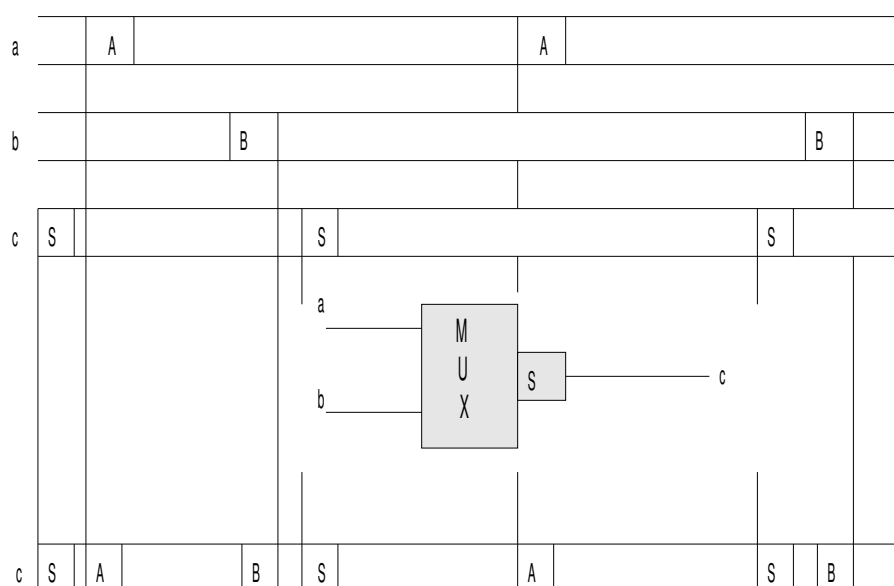
- **O multiplexador não necessita sincronizar o sinal de entrada com o de saída**

Os sinais de transporte de ordem superior (8M, 34M e 140M) são gerados através da multiplexação de sinais do nível inferior (tributários), porém estes não são sincronizados com o sinal de saída do multiplexador (agregado), pois a sincronização do quadro não é derivada do tributário; e sim gerado localmente a partir da frequência do oscilador interno do multiplexador de alta ordem.

- **A relação de fase entre o quadro e a informação de tributário não é gravada.**

O acesso direto aos canais individuais intercalados é portanto impossível. O acesso é permitido apenas após a operação de demultiplexação em cada caso. Durante a

multiplexação não há sincronização para os sinais de entrada a e b. Na figura 1.3 abaixo temos os sinais a e b que são tributários e são intercalados para formar o sinal c (agregado); para cada sinal têm-se a palavra de alinhamento de quadro (A, B e S) indicando o início de cada quadro. O sinal de saída do multiplex (c) não apresenta uma relação de fase entre o S e as palavras de alinhamento de quadro A ou B, então para recuperar os sinais a ou b, têm-se que demultiplexar todos os tributários, ou seja, essa arquitetura não permite o acesso direto ao tributário (a ou b) individualmente, então faz-se necessário obrigatoriamente demultiplexar todos os tributários os de interesse e os que não se tem interesse.



S, A e B palavras de alinhamento de quadro dos sinais c, a e b respectivamente.

Figura 1.3: Multiplexação assíncrona plesiócrona PDH.

1.2.2. Desvantagens da hierarquia PDH

Os equipamentos de transmissão até há poucos anos vinham sendo utilizados para interligar uma central a outra, para esse propósito a Hierarquia Digital Plesiócrona (PDH) vinha se mostrando adequada. Porém, com o aumento da demanda, necessidade de capacidade de transporte da ordem de Gbit/s, oferecer serviços com qualidade elevada e atender ao cliente mais rapidamente e sob demanda, a PDH se mostrou limitada.

São descritas a seguir características da PDH que restringem a sua utilização a aplicações ponto a ponto:

- **Padronização Parcial**

O grau de padronização da PDH não permite que uma rede seja formada por equipamentos de fabricantes distintos, ou seja, não viabiliza um ambiente multifornecedor.

- **Três Padrões de Estrutura de Quadro**

- **Interfaces de Altas Taxas não Padronizadas**

A estrutura de quadro do quinto nível hierárquico da PDH, correspondente ao sinal de 565M, tem estrutura de quadro não padronizada.

- **Interfaces de Linha Proprietária**

Apenas as interfaces elétricas digitais dos níveis hierárquicos 2M, 8M, 34M e 140 são padronizadas. As interfaces de linha óptica de qualquer nível da PDH (2M, 8M, 34M, 140M e 565M) não são padronizadas.

- **Funcionalidades de Gerência Proprietárias**

As funcionalidades de gerência dos equipamentos da PDH não são padronizadas. Os recursos gerenciados e as interfaces de gerência dos equipamentos são proprietários.

- **Dificuldade de derivação e inserção de tributários**

Como a PDH foi concebida para aplicações ponto a ponto e, à medida que a capacidade de tráfego foi aumentando; foram sendo criados novos níveis hierárquicos com maior capacidade de transporte.

- **Estrutura de Multiplexação da PDH**

O sinal PCM de 2M corresponde ao primeiro nível hierárquico da PDH com capacidade de transportar 30 ou 31 canais de voz ou dados a 64 Kbits/s.

A partir do segundo nível a multiplexação é realizada através da intercalação bit-a-bit dos quatro tributários do nível anterior, sendo que antes da multiplexação esses sinais são sincronizados através da técnica de se adicionar bits de enchimento (justificação de bit). Em seguida, são multiplexados e são adicionados os bits de *overhead* (Alinhamento de quadro, de multiquadro e bits de serviço).

- **Derivação e inserção de Tributários na PDH**

Em aplicações de deriva e insere (add/drop), onde se tem a necessidade de adicionar ou retirar um tributário de um nível hierárquico superior, a PDH não se mostra adequada, pois será necessário percorrer toda a cadeia hierárquica no processo de derivação ($140M > 34M > 8M > 2M$) ou inserção ($2M > 8M > 34M > 140M$). Ver figura 1.4 abaixo:

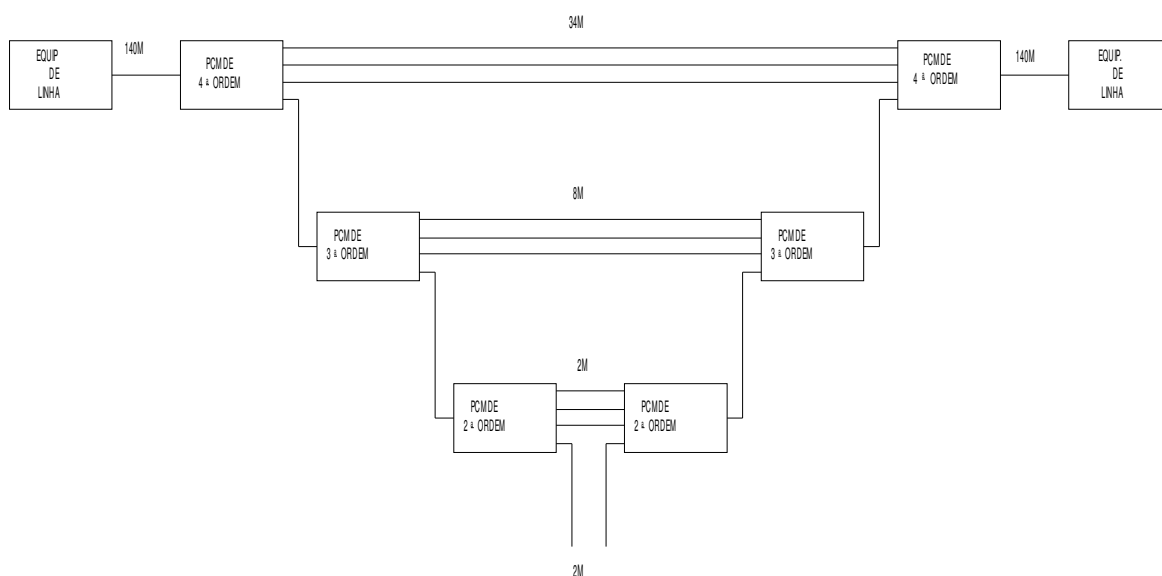


Figura 1.4: Derivação e inserção de 2M a partir de 140M.

- **Pouca capacidade para Gerência de Rede**

Poucos bits de *overhead* são usados para gerenciamento na estrutura de quadro padronizada da PDH; como exemplo, tem-se o segundo nível hierárquico (8M) que destina

apenas 0.24 da capacidade de quadro (*frame*) para transportar informações de gerência. Dos 848 bits transmitidos a cada 100,38 μ s apenas 2 são destinados para gerência de rede.

1.3. SISTEMAS SÍNCRONOS SDH-SONET

A Hierarquia Digital Síncrona (SDH-*Synchronous Digital Hierarchy*) padrão mundial de transmissão para as interfaces de nó padronizado pelo ITU-T; é uma nova tecnologia cuja finalidade é solucionar os problemas crescentes do aumento de demanda, vindo solucionar os problemas e limitações da PDH, principalmente no que diz respeito a derivação/inserção de tributários e capacidade de gerenciamento.

Consiste em se transmitir altas taxas de bit, a longas distâncias, entre grandes cidades, estados ou países. A tecnologia SDH desponta em conjunto com a rede ATM (modo de transmissão assíncrona) como a espinha dorsal para a rede RDSI-FL (Rede Digital de Serviços Integrados de faixa larga), inclusive pelo fato da rede SDH ser a primeira tecnologia a incorporar a filosofia de gerência TMN (gerência de rede de telecomunicações) em seu desenvolvimento. Esta tecnologia se baseia no princípio de se sincronizar os equipamentos de baixa e os de alta hierarquia entre si, sem aumento de bits.

A *Synchronous Optical network* (SONET) e a SDH representam duas famílias de padrões consolidados que governam os parâmetros de interface; taxas; formatos e métodos de multiplexação; e operação, administração, manutenção e provisionamento (OAM & P) para a transmissão de alta velocidade.

A SONET foi definida inicialmente como um conjunto de padrões Norte Americanos com uma taxa de bits fundamental de aproximadamente 52 Mbit/s, enquanto a SDH usado principalmente na Europa, Ásia e Brasil define uma taxa básica próxima de 155 Mbit/s.

Do ponto de vista de transmissão, elas (SONET/SDH) fornecem uma base internacional por suportar serviços de multiplexação por divisão de tempo e multiplexação de células. Em 1987 os EUA propuseram a SONET para o CCITT para ser usado como interface NNI (Network Node Interface) da RDSI-FL.

A SONET assim como a SDH fazem uso de um quadro básico. Para a SONET isto corresponde ao nível de sinal de transporte síncrono STS-1 = 51,84 Mbit/s; enquanto que para a SDH este quadro básico corresponde a um nível STM-1 = 155,52 Mbit/s.

No caso de informações com baixas taxas o mapeamento (processo de acomodação dos sinais PDH e ATM) é feito dentro do STS-1, enquanto que para altas taxas os quadros STS-N são obtidos através do entrelaçamento de bytes dos N quadros alinhados STS-1. Consequentemente a taxa de transmissão do sinal STS-N é precisamente N vezes 51,84 Mbit/s ($N = 1, 3, 12, 24$ e 48).

Similarmente para o sistema SDH, informações de baixas taxas são mapeadas num quadro STM-1 e sinais de altas taxas são gerados por multiplexação síncrona de N sinais STM-1 ($N = 1, 4, 16$ e 64).

A tabela 1.2 ilustra os níveis de transmissão padronizadas SDH e SONET e suas taxas de transmissão:

Tabela 1.2: Níveis de transmissão padronizadas SDH/SONET.

SINAL SONET	SINAL SDH	TAXA DE TRANSMISSÃO
STS-1		51,84 M bit/s
STS-3	STM-1	155,52 Mbit/s
STS-12	STM-4	622,08 Mbit/s
STS-24		1244,16 Mbit/s
STS-48	STM-16	2488,32 Mbit/s

As taxas básicas da SDH como visto no item anterior, são padronizadas atualmente em STM-1, STM-4, STM-16 e STM-64 com as taxas de transmissão de 155,52 Mbit/s; 622,08 Mbit/s; 2.488,32 Mbit/s e 9.953,280 Mbit/s respectivamente.

É definido também uma estrutura de quadro com capacidade de transmissão mais baixa que a do STM-1, para uso somente em sistemas de rádio enlace e satélite. Esta estrutura possui a taxa de 51,84 Mbit/s e denomina-se STM-0, não sendo considerada um nível hierárquico da SDH.

1.3.1. Características do sinal (SDH)

1

- **Técnica de multiplexação com ponteiro**

A relação de fase entre o *payload* (informação) e o quadro STM-1 é gravada no ponteiro, o qual permite serem localizados os sinais de tributários dentro do bloco do *payload*. Para isto, após a interpretação do ponteiro apropriado é possível acessar um único canal de usuário, a qualquer momento sem que seja necessário demultiplexar completamente o sinal STM-1. Como pode ser observado na figura 1.5 abaixo, inicialmente tem-se os tributários (a e b) entrando no multiplexador com seus respectivos ponteiros (Pa e Pb) que guardam a relação de fase (A e B) entre os ponteiros e o início do *payload* (A e B hachurados), porém estes tributários entram no bloco P onde os sinais de alinhamento de quadro são sincronizados (a* e b*); depois disto estes sinais são multiplexados resultando no sinal c. Pode-se observar que se quisesse recuperar do sinal c (agregado) apenas o tributário a por exemplo, bastava para isso interpretar o ponteiro Pa e aí teria-se o sinal a:

S – sinal de alinhamento de quadro

P- ponteiro

A, B, A*, B* - relação de fase para o ponteiro

Figura 1.5: Multiplexação do ponteiro- equalização de fase através dos ponteiros.

- **Estrutura modular**

Taxas de bits mais elevadas são conseguidas através da multiplexação byte-a-byte de vários sinais STM-1.

A operação de multiplexar ocorre de tal maneira que a estrutura do sinal multiplex (STM-N) é basicamente idêntica àquela do STM-1. As taxas de bit dos sinais multiplex são múltiplos inteiros da taxa de bit fundamental 155 Mbit/s.

- **Padronização total**

O ITU-T (*International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector*) busca uma padronização completa da SDH que envolve taxas de bit, estrutura de quadro e de multiplexação, interfaces de tributários, interfaces de linha do sinal SDH, mecanismos de proteção, funcionalidades dos equipamentos de transmissão e gerência e interfaces de gerência, permitindo assim um ambiente multifornecedor.

- **Interfaces de tributários e mapeamento**

Estão padronizadas as interfaces para acomodação dos sinais de 2M, 34M e 140M da PDH. O ITU-T padronizou a forma como os feixes de células ATM serão transportados na SDH. O processo de acomodação dos sinais PDH e dos feixes ATM é denominado mapeamento. A SDH pode ser vista como a camada física de transporte para os sinais PDH e ATM.

- **Funcionalidade de equipamentos**

O ITU-T padronizou a implementação dos equipamentos da SDH através de uma descrição genérica de blocos lógicos.

- **Mecanismos de proteção**

A SDH possui mecanismos de proteção que atuam automática e independente do operador da rede. Tem-se proteção a nível de seção de multiplexação (*Multiplex Section Protection – MSP*) usada em arquiteturas de rede linear ou em anel, e também proteção de conexão de subrede (*Subnetwork connection Protection - SNC*) sendo adequada para qualquer arquitetura de rede.

- **Necessidade de sincronização de rede de transmissão**

A maioria das redes de comunicações digitais está baseada em sinais codificados em PCM, como por exemplo as centrais CPA das empresas de telecomunicações que

trocam sinais de 64 Kbit/s. Estes sinais necessitam de memórias elásticas para compensar as variações de fase dos dados de entrada. O *overflow* (estouro) e o *underflow* (esvaziamento) periódico destes *buffers* (equivalente a uma diferença de frequência) resultam em escorregamento de quadros, corrompendo a integridade do sinal.

A fim de manter a quantidade de slips (escorregamentos entre quadros) baixa, a exatidão e estabilidade destes sinais deve ser bem alta. Portanto, precisa-se de um relógio com exatidão de 10^{-11} (um escorregamento a cada 70 dias) que não é atingida com osciladores convencionais e sim com osciladores atômicos (césio) ou sistema GPS.

- **Facilidade de Derivação e Inserção de tributários**

A estrutura de quadro de quadro dos sinais STM-N possui características que facilitam a derivação e inserção de tributários. Estas características fazem com que a rede SDH seja altamente flexível. Dessa forma o usuário pode ser atendido mais rapidamente e os que necessitam apenas por pouco tempo podem ser atendidos a um custo relativamente baixo.

- **Entrelaçamento de Byte**

Nos processos de multiplexação para formação do sinal STM-N, o entrelaçamento dos sinais é realizado a nível de byte, na PDH o entrelaçamento é feito em nível de bit. O tratamento do sinal em nível de byte facilita o uso da tecnologia de microprocessadores e a integração de funções do equipamento em circuitos dedicados.

- **Duração dos quadros**

A duração do quadro é de 125 μ s para qualquer nível de sinal SDH. Se for necessário extrair um tributário de um sinal SDH e inseri-lo em outro SDH, ainda que de nível hierárquico diferente, o retardo necessário para operação é minimizado pelo fato da duração dos quadros ser a mesma.

- **Grande capacidade de Gerência de Rede**

Cerca de 5% da capacidade dos sinais da SDH é reservada para o transporte de bytes de *overhead*. Esses bytes auxiliam a realização das funções de gerência da rede SDH. São definidos três níveis de *overhead*: o *overhead* da Seção de Regeneração (RSOH), o *overhead* de Seção de Multiplexação (MSOH) e o *overhead* de via (POH). Posteriormente será detalhado cada uma dessas definições.

- **Evolução das Redes de Transporte**

A tabela 1.3 abaixo mostra as características da SDH que fazem com que essa hierarquia represente uma evolução significativa para as redes de transporte.

Tabela 1.3: Evolução das Redes de Transporte.

	REDE ATUAL	REDE SDH
PADRONIZAÇÃO	PARCIAL	AMBIENTE MULTIFORNECEDOR
ARQUITETURA DE REDE	PONTO-A-PONTO	FLEXÍVEL E PROTEGIDA
CAPACIDADE PARA GERÊNCIA	POUCA	GRANDE

1.3.2. Vantagens da SDH

- As taxas de bit acima de 140 Mbit/s são padronizadas, internacionalmente, pela primeira vez.
- Código para transmissão de sinal óptico pela linha está padronizado, fazendo com que equipamentos de linha de diversos fabricantes sejam compatíveis.
- Estrutura modular: as taxas de bit do multiplex são produzidas como múltiplos inteiros da taxa de bit fundamental. A estrutura de quadro dos sinais multiplex é

idêntica à estrutura de quadro do sinal fundamental, significando que não deve ser definido um novo quadro.

- É possível o acesso aos canais isolados no sinal multiplex pela avaliação de um ponteiro. Como apenas os canais solicitados precisam ser demultiplexados, este método é vantajoso em sistemas de *cross-connection* assim como em derivações (multiplexador de inserir/adicionar).
- Um grande número de canais de *overhead* para supervisão de rede, gerenciamento e controle. Isto é particularmente vantajoso para TMN (Rede de gerenciamento de telecomunicações).
- A transmissão de todos os sinais na hierarquia digital plesiócrona (PDH), atualmente definidos pelo ITU-T na recomendação G.703. Uma taxa de bit SDH de 155,52 Mbit/s (STM-1) é a mais baixa taxa prevista para transmissão na linha. Todas as taxas de bit abaixo desta frequência estão entrelaçadas no quadro STM-1 para transmissão.
- É possível a transmissão de sinais de banda larga utilizados no futuro.
- É possível uma conversão direta do sinal elétrico em sinal óptico, sem uma codificação de linha complexa. A monitoração de erro de bit é efetuada através da verificação integral da paridade em várias seções de transmissão.

1.3.3. Desvantagens da SDH

- A técnica elaborada é complexa devido à necessidade de registrar a relação de fase entre o sinal tributário e o *overhead*.

- Devido à origem americana, algumas inadequações perduram para a transmissão dos sinais da hierarquia CEPT; por exemplo, apenas 3x34 Mbit/s podem ser transportados dentro de um STM-1, conquanto a capacidade deveria permitir a transmissão de 4 x sinais de 34 Mbit/s.
- A justificação byte-a-byte conduz mais *jitter* (variações de fase maior que 10 Hz) intrínseco que a justificação bit-a-bit.
- Não há estrutura de multiplexação uniforme para transmitir os atuais sinais plesiócronicos das hierarquias USA e CEPT; são suportadas várias opções de multiplexação, algumas exigindo diferentes implementações de hardware.
- Relógio deve ser fornecido externamente.

1.4. DIFERENÇAS ENTRE PDH E SDH

A seguir são mostradas as diferenças entre a hierarquia plesiócrona e síncrona:

Tabela 1.4: Diferenças entre a hierarquia plesiócrona e síncrona.

Hierarquia Digital Plesiócrona	Hierarquia Digital Síncrona
Rede plesiócrona	Rede síncrona
Técnica de multiplexação assíncrona	Técnica de multiplexação síncrona
Está definido um quadro de transmissão para cada nível multiplex	Todos os sinais multiplex tem estrutura de quadro idêntica
Multiplexação bit-a-bit	Multiplexação byte-a-byte
Alinhamento de temporização com justificação bit-a-bit	Alinhamento de temporização com justificação positiva/ nula/ negativa e byte-a-byte
Não há necessidade de sincronização para a palavra de alinhamento de quadro	Há necessidade de sincronização para a palavra de alinhamento de quadro

O acesso a canais individuais intercalados só é possível após a demultiplexação	Um acesso único a canais individuais intercalados é possível após a interpretação do ponteiro
Taxas de bit padronizadas até 140 Mbit/s	Taxa de bit acima de 155 Mbit/s