

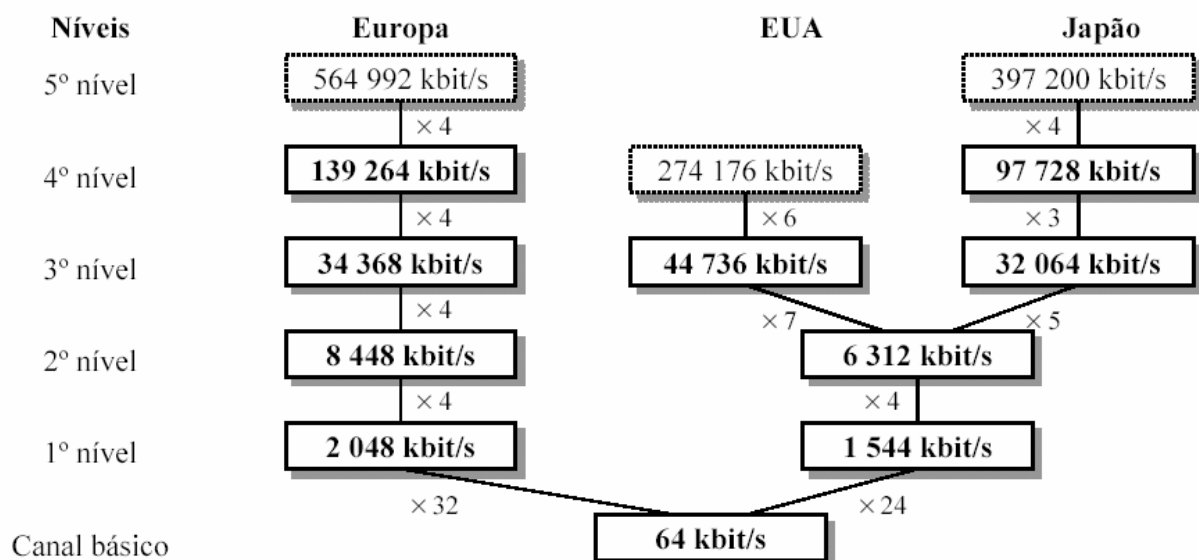
REDES DE TELECOMUNICAÇÕES

SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

Eng^a de Sistemas e Informática

UALG/FCT/ADEEC 2003/2004

Hierarquia Digital Plesiócrons (PHD)

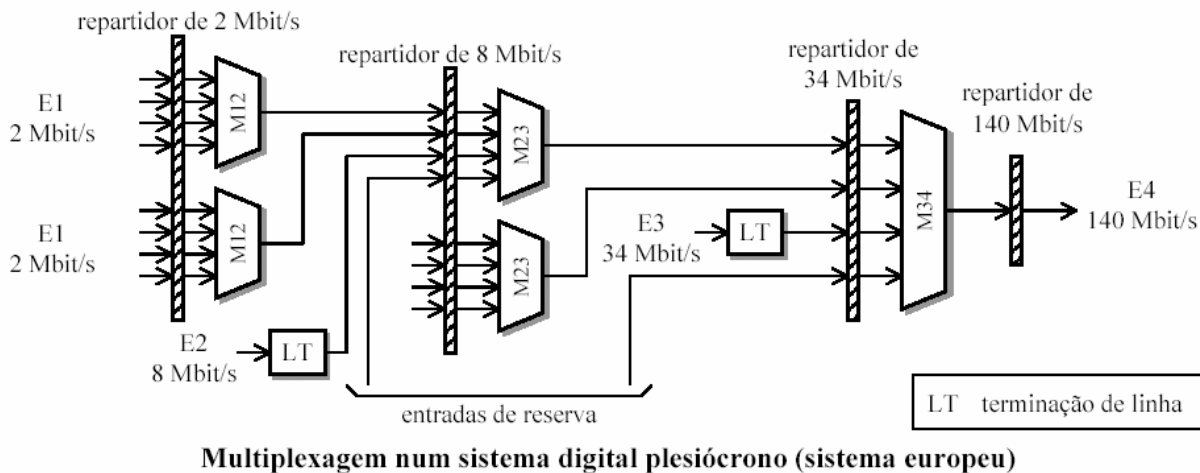


Hierarquia Digital Plesiócrons (PHD)

Princípios básicos

Sistema hierárquico

- cada sinal de um nível é obtido a partir de n tributários do nível anterior
- os tributários são assíncronos, mas com o mesmo débito nominal (plesiócrons)
- a multiplexagem é assíncrona com justificação positiva / nula



Hierarquia Digital Plesiócrons (PHD)

Vantagens e limitações da hierarquia PDH

Vantagens

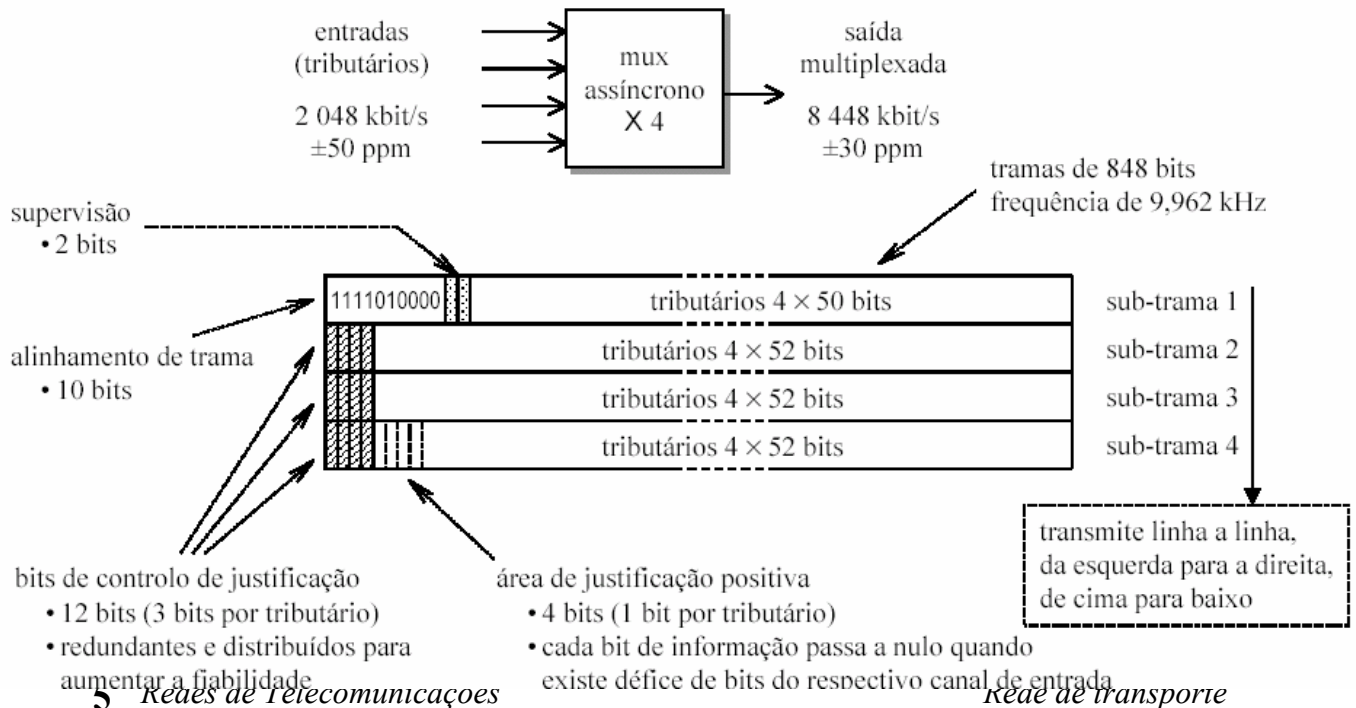
- + – número de sistemas normalizados reduzidos a um pequeno conjunto
- + – níveis adaptados aos sistemas de transmissão de alto débito então existentes (pares simétricos, cabos coaxiais, feixes hertzianos, fibras ópticas)
- + – crescimento através da adição de novos equipamentos mantendo os anteriores

Limitações

- – taxas de transmissão limitadas a cerca de 500 Mbit/s
- – capacidade rudimentar de operação e manutenção muitos sistemas proprietários
- – reconfiguração simples mas manual (alteração física de ligações nos repartidores)
- – acesso a um tributário obriga à desmultiplexagem de todos os níveis superiores

Hierarquia Digital Plesiócrons (PHD)

Multiplexagem de 2 para 8 Mbit/s



Hierarquia Digital Plesiócrons (PHD)

Um valor típico para a tolerância dos relógios dos tributários da primeira hierarquia CEPT1 é de 50 ppm (partes por milhão). Pretende-se demonstrar que a presença de 1 bit de justificação por tributário na trama CEPT2 é suficiente para compensar as flutuações dos débitos à tolerância referida.

Cada trama CEPT2 contém 266 bits de informação de cada um dos canais (tributários), os quais se reduzem a 265 quando se usa justificação. Assim o débito binário máximo por cada canal é igual a

$$(266 \times 8.448 \text{ Mbit/s}) / 448 = 2.0522 \text{ Mbit/s}$$

enquanto que o débito mínimo vem dado por:

$$(265 \times 8.448 \text{ Mbit/s}) / 448 = 2.0423 \text{ Mbit/s}$$

Esses débitos correspondem a uma flutuação relativamente ao débito binário nominal (2.048 Mbit/s) de 4.2 Kbit/s e -5.7 Kbit/s. Ou seja um bit de justificação tem capacidade para acomodar flutuações dentro desses limites.

Por sua vez um relógio com estabilidade de 50 ppm, irá originar flutuações no débito binário de

Hierarquia Digital Plesiócrona (PHD)

$50/10^6 \times 2.048 \text{ Mbit/s} = 102.4 \text{ bit/s}$

os quais estão perfeitamente integrados nos limites permitidos por 1 bit de justificação.

Hierarquia Digital Plesiócrona (PHD)

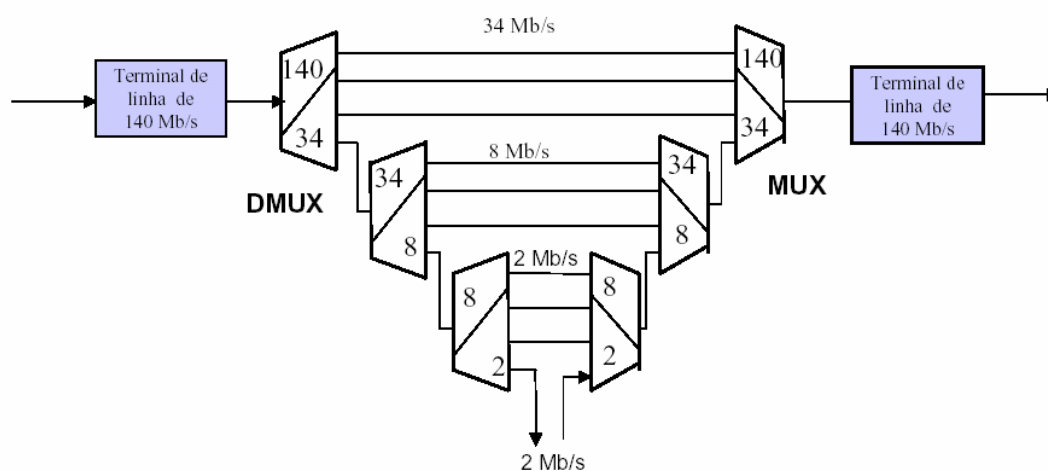
Aquisição e perda de enquadramento

Desvantagens do PHD

•Na década de 1980, novos avanços tecnológicos (fibras ópticas e integração em larga escala de circuitos integrados) possibilitaram a transmissão e comutação de sinais digitais a taxas superiores às permitidas pela hierarquia PHD o que originou a necessidade de novas hierarquias de multiplexagem digital.

•Embora fosse teoricamente possível ultrapassar estas limitações através do projecto de uma nova geração PHD, a solução adoptada foi a concepção de um sistema com uma filosofia diferente, ou seja a Hierarquia Digital Síncrona ou SDH ('Synchronous Digital Hierarchy').

- Necessidade de concatenação de equipamento formando uma pilha de multiplexers para extrair canais de níveis hierárquicos inferiores.



Hierarquia digital síncrona (SDH-Synchronous Digital Hierarchy)

- Interfaces normalizadas unicamente para transmissão de sinais eléctricos ;
- Incompatibilidade de equipamento de diferentes fabricantes;
- Funções de suporte operacional (monotorização, controlo e gestão da rede quase inexistentes).

Hierarquia digital síncrona (SDH-Synchronous Digital Hierarchy)

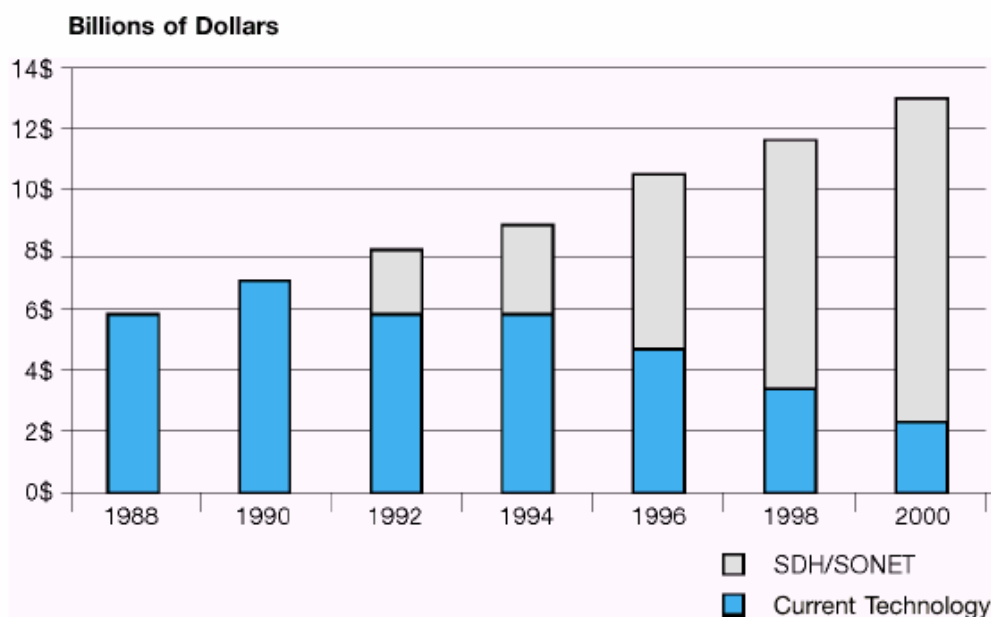
- **SDH** (Synchronous Digital Hierarchy) foi definida pelo ITU-T em 1990
- Nos EUA tem a designação de **SONET** (Synchronous Optical NETWORK) pela simples razão de que as interfaces são normalizadas para sinais ópticos
- A grande diferença entre SDH/SONET e as redes tradicionais é que o meio de transmissão utilizado é a fibra óptica

Vantagens do SDH

- Há normas até 10 Gbit/s: Apropriada para as rede de transporte.
STM-1 □ 155.52 Mbit/s, STM-4 □ 622.08 Mbit/s, STM-16 □ 2488.32 Mbit/s,
STM-64 □ 9953.28 Mbit/s
- Compatibilidade entre o equipamento de diferentes fabricantes e entre as hierarquias europeias e americanas.
- Função de inserção/extracção simplificada. Como a tecnologia é síncrona é fácil identificar os canais de ordem inferior.
- Gestão centralizada fácil. A trama SDH dispõe de um número elevado de octetos para comunicação entre os elementos de rede e um centro de gestão centralizada, usando o sistema TMN (*Telecommunications Management Network*).
- Elevada disponibilidade permitindo uma provisão rápida dos serviços requeridos pelos clientes. Tal deve-se ao facto da SDH fazer uso intensivo de software, em contrapartida com a PDH cuja funcionalidade reside no hardware.

- Elevada fiabilidade. As redes SDH usam mecanismos de protecção que permitem recuperações rápidas a falhas (da ordem dos 50 ms), quer das vias de comunicação, quer dos nós da rede.
- Normalização das interfaces ópticas (definindo os códigos a usar, os níveis de potência, as características dos lasers e das fibras, etc).
- Possibilidade de monitorizar o desempenho dos diferentes canais.
- Plataforma apropriada para diferentes serviços.

Hierarquia digital síncrona (SDH-Synchronous Digital Hierarchy)



Hierarquia digital síncrona (SDH-Synchronous Digital Hierarchy)

Signal Designation			Line Rate (Mbps)
SONET	SDH	Optical	
STS-1	STM-0	OC-1	51.84
STS-3	STM-1	OC-3	155.52
STS-12	STM-4	OC-12	622.08
STS-48	STM-16	OC-18	2,488.32
STS-192	STM-64	OC-192	9,953.28
		OC-768(?)	39,813.12

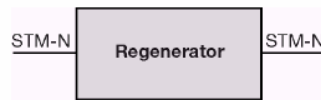
STS-Synchronous Transport Signal

STM-Synchronous Transport Module

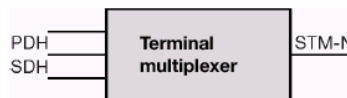
OC- optical carrier STS e STM quando os sinais se encontram no domínio eléctrico

Elementos da rede

Regeneradores - têm por função regenerar o sinal quer em termos de amplitude como de temporização. Os regeneradores comunicam entre si pelos canais de dados de 64 Kbit/s (canais E1, F1) da secção de regeneração do cabeçalho de trama.



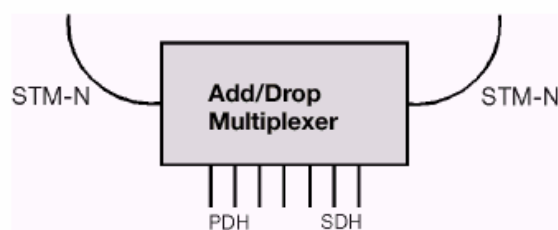
Multiplexador terminal de linha- são utilizados para combinar sinais plesiócronicos e síncronicos em tramas STM de débito binário superior ao dos tributários.



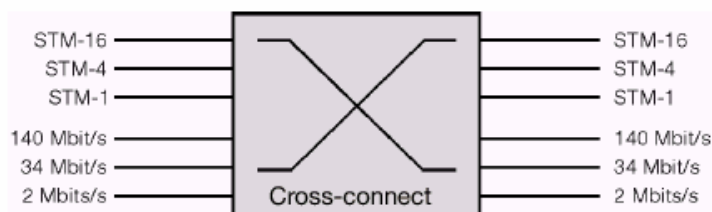
Elementos da rede

Multiplexador de inserção/remoção (Add/drop multiplexer):

Possibilita a inserção e remoção de sinais síncronicos ou plesiócronicos em tramas STM

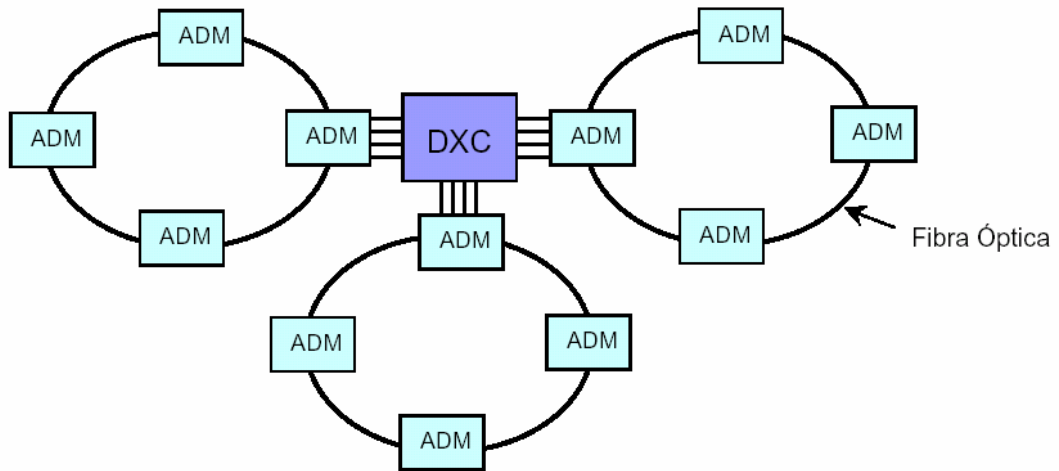


Nó de interligação (Digital Cross Connets (DXC)): Proporciona funções de comutação apropriadas para estabelecer ligações semipermanentes entre canais E1, E3, E4, e STM-1 e permite restauro das redes.



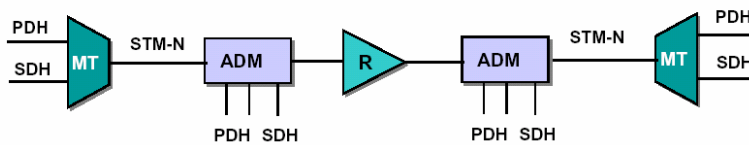
Elementos da rede

Os comutadores de cruzamento são usados para interligar anéis SDH, ou como nós de redes em malha.

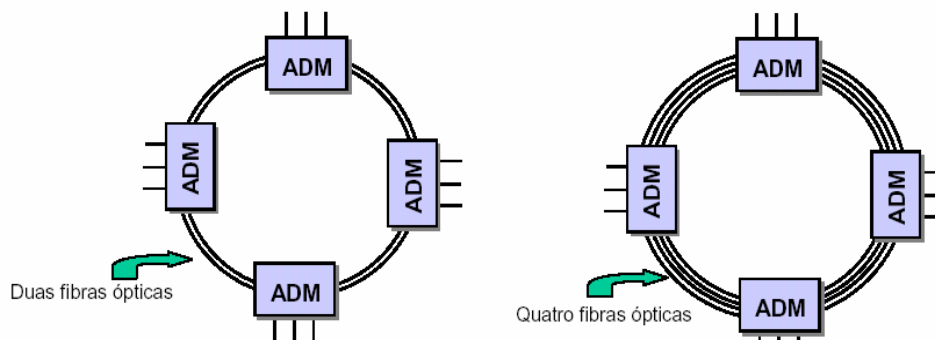


Topologias Físicas

- Topologia em cadeia

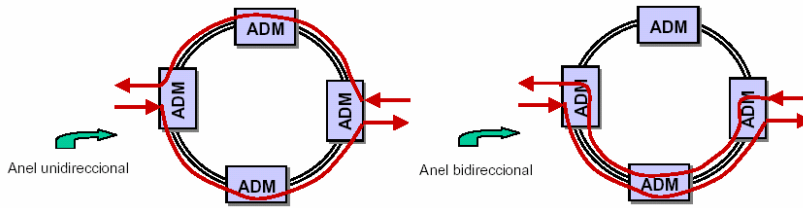


- Topologia em anel com duas ou 4 fibras

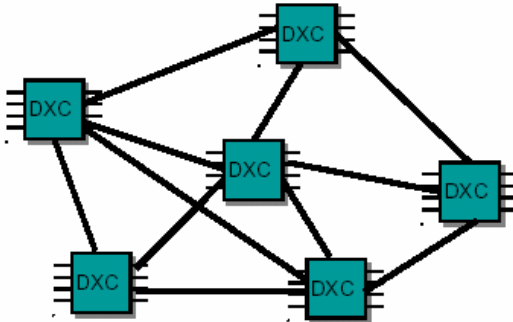


Topologias Físicas

Anéis unidireccionais e bidireccionais



Topologia emalhada (usada no núcleo central da rede)



A presença dos DXC permite implementar um sistema de restauro dinâmico. Com esta técnica o sistema de gestão da rede reencaminha o tráfego por percursos alternativos àqueles onde ocorreram falhas

Modelo de Camadas

Camadas de Transporte SDH	Caminho		
		Transmissão	Secção
			Secção de regeneração
	Física		

Caminho:

Identificação da integridade da ligação, especificação do tipo de tráfego transportado no caminho e monitorização de erros

Secção de multiplexagem:

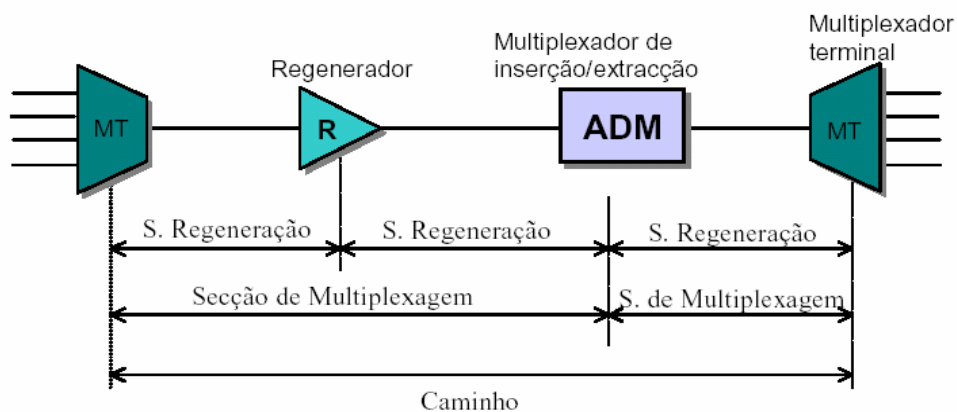
Sincronização, comutação de protecção, monitorização de erros, comunicação com o sistema de gestão

Secção de regeneração:

Enquadramento da trama, monitorização de erros, comunicação com o sistema de gestão.

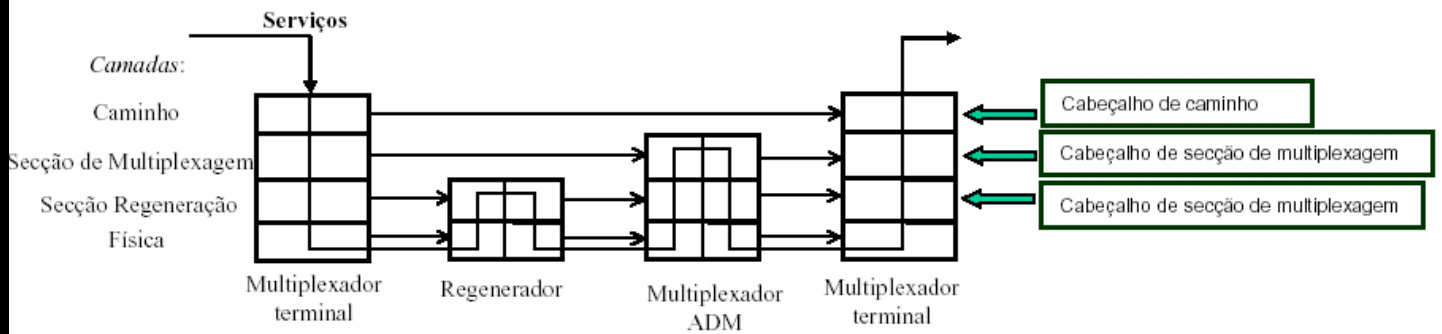
Física:

Forma dos pulsos ópticos, nível de potência, comprimento de onda.

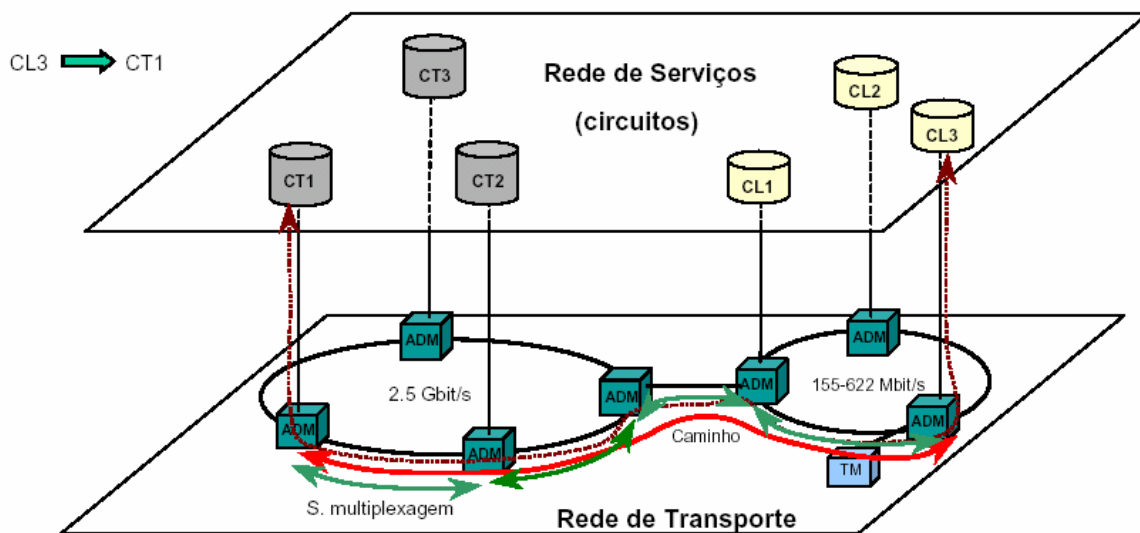


Modelo de Camadas

Cada camada (com excepção da física) tem um conjunto de bytes que são usados como cabeçalho da camada. Estes bytes são adicionados sempre que a camada é introduzida e removidos sempre que esta é terminada.



Modelo de Camadas

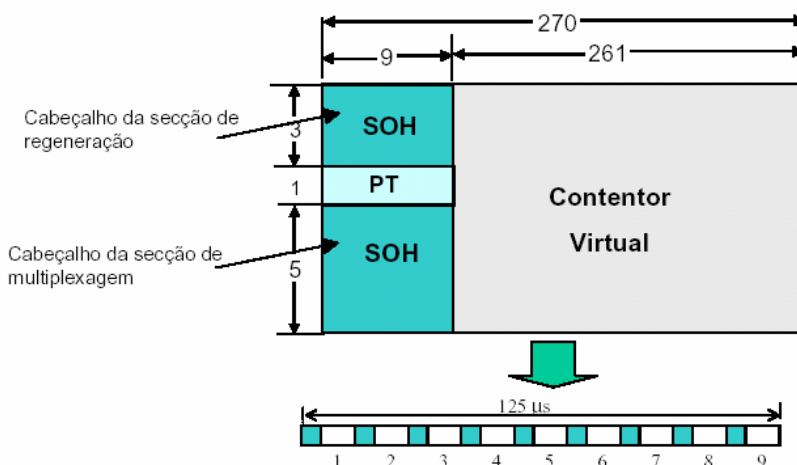


DXC: crossconnect
 TM: multiplexer terminal
 ADM: multiplexer de inserção/extração

CT: central de trânsito
 CL: central local

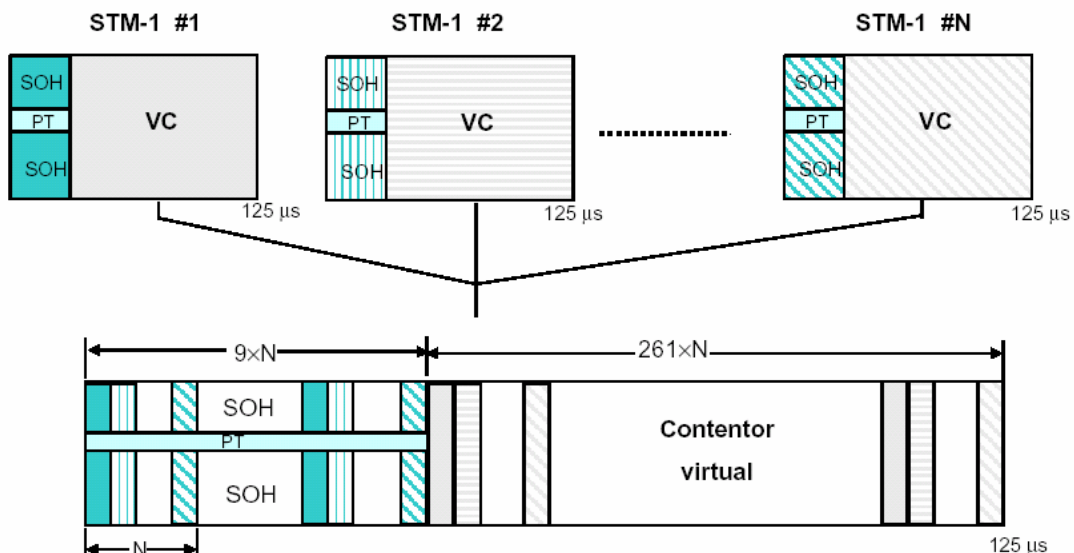
Trama básica STM-1 (Synchronous Transport Module)

- É composta por $9 \times 270 = 2430$ bytes
- Tem a duração de $125 \mu\text{s}$, o que corresponde a 8000 tramas/s
- Taxa de transmissão de 155,52 Mbit/s
- Os bytes são transmitidos linha a linha, começando pela 1ª linha e 1ª coluna.
- Contém 3 blocos:
 - Cabeçalho de secção (SOH, section overhead)
 - Ponteiro (PT): permite localizar a informação transportada no VC
 - Contendor virtual: capacidade transportada + cabeçalho de caminho.

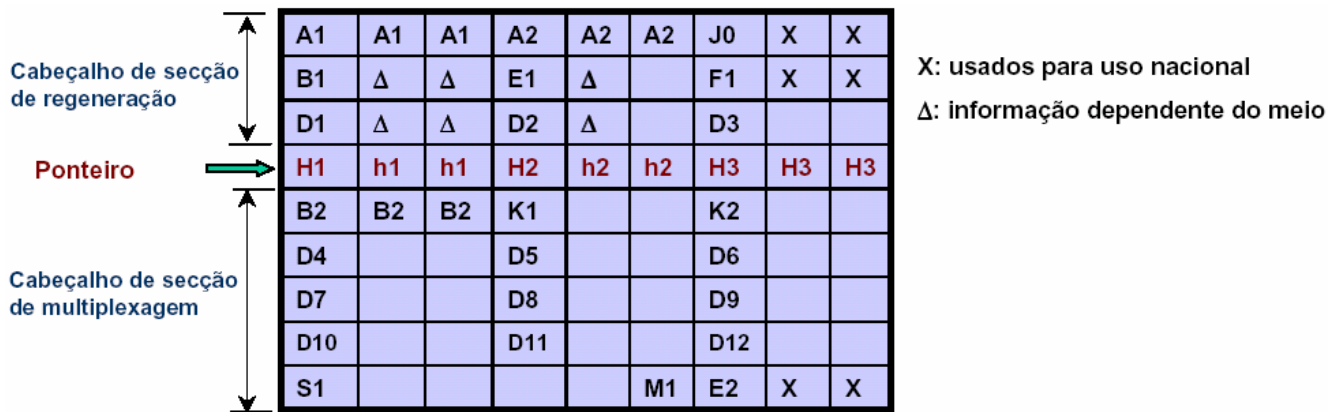


Formação da trama STM-N

- As tramas STM de ordem superior são obtidas através de multiplexagem byte a byte de vários STM-1.
- O débito binário do sinal STM-N é de $N \times 155.52$ Mbit/s.



Cabeçalho de secção de trama STM-1



Cabeçalho de secção de regeneração

A1, A2 : Padrão de enquadramento de trama (A1=11110110, A2=00101000).

J0: Traço de secção de regeneração. Verifica a integridade da ligação a nível de secção.

B1: Monitorização de erros a nível da secção de regeneração.

D1- D3: Canal de comunicação de dados. Transporta informação de gestão de rede.

E1: Canal de comunicação de voz (64 kb/s) entre regeneradores.

F1: Canal de utilizador. Diferentes aplicações. Ex: transmissão de dados.

Cabeçalho de secção de trama STM-1

Cabeçalho de secção de multiplexagem

B2: Monitorização de erros a nível da secção de multiplexagem.

K1- K2: Comutação de protecção automática.

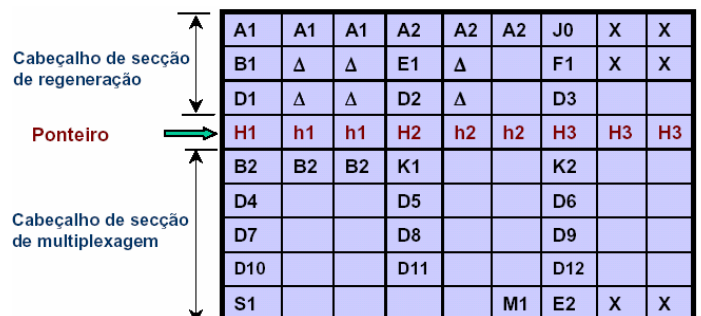
D4- D12: Canal de comunicação de dados a 576 kbit/s. Transporta informação de gestão

de rede entre os elementos que terminam a secção de multiplexagem e entre estes e o sistema de gestão de rede.

S1: Indicador da qualidade do relógio. Transporta mensagens referentes ao tipo de relógio usado no processo de sincronização.

M1: É usado para transportar uma indicação de erro remoto ou REI (remote error indication) a nível de secção de multiplexagem. O alarme REI é enviado para o ponto onde a secção de multiplexagem é originada e indica o número de blocos detectados errados a partir da informação dada pelo B2.

E2: Canal de comunicação de voz (64 kb/s) para comunicações vocais entre as extremidades da camada de multiplexagem.



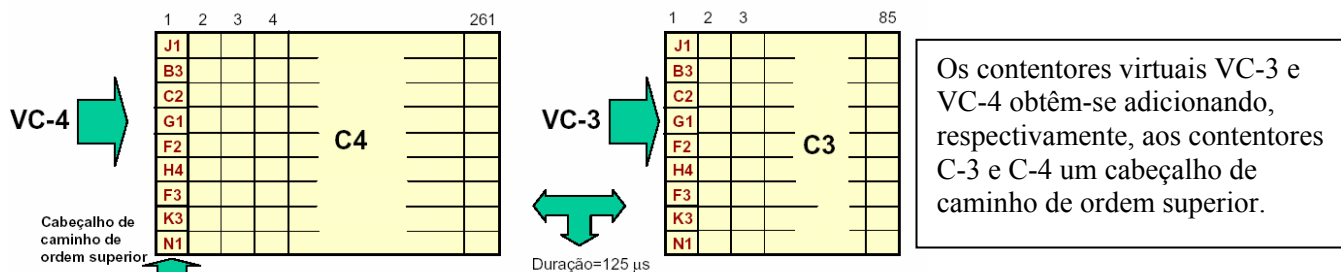
Formação de tramas STM-1

Unidade Administrativa (AU)

Consiste num **contentor virtual de ordem superior** mais um ponteiro de unidade administrativa. O ponteiro especifica o início do contentor virtual.

Grupo de unidade administrativa (AUG)

Resulta da combinação por **interposição de byte** de várias **unidades administrativas**. Adicionando o cabeçalho de secção à AUG obtém-se a trama STM-1.



O cabeçalho de caminho de ordem superior é constituído por 9 bytes iniciando-se com byte J1, que é também o primeiro byte do VC.

O contentor VC-4 é constituído por $261 \times 9 = 2349$ octetos, o que dá um débito de 150.336 Mbit/s. Ao VC-3 corresponde um débito de 49.96 Mb/s.

Funções dos bytes do cabeçalho

J1: Permite verificar a integridade do caminho. O terminal onde o caminho é gerado envia repetidamente uma sequência padrão através de J1, a qual é confirmada pelo terminal receptor.

B3: É usada para monitorizar erros, transmitindo o BIP do caminho.

C2: É a etiqueta do sinal, indicando a composição dos contentores virtuais VC3/VC4:
Ex: 0000 0000: não transporta tráfego, 0000 0010: usa uma estrutura TUG, 0001 0010: transporta um E4 num C-4, 0001 0011: ATM.

G1: É um canal usado pelo terminal receptor para enviar para o terminal emissor o informação sobre desempenho do caminho, nomeadamente sobre os erros detectados por B3.

F2: Canal de manutenção usado pelos operadores da rede.

H4: Indicador de super-trama. Usada na formação do VC-2, VC-12 e VC-11.

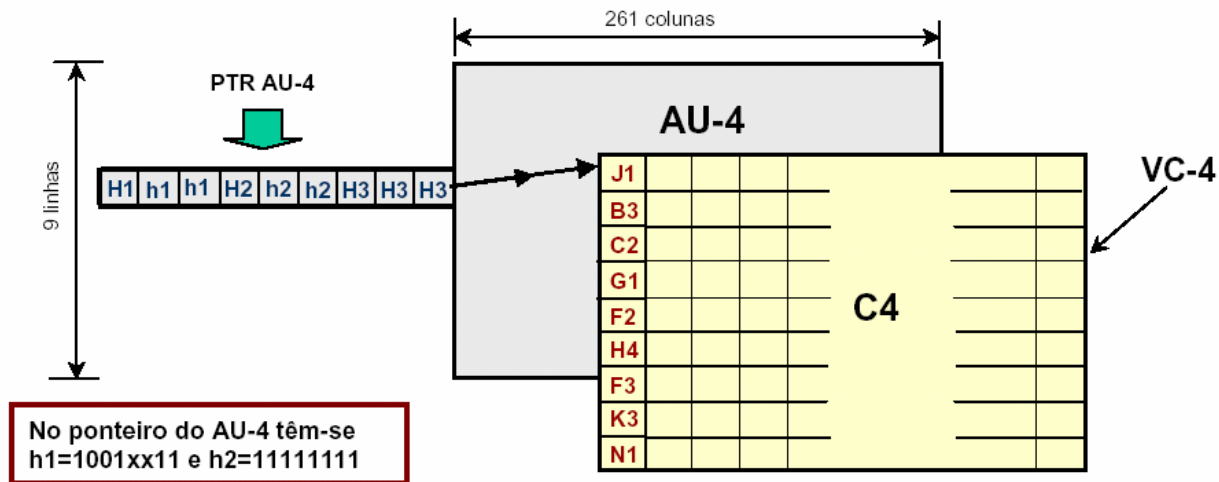
F3: Canal de manutenção

K3: Canal usado para funções de protecção a nível do caminho.

N1: Monitorização das ligações em cascata.

Unidade Administrativa AU-4

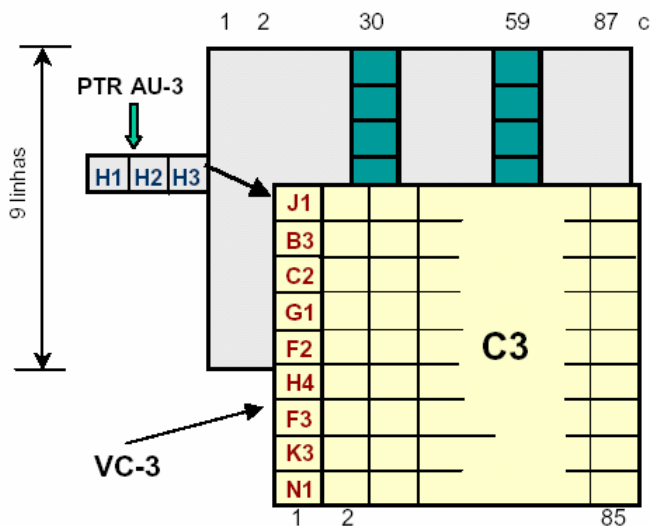
Uma AU-4 é uma estrutura síncrona constituída por $9 \times 261 + 9$ bytes, que inclui um VC-4 mais um ponteiro de unidade administrativa AU-4 (PTR AU-4).



O VC-4 pode flutuar dentro do AU-4. O ponteiro do AU-4 contém a posição (endereço) do primeiro byte (J1) do cabeçalho de caminho do VC-4.

Unidade Administrativa AU-3

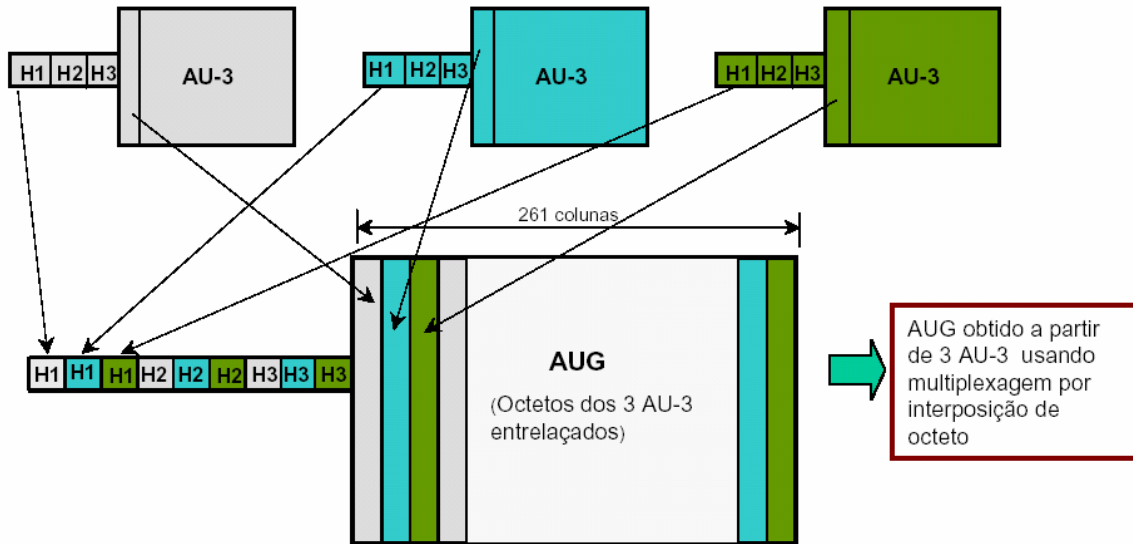
A AU-3 é uma estrutura síncrona composta por $9 \times 87 + 3$ bytes, que inclui um VC-3 mais um ponteiro da unidade administrativa AU-3 (PTR-AU-3). Como a capacidade de transporte do AU-3 (87 colunas) é superior à requerida pelo VC-3 (85 colunas), são inseridas duas colunas sem informação (justificação fixa) para adaptação de capacidade (colunas 30 e 59).



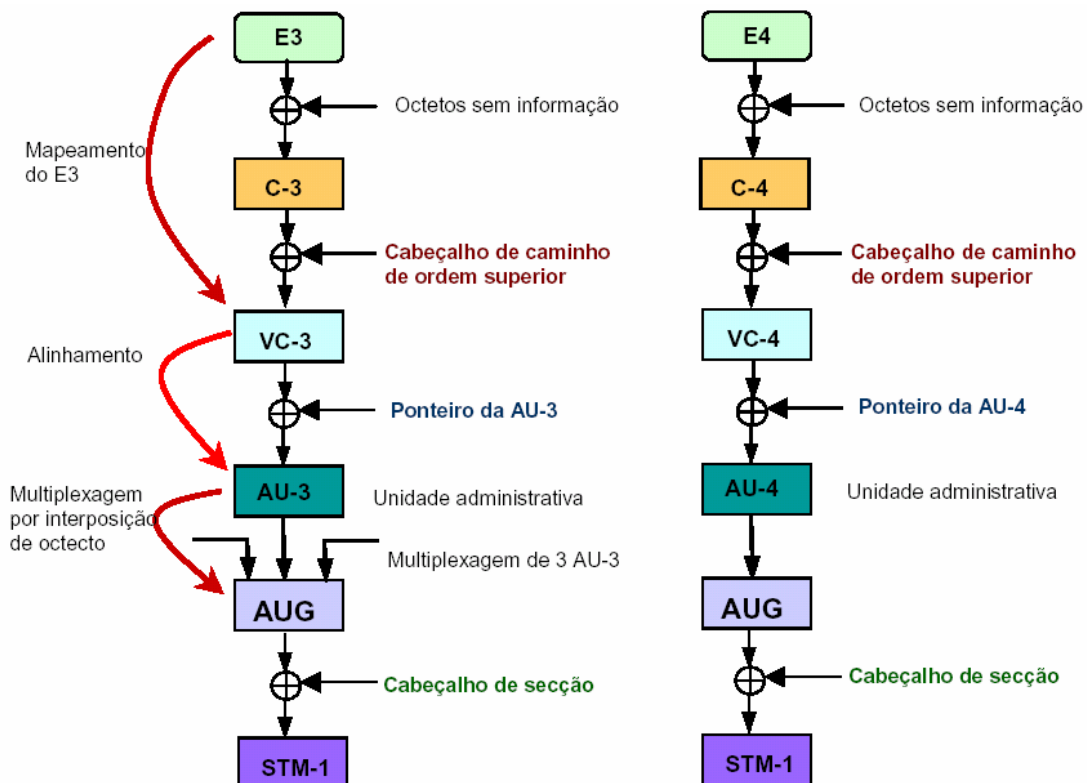
A posição do contendor virtual pode flutuar dentro do AU-3. O ponteiro PTR AU-3 contém o endereço do J1.

Grupo de Unidade Administrativa AUG

O AUG é uma estrutura síncrona constituída por $9 \times 261 + 9$ bytes, que por adição do cabeçalho de secção dá origem à trama STM-1. Um AUG é composto de 1 AU-4 ou de 3 AU-3 usando multiplexagem por interposição de byte.



Transporte das hierarquias E3 e E4 em tramas STM-1



Transporte das hierarquias E3 e E4 em tramas STM-1

Mapeamento

- Insere tributários nos contentores virtuais preparando a multiplexagem síncrona
- Introduz bits de justificação para compensar diferenças de débitos
- Acrescenta POH (Path Overhead)

Mapeamento em TU e TUG

Unidade tributária (TU)

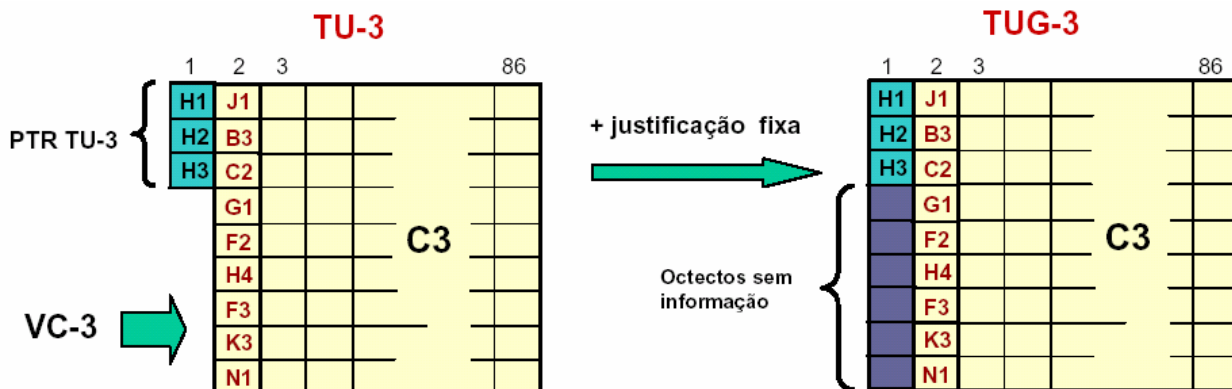
A unidade tributária consiste num **contentor virtual de ordem inferior** mais um **ponteiro da unidade tributária**. Como o VC de ordem inferior pode flutuar dentro do VC de ordem superior, o início do primeiro dentro do segundo é indicado pelo ponteiro da unidade tributária.

Grupo de unidade tributária (TUG)

Resulta da combinação de várias unidades tributárias por interposição de byte. Em alguns casos é necessário proceder a justificação fixa, para adaptar débitos binários.

Mapeamento em TU-3 e TUG-3

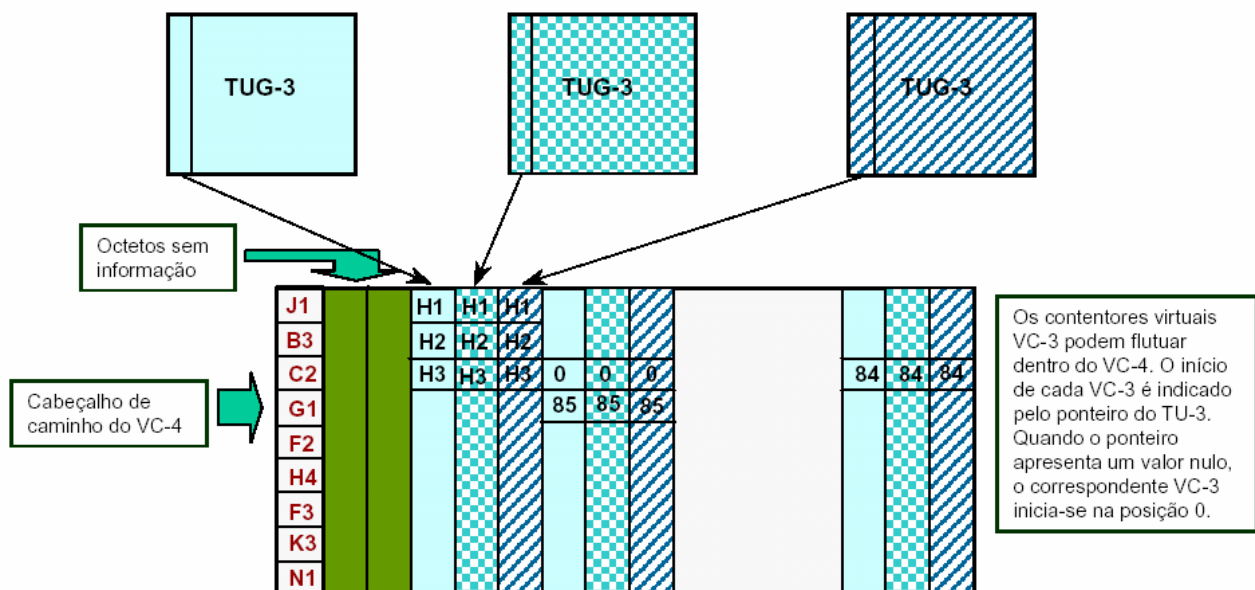
Um VC-3 de ordem inferior é transportado numa unidade tributária de nível 3 (TU-3). Um TU-3 é uma estrutura síncrona constituída por $9 \times 85 + 3$ octetos, que inclui um VC-3 mais um ponteiro de unidade tributária TU-3 (PTR TU-3). Adicionando ao TU-3 seis bytes de justificação fixa obtem-se o TUG-3.



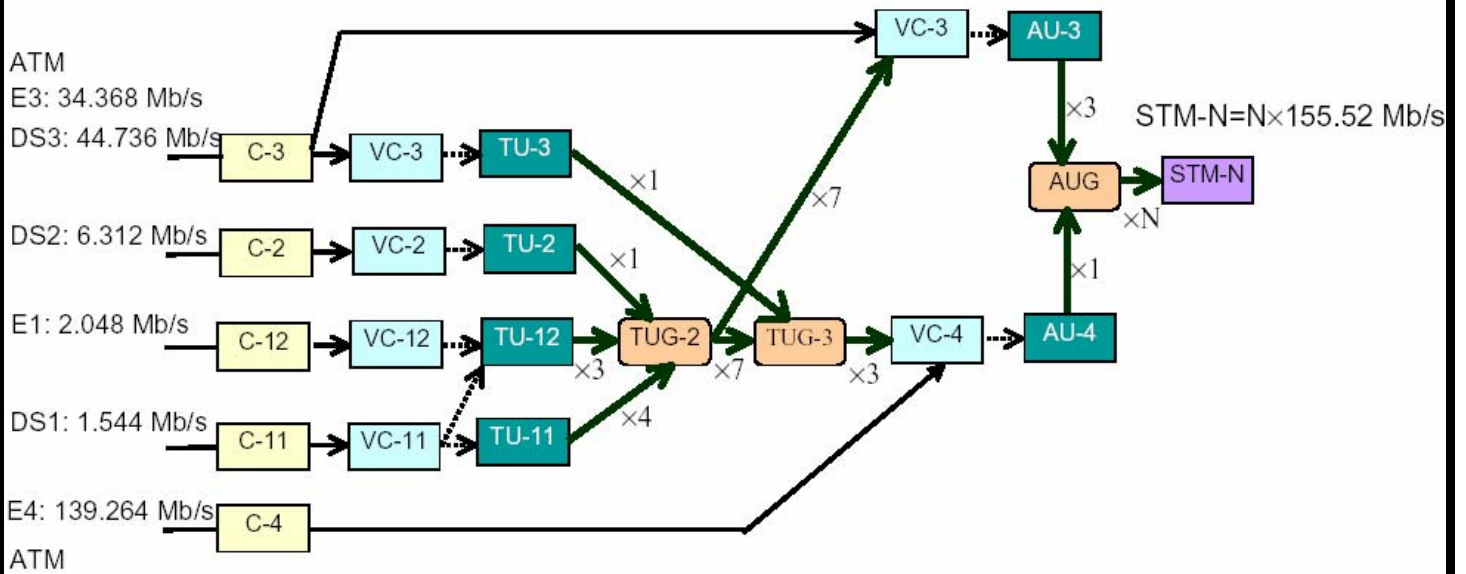
Como o VC-3 pode flutuar dentro das colunas que lhe estão atribuídas no VC-4, o ponteiro do TU-3 é usado para indicar a posição do VC-3 (octeto J1) dentro da trama do VC-4.

Mapeamento em TU-3 e TUG-3

Um VC-4 pode formar-se a partir de multiplexagem por interposição de octeto de 3 TUG-3. Como $3 \times 86 = 258$ colunas é necessário adicionar 2 colunas sem informação para obter as 260 colunas correspondentes ao C-4.

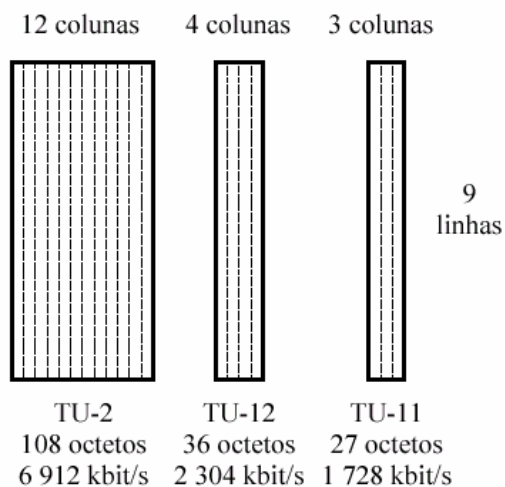


Estrutura da Multiplexagem do SDH



Mapeamento em TU-11, TU-12 e TU-2

Mapeamento em TUG-2



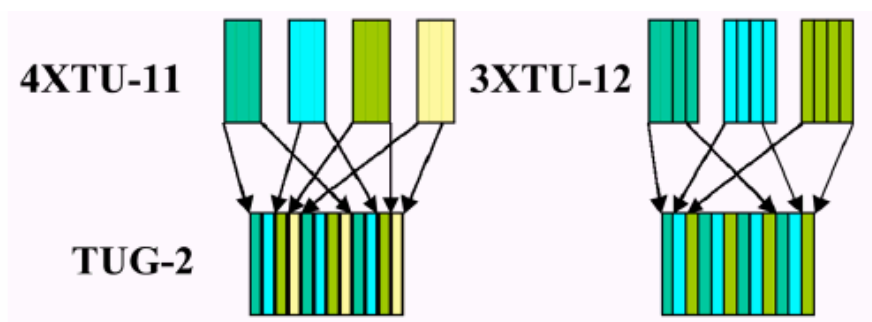
-É possível criar uma unidade tributária de grupo (**TUG- Tributary Unit Group**) por multiplexagem por entrelaçamento de colunas

TUG-2 pode ser criado por:

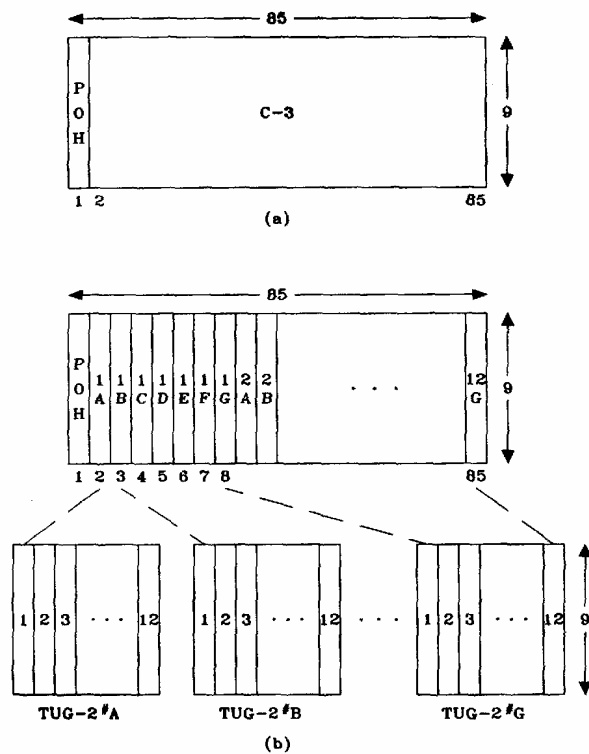
- 4 TU-11 ou
- 3 TU-12 ou
- 1 TU-2

-na criação de um TUG-2 os pontos iniciais de cada multitrama têm de ser idênticos

Mapeamento em VC-3



Mapeamento em VC-3



-VC-3 composto por 85 9B colunas, 1º coluna é o POH, cabeçalho de caminho.

-A payload pode ser ou C-3 ou 7 TUG-2 (alinhados em fase).

Rede de transporte

Concatenação contínua AU-4

Este mecanismo é fornecido para permitir a transmissão de débitos superiores ao da capacidade dum contentor C-4.

A vantagem deste método é que a carga não deve ser dividida dado que um contentor virtual contínuo é formado num STM-4.

A carga de vários AU-4s consecutivos são ligadas colocando todos os apontadores com um valor fixo, o indicador de concatenação (CI), com excepção do apontador para o primeiro AU-4.

Se a actividade do apontador se tornar necessária essa é efectuada de igual forma para todos eles.

Sobrevivência em redes SDH

A sobrevivência de redes SDH é garantida através de mecanismos de protecção e mecanismos de restauração

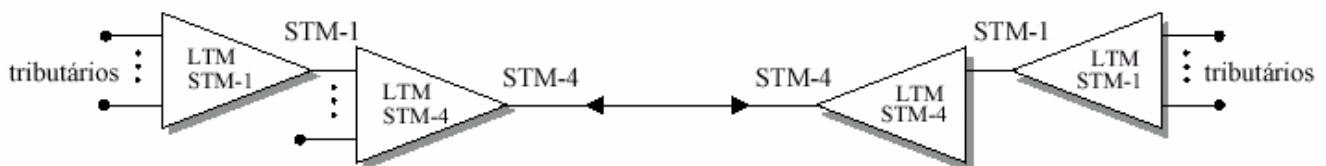
Protecção no caso de falha existe equipamento ou canal disponível para ser utilizado (deve de ser implementada em mili segundos)

Restauração no caso de falha a rede partilha equipamento ou canais que já estão em uso, neste caso só é utilizada a capacidade da rede disponível. (deve de ser implementada em segundos ou minutos)

Sobrevivência em redes SDH

Topologia ponto a ponto

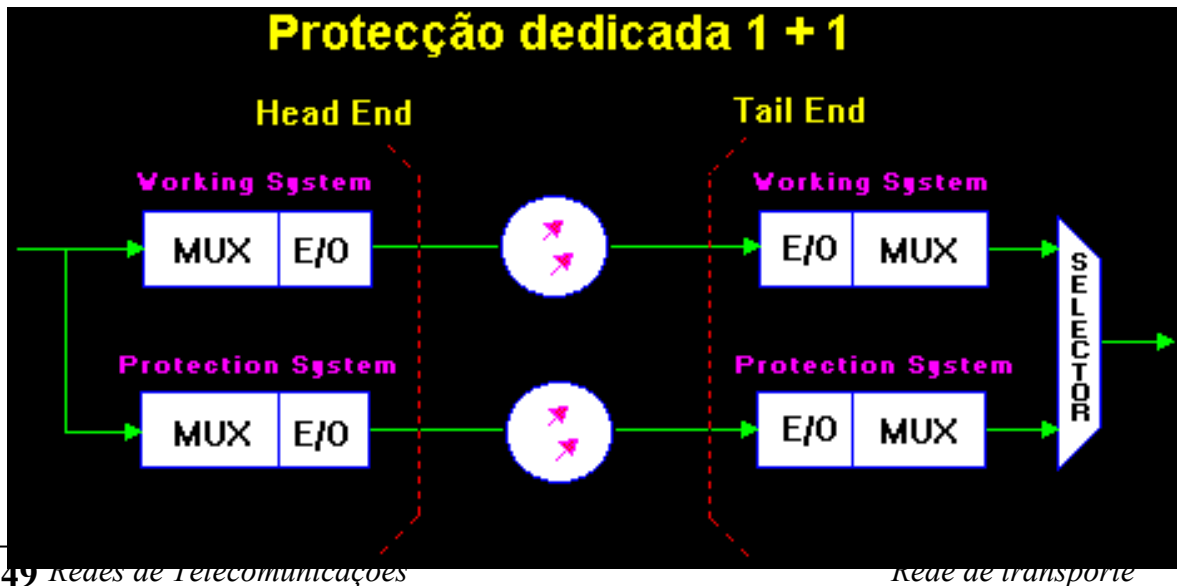
- constituída apenas por multiplexadores terminais de linha em cada extremidade;
- utilizada em ligações específicas entre nós de comutação ou acesso de grandes utilizadores.



Sobrevivência em redes SDH

Protecção dedicada 1+1

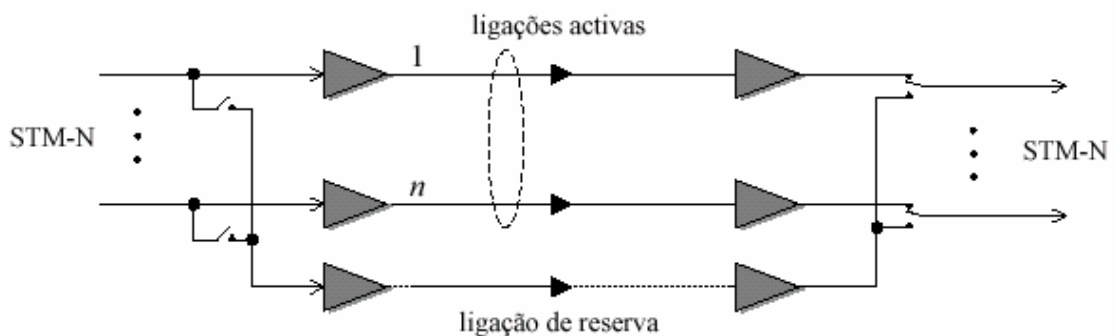
- existe um sistema de reserva para cada sistema activo;
- tráfego enviado simultaneamente pelo sistema activo e de reserva
- exige apenas comutação do lado da recepção



Sobrevivência em redes SDH

Protecção partilhada

- o nº de sistemas de reserva é inferior ao número de sistemas activos
- o tráfego é enviado pelo sistema de reserva quando ocorrem defeitos ou falhas
- em caso de falha é possível que não esteja disponível nenhum sistema de reserva.

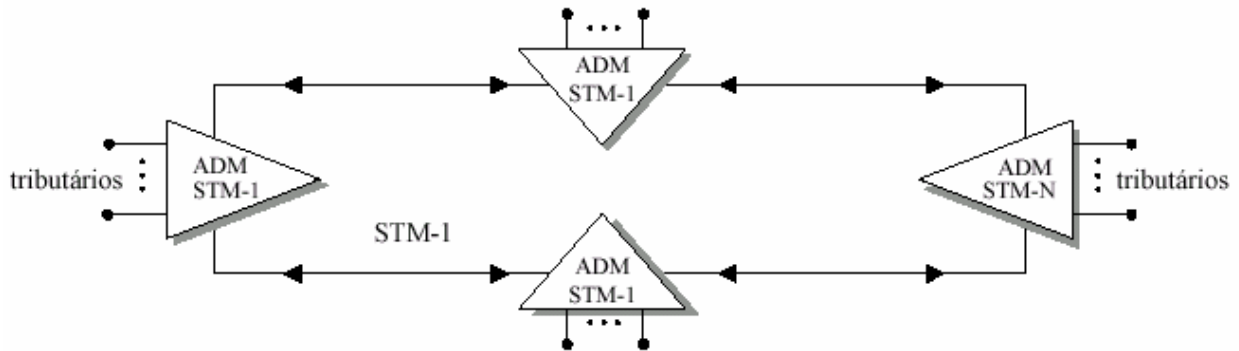


Sobrevivência em redes SDH

Topologia em anel

-ligação de ADMs em cadeia fechada

-utilizada para a agregação/distribuição de tráfego em redes urbanas/regionais

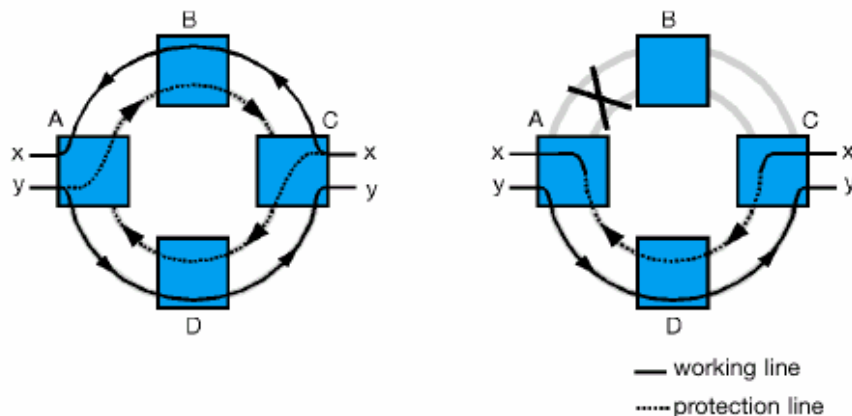


Sobrevivência em redes SDH

Anel unidireccional

-tráfego enviado simultaneamente por um anel de reserva

-em caso de falha comuta-se a recepção para o anel de reserva



Proteção de anel bidireccional

- transmissão bidireccional em dois anéis com uma reserva de banda de 50%
- em caso de falha constroi-se um único anel.

