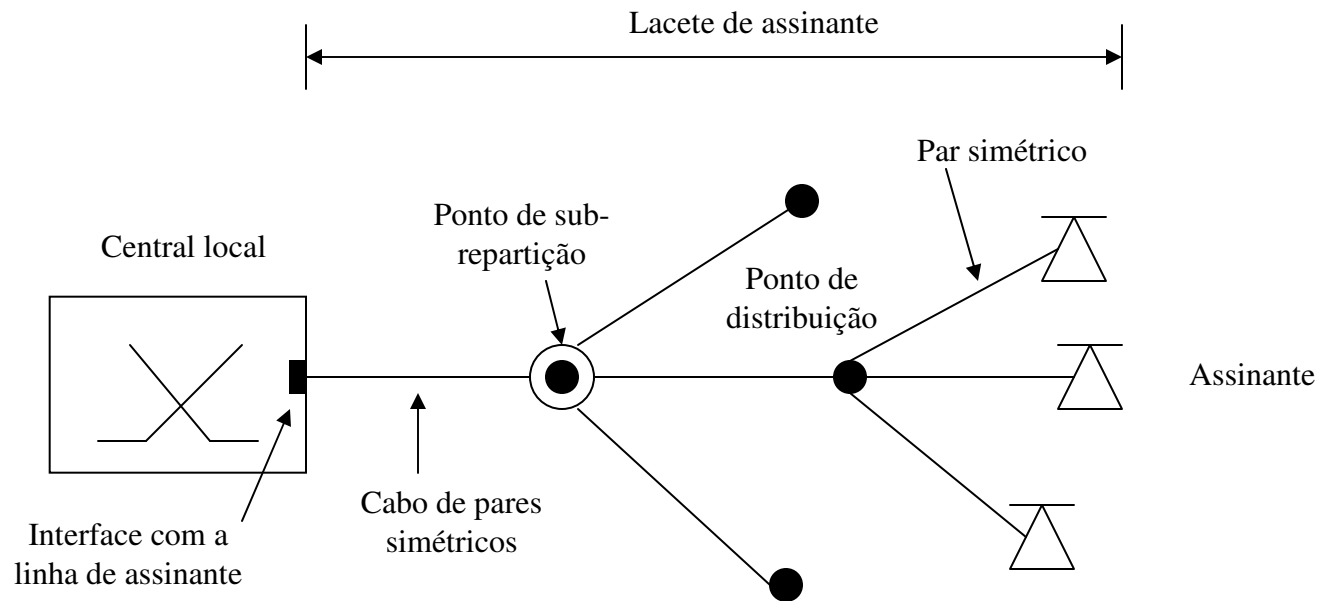


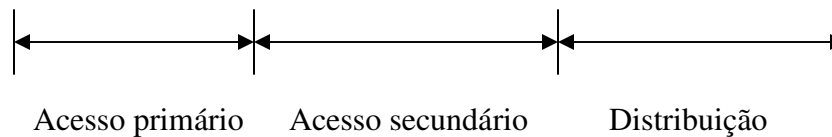
Aspectos da infraestrutura das redes telefónicas

- Rede de acesso -



Características de transmissão dos pares simétricos:

- Distorção de amplitude - Pupinização;
- Distorção de fase (não é relevante);
- Atenuação máxima admissível no lacete de assinante: 8 dB (@ 1 KHz).



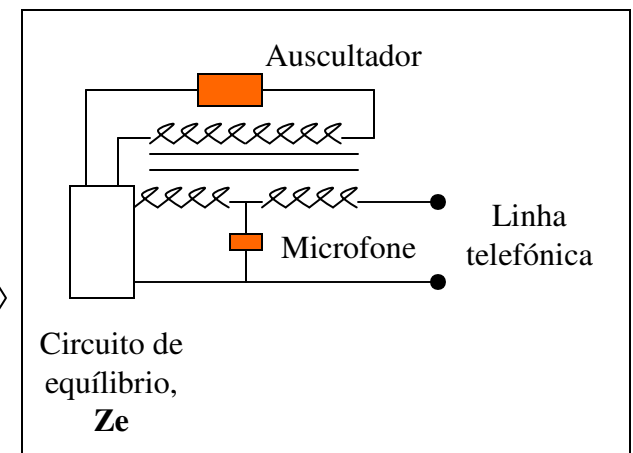
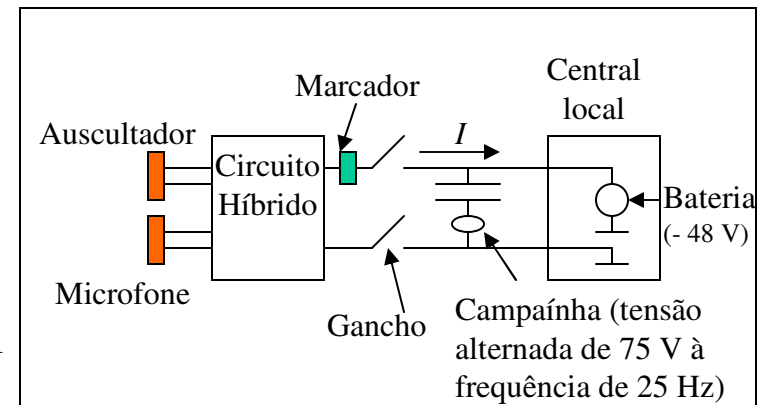
Outra **alternativa** possível para a rede de acesso é a colocação de Unidades Remotas (UR) próximas de grupos concentrados de assinantes.

Aspectos da infraestrutura das redes telefónicas

- Equipamento terminal de assinante -

- Exemplos de equipamento terminal:
 - Telefones residenciais, cabines públicas;
- Características gerais do equipamento telefónico:
 - É alimentado por uma bateria situada na central local;
 - Valores típicos para as correntes que percorrem o lacete: 20 - 100 mA;
 - Dispositivo regulador que garante que a corrente que percorre o microfone é independente do comprimento do lacete do assinante;
 - Circuito híbrido: conversão de 4 fios (auscultador + microfone) para 2 fios, porque no lacete do assinante os sinais correspondentes à emissão e recepção viajam no mesmo par de fios.

• Adaptação de impedâncias
• Isolar o microfone do auscultador



Aspectos da infraestrutura das redes telefónicas

- Equipamento terminal da central local -

- Funções de uma central local digital que serve lacetes de assinante analógicos:
 - **Alimentação da linha:**
 - Bateria central com uma tensão contínua de - 48 V;
 - **Protecção contra sobretensões:**
 - Originadas por exemplo por descargas atmosféricas;
 - **Toque da campainha:**
 - Tensão alternada de 75 V a 25 Hz;
 - **Supervisão:**
 - Análise do estado do lacete de assinante, detectando a presença ou ausência do fluxo de corrente contínua nesse lacete;
 - **Codificação:**
 - Funções A/D e D/A;
 - **Circuito híbrido:**
 - Responsável pela conversão de 2 para 4 fios e vice-versa;
 - **Teste:**
 - Detecção de possíveis falhas e manutenção.

Estas funções são implementadas num circuito designado por Interface de linha de assinante (ILA)

Aspectos da infraestrutura das redes telefónicas

- Circuitos de 2 e 4 fios -

- Na rede de acesso usa-se a transmissão a dois fios (razões económicas);
- Para distâncias superiores a 50 Km é necessário separar fisicamente as duas direcções de transmissão, porque:
 - existe a necessidade de amplificação do sinal e tanto os amplificadores como os regeneradores são dispositivos unidireccionais;
 - é mais económico, visto que muitas das chamadas telefónicas de longa distância são multiplexadas no tempo (TDM) e essa técnica requer que os sinais nas duas direcções sejam enviados em *time-slots* distintos;
 - a comutação digital é feita a 4 fios.

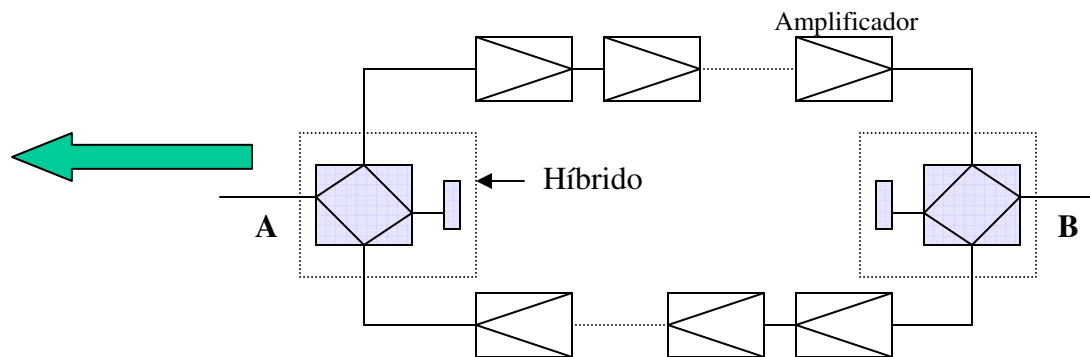
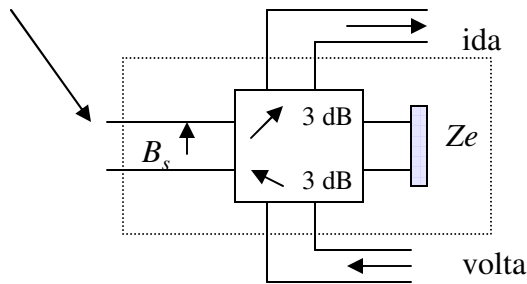
Aspectos da infraestrutura das redes telefónicas

- Circuitos de 2 e 4 fios (cont.) -

- Surge assim a necessidade de um **circuito híbrido** para a conversão de 2 para 4 fios e vice-versa;
- Características do circuito híbrido:
 - Teóricamente a atenuação B_s devia ser infinita. Na prática isto não se verifica

• “Singing”
• Ecos

B_s é a parcela de atenuação atribuível à desadaptação de impedâncias da linha Z e da malha de adaptação Z_e .



O híbrido pode comportar-se como um oscilador se:

- a atenuação do anel, A_a , apresentar um valor negativo, i.e. se a malha apresentar ganho;
- o sinal reflectido depois de uma volta completa na malha estiver em fase com o sinal principal.

Fenómeno “Singing”

Parâmetros importantes:

- Atenuação total entre os pontos **A** e **B** a dois fios: $A_2 = 6 - G$ dB (G é o ganho de um dos lados do circuito a 4 fios);
- Atenuação do anel: $A_a = 2 (A_2 + B_s)$ dB.

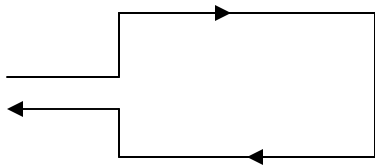
Para se evitar esta situação $A_a > 6$ dB $\Rightarrow A_2 > 3 - B_s$ dB

Margem de estabilidade

Aspectos da infraestrutura das redes telefónicas

- Origem e tipos de ecos -

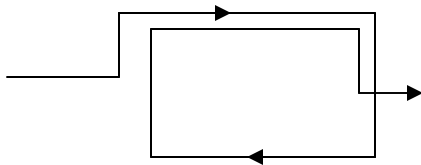
- Origem do eco:
 - Surge do facto da atenuação B_s não ser infinita;
- Dois tipos distintos de ecos:
 - **Eco do falante** (o locutor ouve uma versão atrasada da sua própria voz);



Atenuação: $A_{ef} = 2A_2 + B_s$
Atraso: $\delta T_{ef} = 2(T_2 + T_4)$

Para atrasos superiores a 40 ms o eco do falante constitui uma perturbação séria.

- **Eco do ouvinte** (o ouvinte ouve uma versão atrasada da voz do locutor);



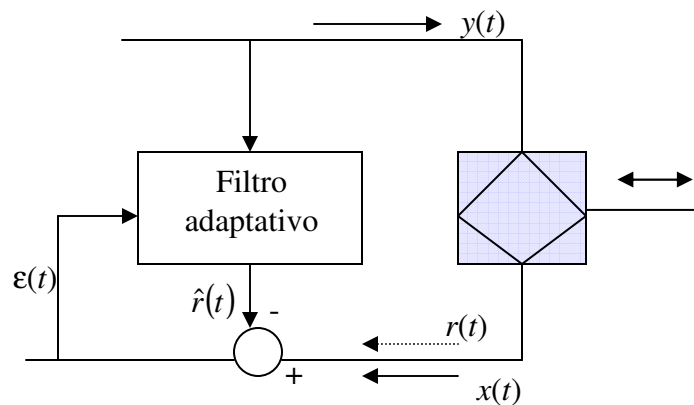
Atenuação: $A_{eo} = 2(A_2 + B_s)$
Atraso: $\delta T_{ef} = 2T_4$

Sofre uma atenuação maior que o eco do falante.

Aspectos da infraestrutura das redes telefónicas

- Controlo do eco -

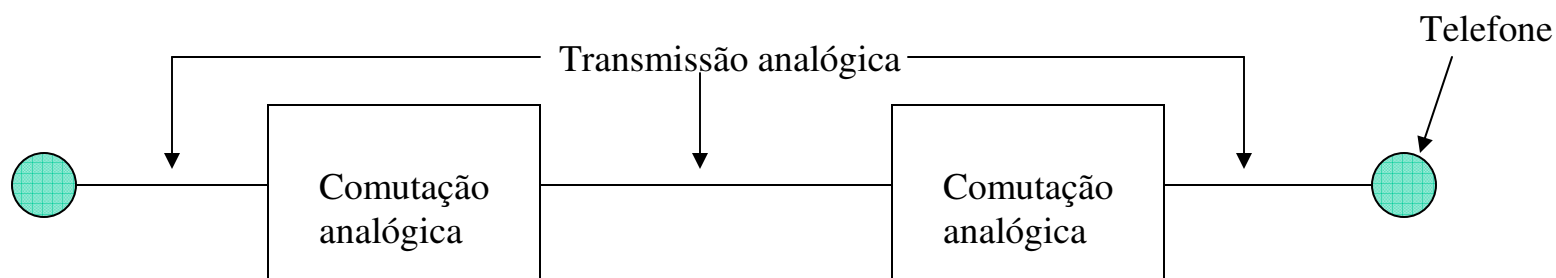
- Os efeitos do eco podem ser reduzidos se se aumentar a atenuação do percurso A_2 :
 - não funciona para ligações com comprimentos elevados;
- Solução:
 - **Supressores de eco:**
 - A ideia é interromper um sentido da transmissão logo que um detector de nível de voz constate a presença de um sinal de voz no outro sentido da transmissão \Rightarrow Ligação *half-duplex*;
 - Surgem problemas quando os interlocutores falam ao mesmo tempo e surjem também problemas na transmissão de dados com esta técnica (pedidos de retransmissão);
 - **Canceladores de eco:**
 - o cancelador de ecos sintetiza uma réplica do eco a partir do sinal $y(t)$;



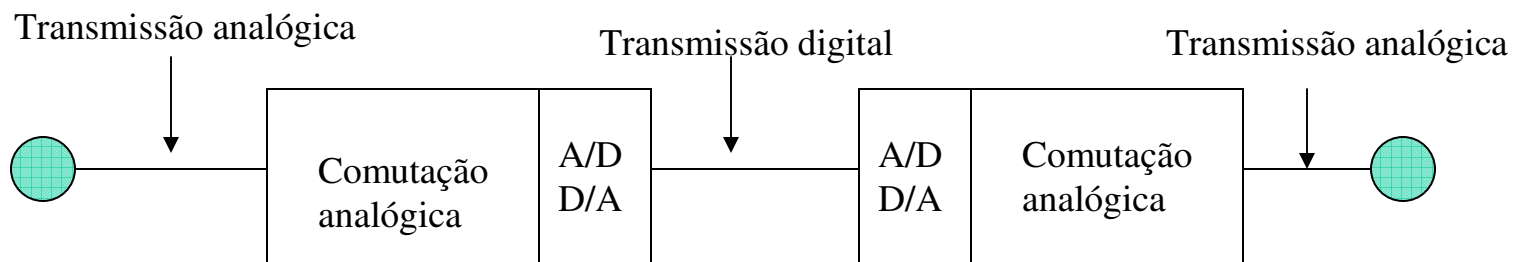
Rede Telefónica Pública Comutada

- Revisitação à sua evolução -

- Rede telefónica analógica



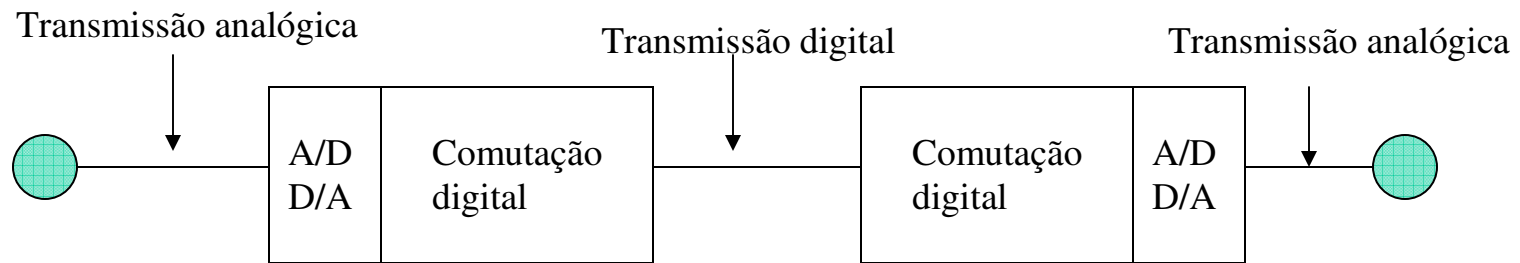
- Rede telefónica híbrida



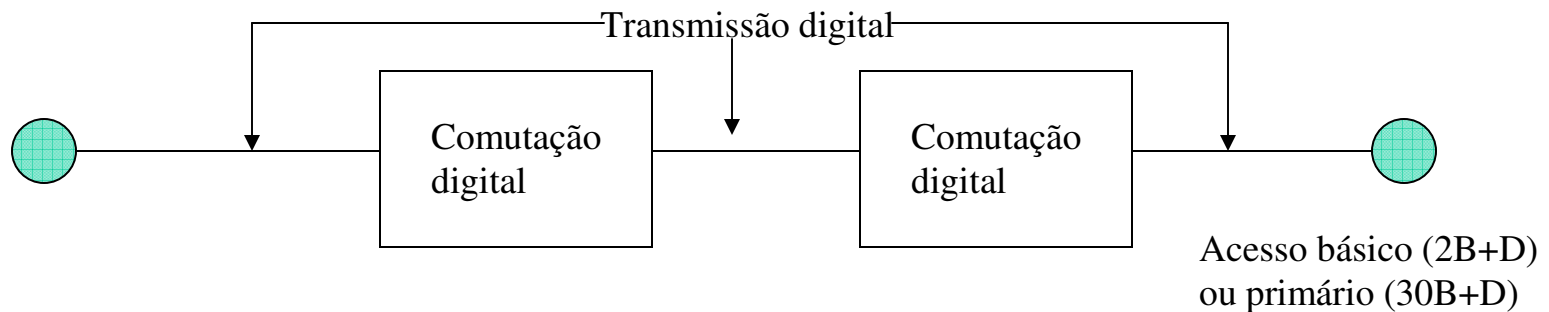
Rede Telefónica Pública Comutada

- (cont.) -

- Rede Digital Integrada (RDI)



- Rede Digital com Integração de Serviços (RDIS)



Aspectos da transmissão digital na rede de acesso

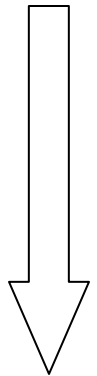
Lacete analógico do assinante

- **Modems:**
 - Transmissão de dados usando modems através das técnicas de modulação (e.g. FSK, PSK e QAM (para débitos mais elevados)) - 56 Kbps (ritmo máximo);
 - Nota: a bidireccionalidade numa ligação a dois fios é atingida usando FDM (ritmos baixos) ou o cancelamento de ecos.

Novos serviços, e.g. video a pedido, videoconferência, consulta a base de dados.

Lacete digital do assinante

- **DSL (*Digital Subscriber Loop*)**
 - Rede Digital com Integração de Serviços (**RDIS**) - 144 kbit/s (acesso básico);
 - **ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Loop*)**; 1.5 - 8 Mbit/s (*download*), 9.6 - 640 Kbps (upload) + canal de voz;
- **Redes híbridas fibra-coaxial** (solução adoptada pela TV Cabo Portugal);
- **FTTC (Fiber-To-The-Curb)**, colocar a fibra até um armário exterior às instalações do assinante (i.e. até ao quarteirão), ligando em seguida este armário ao assinante usando o cobre - custo aceitável;
- **FTTH (Fiber-To-The-Home)**, colocar a fibra directamente até à instalação do assinante - custo elevado.
 - É baseada numa arquitectura em estrela.



Rede Digital com Integração de Serviços (RDIS)

(Revisitação às suas características)

- Possibilidade de implementação de uma larga gama de serviços de voz, dados, texto e imagens;
- Suporte de vários modos de transferência da informação (comutação de circuitos e pacotes);
- Compatibilidade com o ritmo de comutação básico de 64 kbit/s das centrais digitais actuais;
- Utilização de uma arquitectura de protocolos de acordo com o modelo de referência OSI.

Porquê este ritmo ?

Rede Digital com Integração de Serviços

-Interfaces de acesso do utilizador-

(Revisitação)

- Tipos de canais disponíveis na RDIS (acesso básico):
 - canal B - 64 kbit/s - estas ligações podem utilizar a comutação de circuito e de pacote;
 - canal D - 16 kbit/s - transporte de sinalização associada aos canais B; nos tempos mortos pode ser usado para dados dos utentes em modo pacote;
 - canal H - 384, 1536 ou 1920 kbit/s.
- Estes canais são agrupados segundo dois tipos de acesso que são oferecidos ao utente:
 - acesso básico (2B+D) - Esta configuração corresponde a um débito total de 160 kbit/s, incluindo a sincronização e o cabeçalho da trama;
 - Acesso primário - oferece duas configurações relacionadas com as hierarquias de transmissão digital - Europa usa 2048 kbit/s (30B+D) e os EUA, Canadá e Japão usam 1544 kbit/s (23B +D) - Portadora T1.

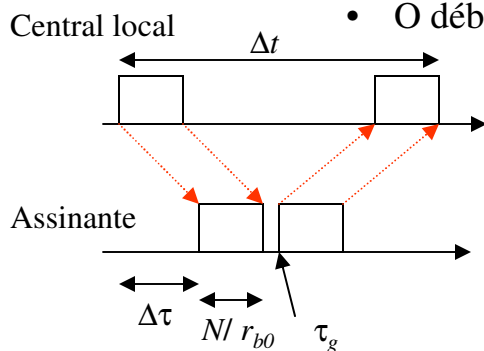
Problemas a resolver para o acesso básico:

- Bidireccionalidade numa ligação a 2 fios ?
- Ritmo binário de 160 kbit/s no par simétrico ?

Rede Digital com Integração de Serviços

- Ligação *full-duplex* numa ligação a 2 fios -

- Técnicas que garantem a bidireccionalidade:
 - TCM (Time Compressed Multiplexing) ou Pingue-Pongue:
 - a ideia subjacente é separar no tempo as direcções de transmissão, i.e. transmissão alternada de blocos de informação num sentido e no outro sobre um único par simétrico;
 - O débito binário resultante é maior que o dobro do ritmo binário da sequência:



$$r_{b0} = \frac{2r_b}{1 - \frac{2}{\Delta t}(\Delta\tau + \tau_g)}$$

- r_b : ritmo binário da sequência;
- $\Delta t = N / r_b$;
- $\Delta\tau$: tempo de propagação;
- τ_g : tempo de guarda.

Desvantagem: r_{b0} é da ordem dos 400 kbit/s \Rightarrow Comprimentos máximos de 2 a 3 Km

- Cancelamento de eco:
 - é baseada na transmissão bidireccional simultânea a 2 fios com cancelamento automático do eco recebido;
 - esta tecnologia ainda que mais complexa permite comprimentos da ordem dos 6 a 7 km.

Rede Digital com Integração de Serviços

- Ritmo binário de 160 kbit/s -

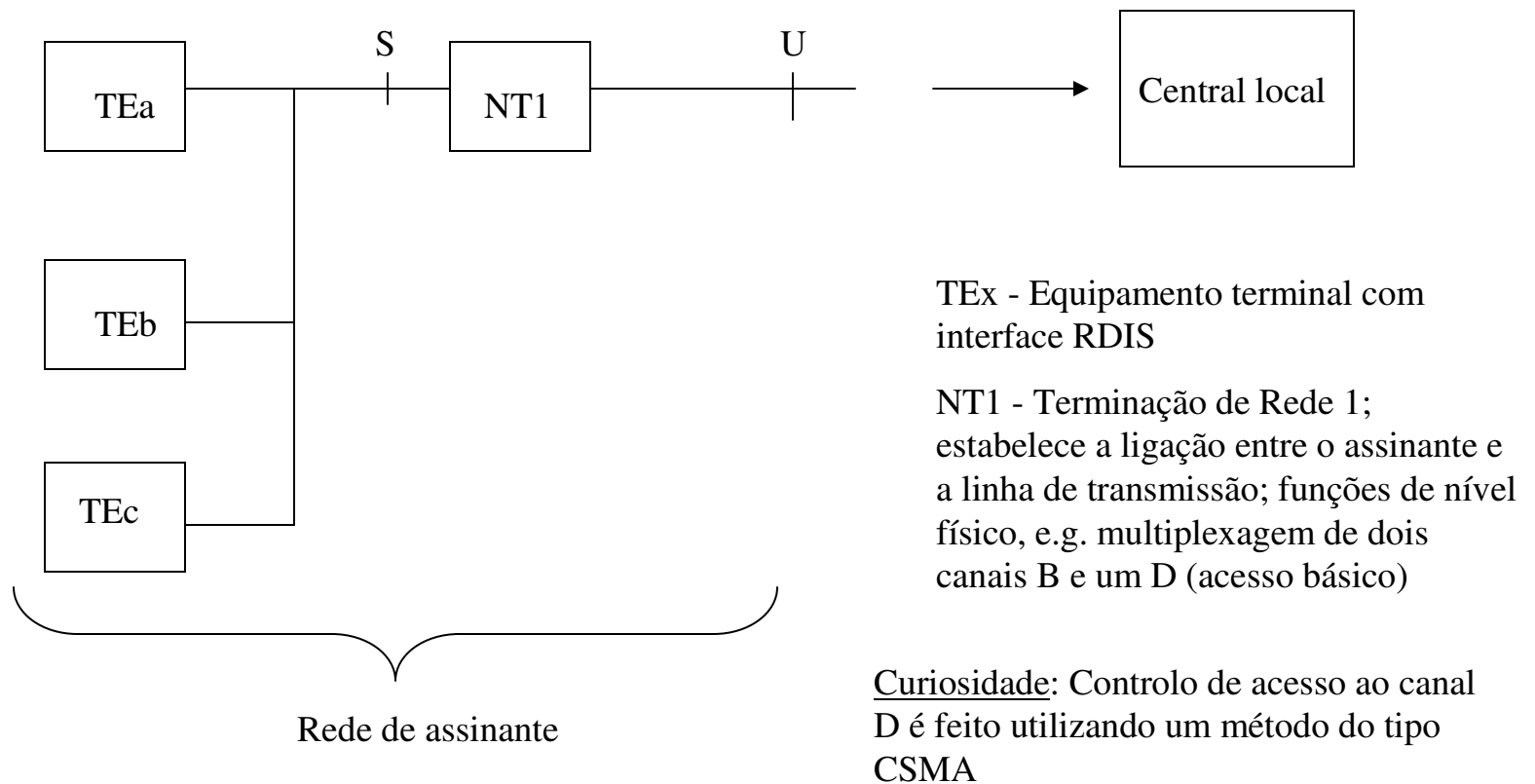
- Códigos de linha:
 - Procura-se escolher códigos que conduzam a um débito de símbolo inferior ao débito binário;
 - Exemplo: **2B1Q** onde 2 bits são convertidos num símbolo quaternário segundo a regra de codificação apresentada na seguinte tabela:

Palavra binária	Palavra quaternária
00	-3
01	-1
10	3
11	1

- No contexto da Transmissão Digital este código de linha é denominado **4-PAM**, isto é, é um sinal digital com símbolos quaternários (e com formatação de Nyquist)
- Para um débito de 160 kbit/s tem-se um ritmo de símbolo de 80 kBaud o que implica uma largura de banda mínima do canal de 40 kHz.

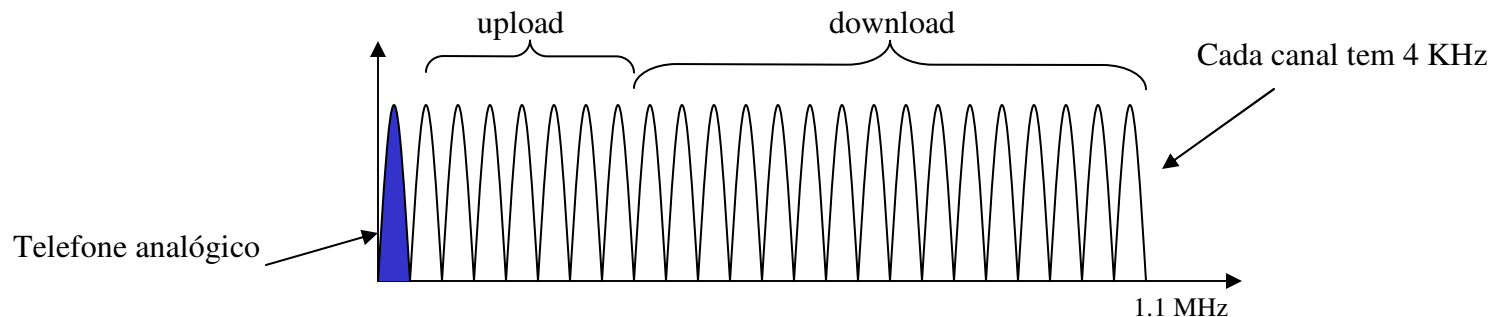
Rede Digital com Integração de Serviços (RDIS)

- Modelo entre o terminal de assinante e a central local – (Revisitação)

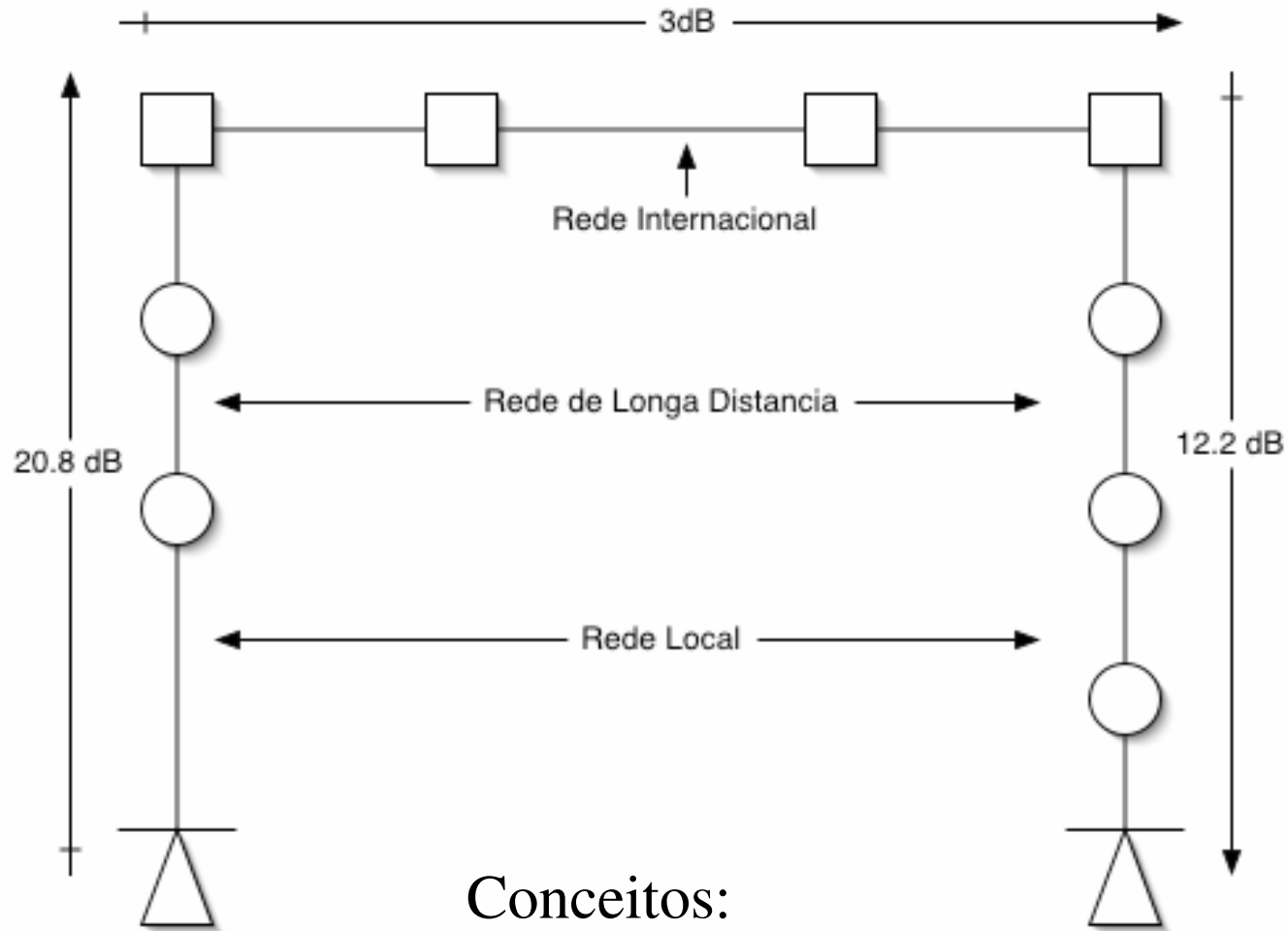


ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Loop*)

- Proporciona a transferência de informação de modo assimétrico, i.e:
 - da central para o assinante têm-se um débito binário situado entre os 1.5 - 8 Mbit/s;
 - do assinante para a central o ritmo binário está situado entre os 9.6 - 640 kbit/s;
- Utiliza a tecnologia DMT (*Discrete MultiTone*)
 - divide a banda de frequências de 64 kHz até 1.1 MHz em 256 canais de 4 kHz;
 - cada canal é tratado de modo independente;
 - utiliza os canais que apresentarem uma relação sinal-ruído maior;
 - utiliza a modulação M-QAM.



QoS rede telefónica : Equivalente de Referência (ITU-T)

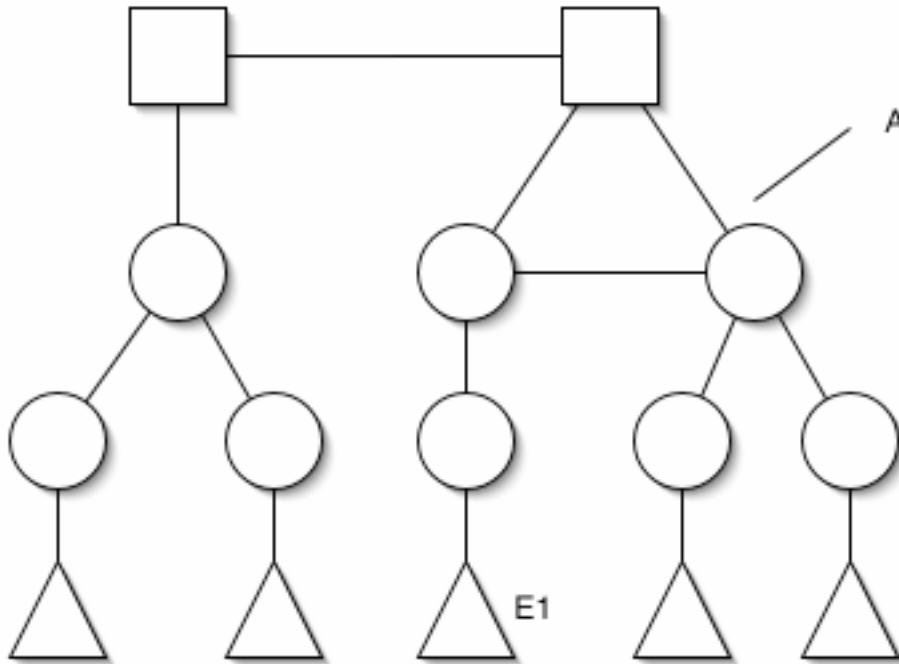


Conceitos:

Ponto de nível de transmissão (PNT)

Ponto de nível zero de transmissão PNT0

Aplicação prática: Plano de transmissão



Atenuação rede 4 fios: $A=3$ dB

Atenuação comutação: desprezável

Atenuação rede 2 fios : $A_{\max}=3$ dB

Equivalente de Referência de Recepção
 $ERR = 3.2$ dB

Equivalente de Referência de Emissão
 $ERE = 11.8$ dB

Calcular:

Atenuação nominal entre centrais numa ligação de longa distância (máxima e mínima)

- Equivalentes de Referência para o caso anterior (máximo e mínimo)
- Emissor E1: O valor do nível de transmissão no ponto A no caso de 2 troncos
O valor de potência no ponto A no caso de 2 troncas, CL's próximas e 3 dBm0