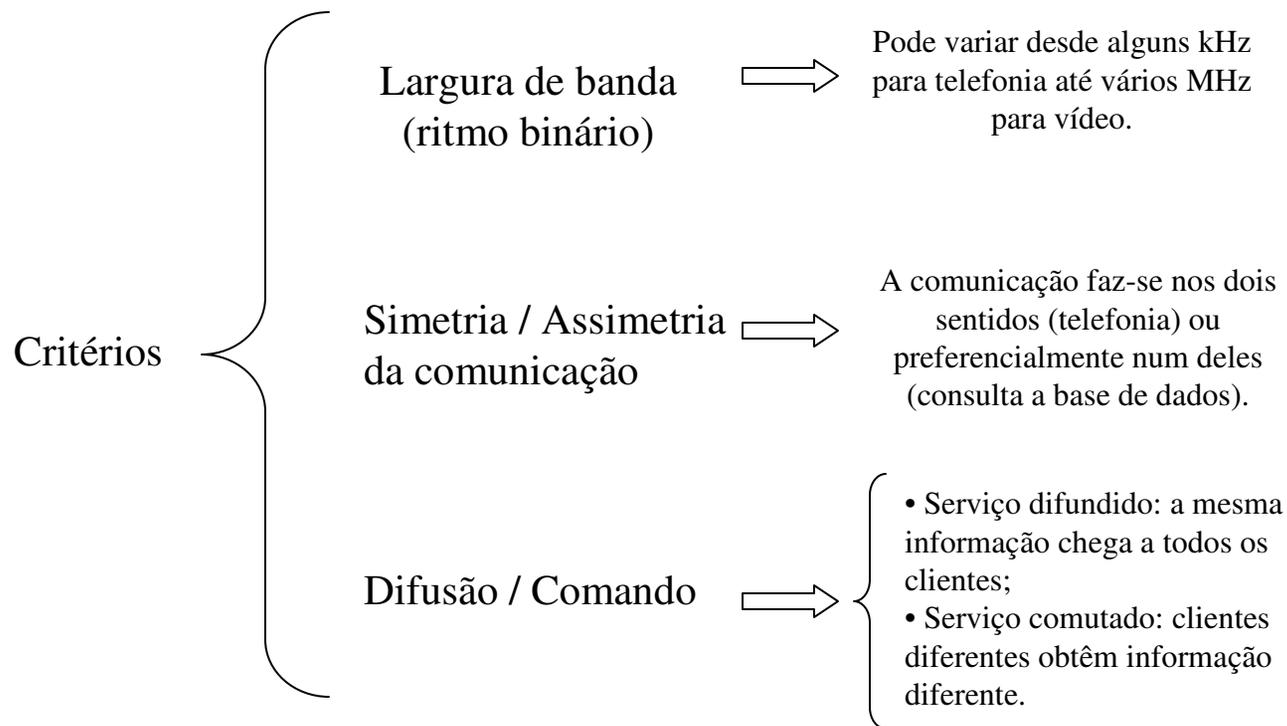


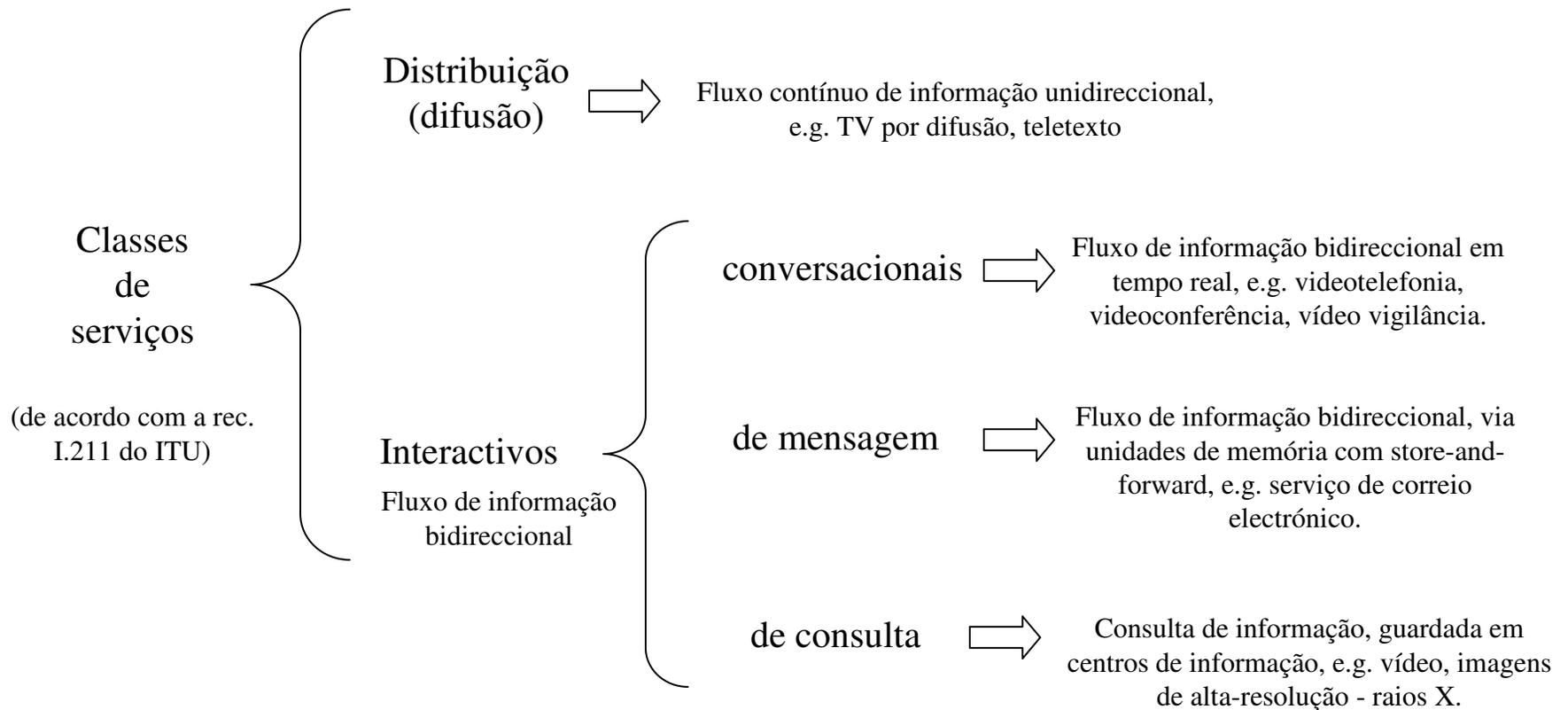
Classificação dos serviços

- Quanto às exigências feitas às redes -



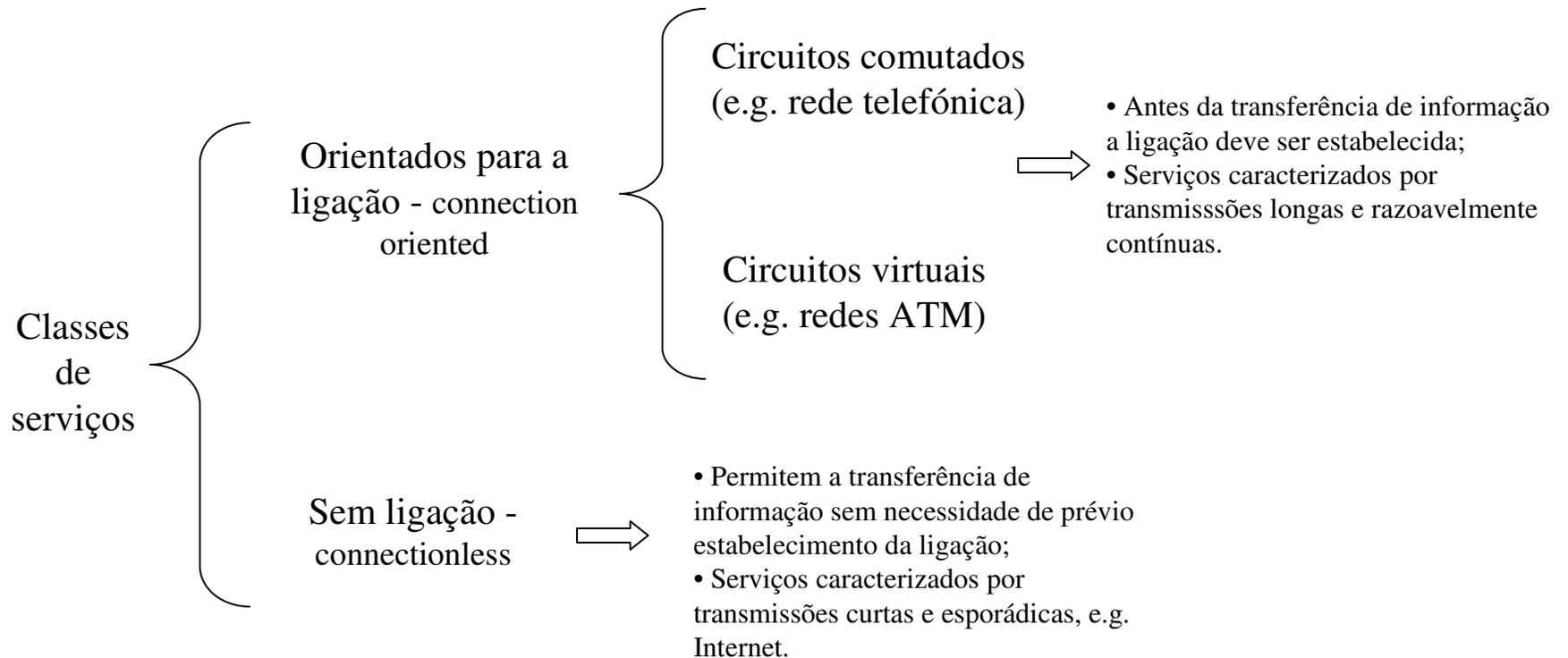
Os serviços de telecomunicações

- Quanto às direcções de transferência de informação -



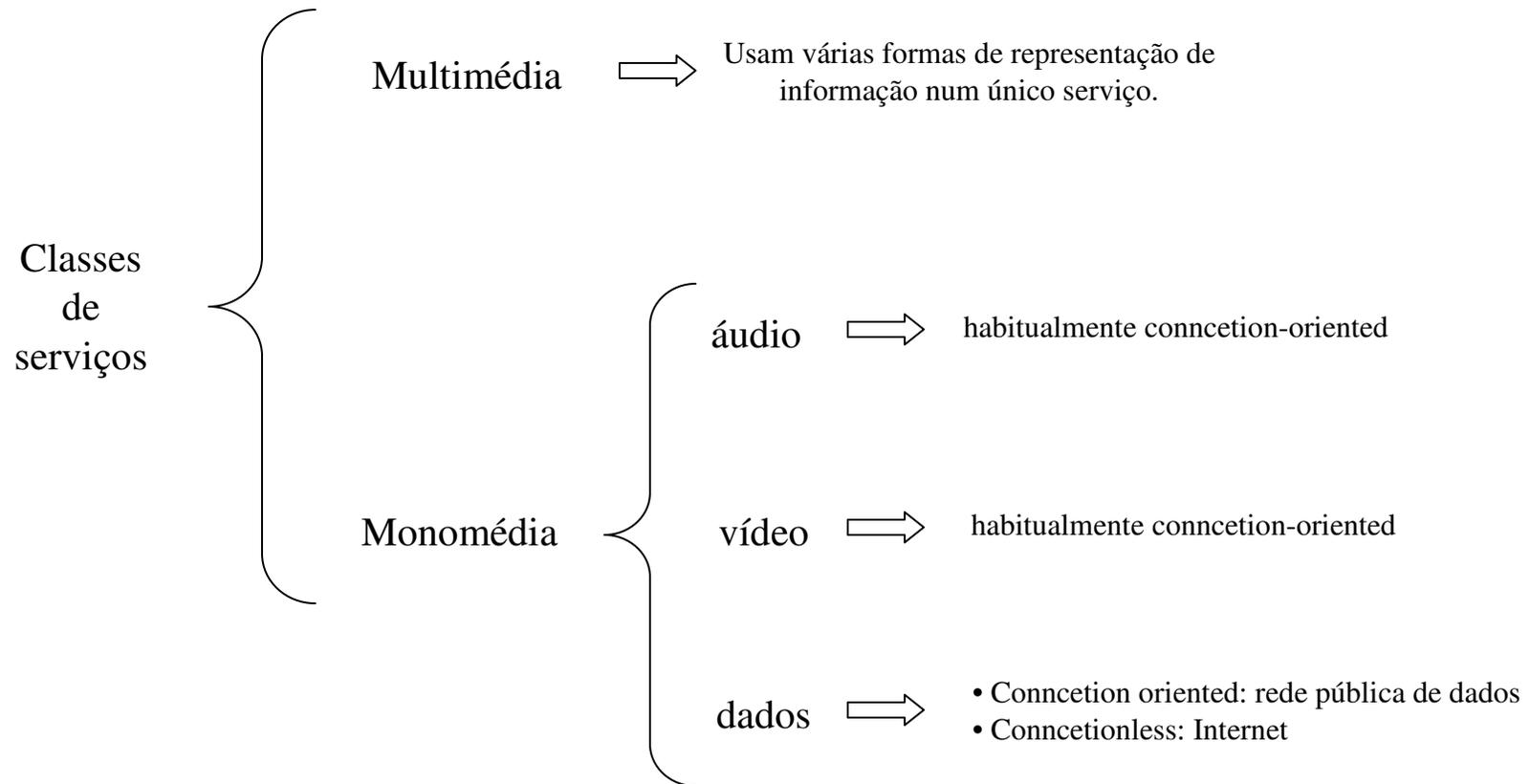
Classificação dos serviços

- Quanto ao tipo de ligação assegurado pela rede -

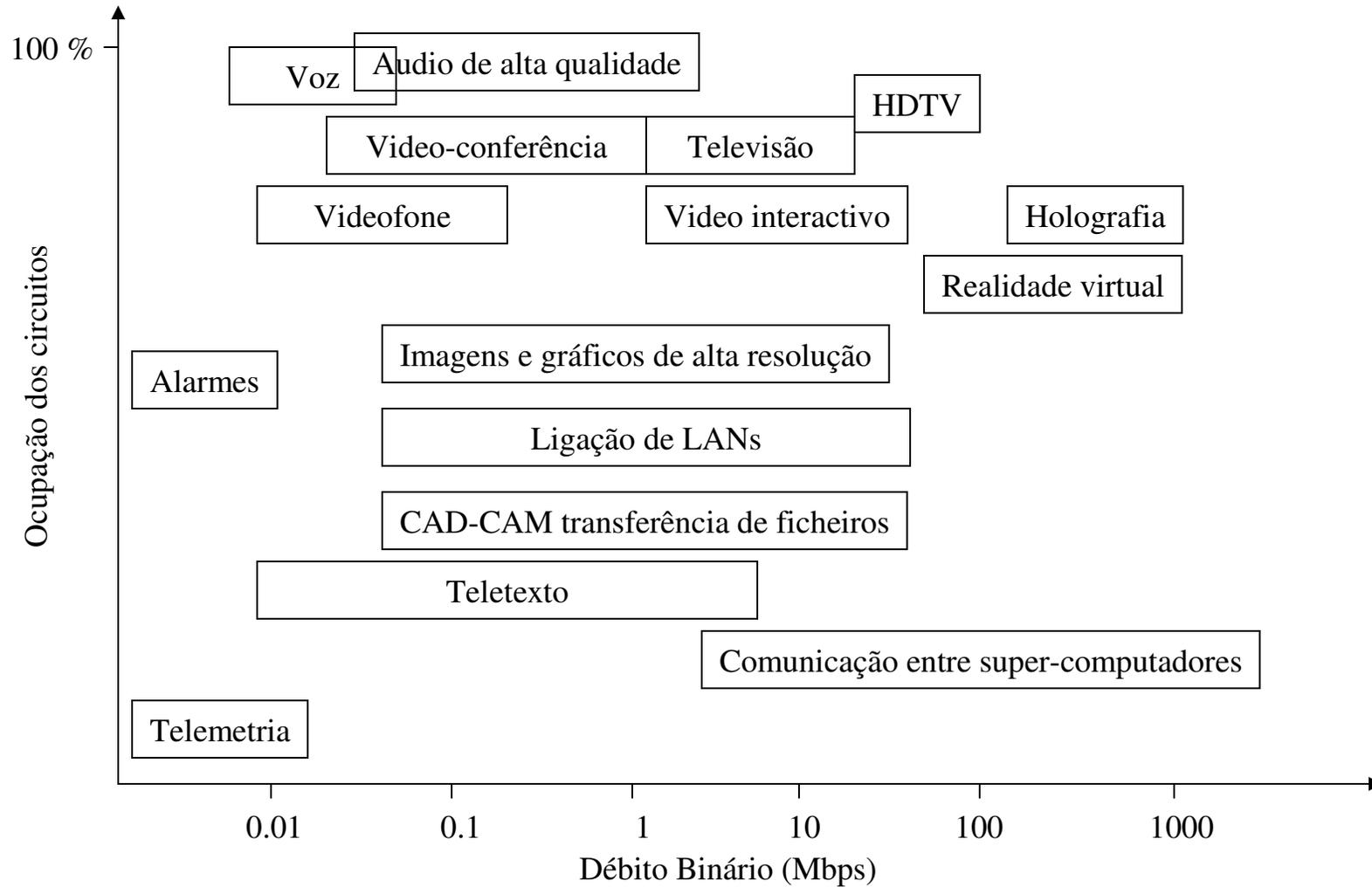


Classificação dos serviços

- Quanto às formas de representação da informação -



Exigências dos diferentes serviços de telecomunicações (revisitação)



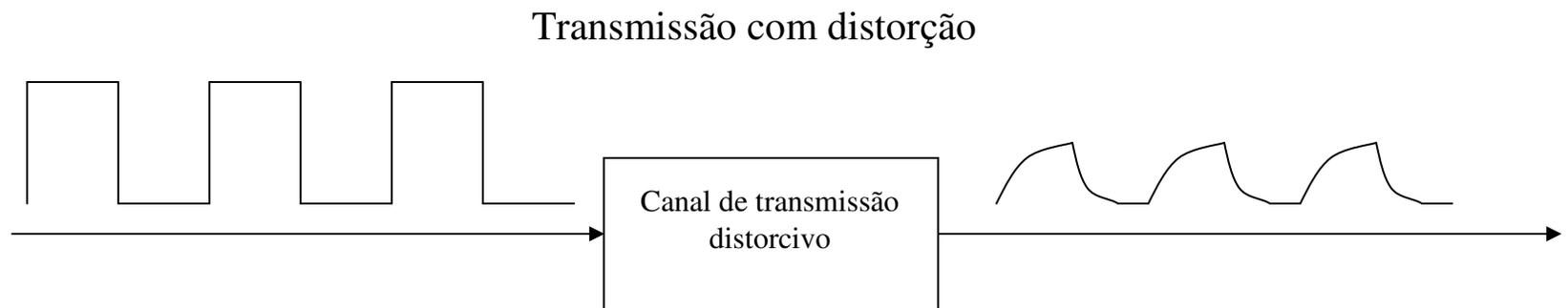
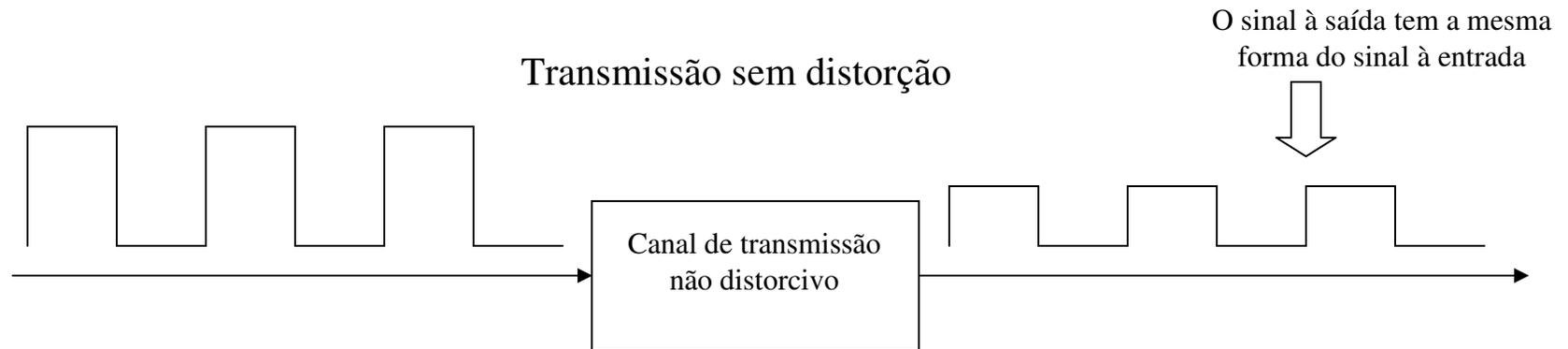
Meios de transmissão guiados

- Pares simétricos - dois fios metálicos isolados e entrelaçados:
 - usados na rede telefónica local, em LANs;
 - largura de banda \approx MHz (sem pupinização, i.e. carga);
 - sujeitos a diafonia.
- Cabo coaxial - dois condutores concêntricos:
 - usado nas redes híbridas e de dados;
 - largura de banda até centenas de MHz.
- Fibra óptica:
 - usado em “backbones” e alguns acessos locais (e.g. FTTH, FTTC);
 - largura de banda muito elevada \approx 50 THz;
 - muito baixa atenuação, 0.2 dB/Km em 1550 nm.

Características gerais dos meios de transmissão guiados

- Dissipação de potência internamente que reduz a amplitude do sinal à saída \Rightarrow **atenuação** do sinal
 - atenuação = P_{in} / P_{out} ; $P_{out} = 10^{-(\alpha l/10)} P_{in}$
 - para linhas de transmissão a potência à saída decresce exponencialmente com a distância, em que l é comprimento da linha e α o coeficiente de atenuação por unidade de comprimento.
- Armazenamento de energia que altera a forma do sinal à saída \Rightarrow **distorção** do sinal;
- Introdução (geralmente, adição) de sinais indesejáveis sobrepostos ao sinal que se pretende transmitir \Rightarrow **ruído** (e.g. ruído térmico).

Transmissão sem distorção e com distorção



Transmissão sem distorção

- Análise no domínio do tempo:
 - dado um sinal na entrada $x(t)$ diz-se que a saída $y(t)$ não está distorcida se ela diferir da entrada somente através da multiplicação de uma constante e de um tempo de atraso finito, t_d :

$$y(t) = Kx(t - t_d) \quad (K \text{ e } t_d \text{ são constantes})$$

- Análise no domínio da frequência:
 - a função de transferência é dada por: $H(f) = K \exp(-j2\pi f t_d)$

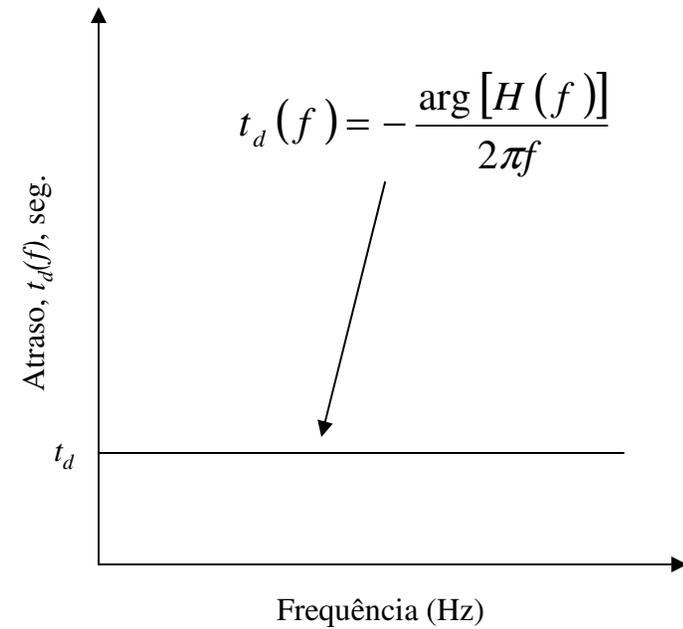
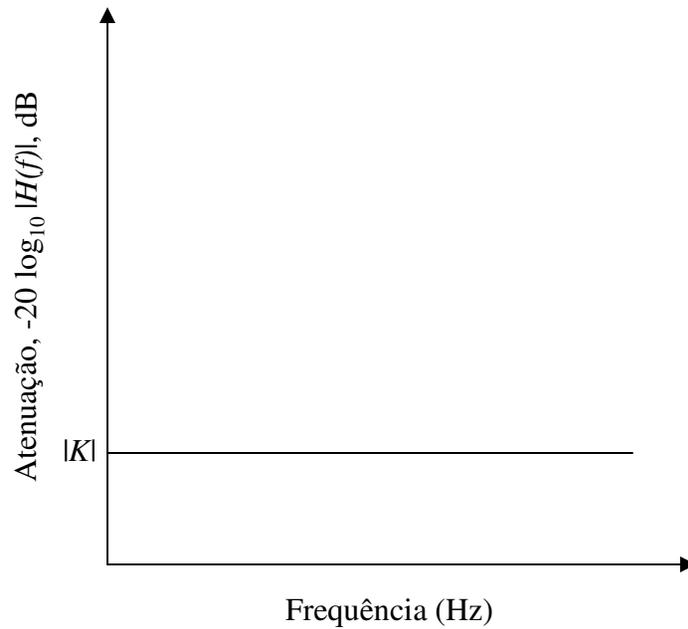
Conclusão:

- Um sistema para não introduzir distorção deve apresentar: $|H(f)| = |K|$ e a fase deve ter uma variação linear em função da frequência -

$$\arg[H(f)] = -2\pi f t_d \pm m\pi \quad (m \text{ é um n}^\circ \text{ inteiro}).$$

Transmissão sem distorção

- Representação gráfica no domínio da frequência -



Tipos de distorção

Distorção linear

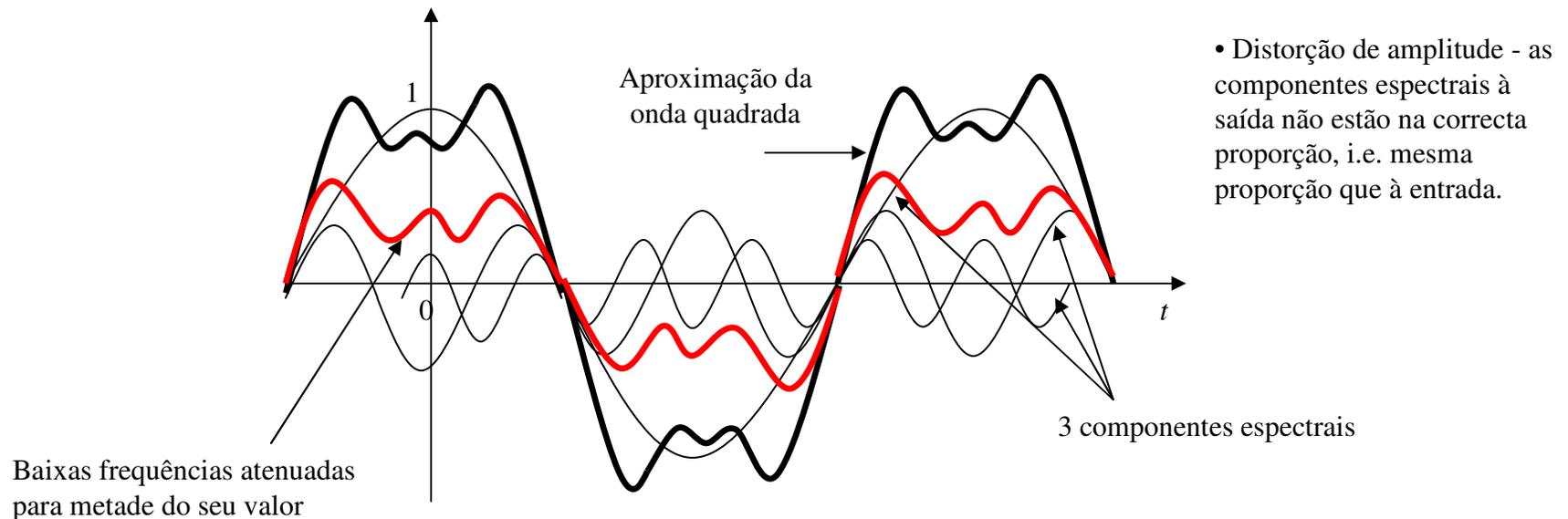
- Distorção de amplitude:
 - ocorre quando o módulo da função de transferência varia com a frequência, i.e. $|H(f)| \neq |K|$;
 - o tipo mais habitual de distorção de amplitude é a atenuação elevada ou ganho elevado nas frequências elevadas ou baixas do espectro do sinal.
- Distorção de fase ou de atraso: $\arg [H (f)] \neq -2 \pi f t_d \pm m \pi$
 - ocorre quando a fase da função de transferência não varia linearmente com a frequência, i.e. ;
 - factor crítico no desempenho da transmissão de pulsos:
 - desenvolvimento de técnicas de Igualação (equalization).
- Distorção não-linear:
 - ocorre quando o sistema inclui elementos não-lineares (e.g. bobinas);
 - geração de componentes espectrais noutras frequências designadas por produtos de intermodulação \Rightarrow **diafonia**.

Exemplos de distorção linear

- Distorção de amplitude -

- Sinal original - aproximação da onda quadrada que inclui os termos até à 5ª harmónica, i.e.

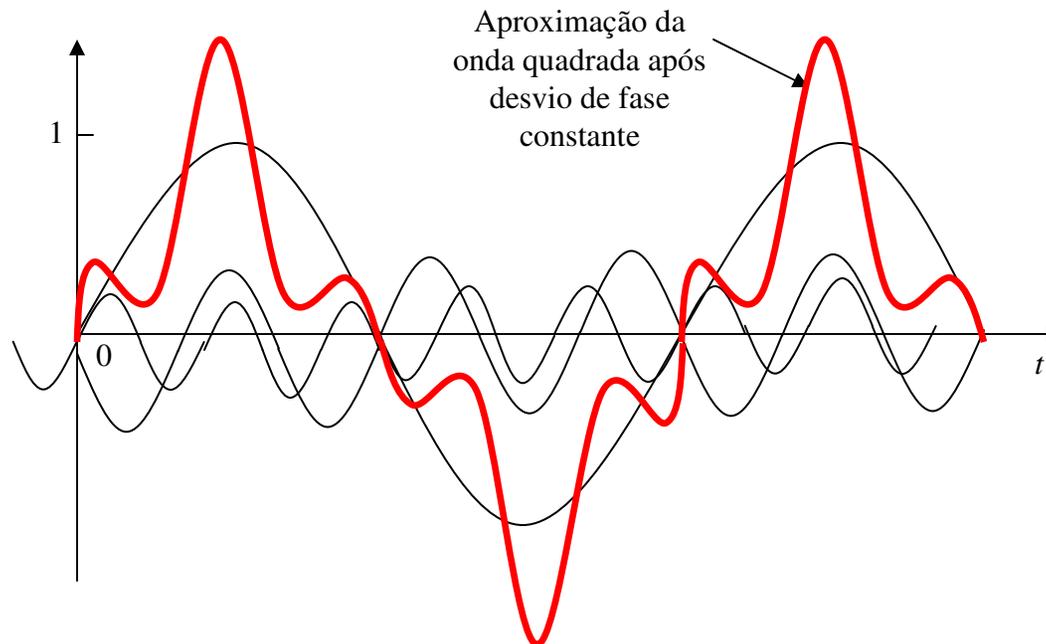
$$x(t) = \cos(2\pi f_0 t) - 1/3 \cos(6\pi f_0 t) + 1/5 \cos(10\pi f_0 t)$$



Exemplos de distorção linear

- Distorção de fase ou de atraso -

- Desvio de fase constante (para todas as componentes espectrais) de $\theta = -\pi/2$:



- Distorção de fase ou de atraso - as várias componentes espectrais sofrem diferentes atrasos.

NOTAS:

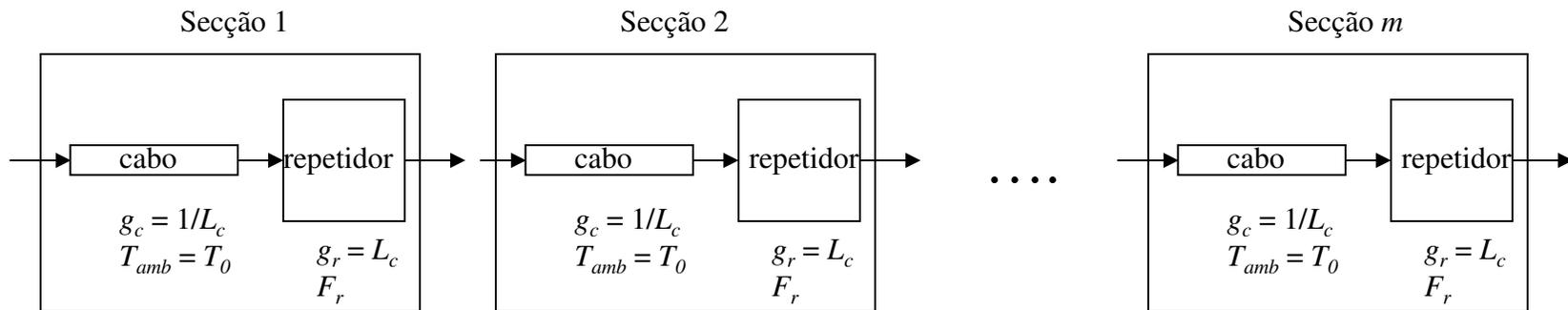
- Reparar que o valor de pico aumentou cerca de 50%.
- Curiosidade: o ouvido humano é insensível à distorção de atraso \Rightarrow a transmissão analógica de voz e música não se preocupa com este fenómeno.
- A distorção de fase é um problema para a transmissão de sinais digitais.

Repetidores

- Factor de ruído -

- Para vencer as perdas dos cabos de transmissão usam-se amplificadores colocados ao longo do percurso designados por repetidores;

$$F_{sist} = \frac{\left(\frac{s}{n}\right)_i}{\left(\frac{s}{n}\right)_o}$$



- Cada secção é constituída por um troço de cabo seguido por um repetidor cujo ganho compensa as perdas do cabo:
 - se o troço estiver à temperatura ambiente de referência, T_0 , e as suas perdas forem L_c então $F_c = L_c$;
 - se o repetidor apresentar um ganho g_r e tiver um factor de ruído $F_r \Rightarrow$ cada secção tem ganho $g_{cr} = g_r/L_c$ e factor de ruído $F_{cr} = L_c F_r$

Repetidores

- Factor de ruído (cont.) -

- O ganho total de m secções em cadeia é: $g_{sist} = g_{cr,1} \cdot g_{cr,2} \cdot g_{cr,3} \cdot \dots \cdot g_{cr,m}$
- Mostra-se que o factor de ruído total de m secções em cadeia vem na forma

$$F_{sist} = F_{cr,1} + \frac{F_{cr,2} - 1}{g_{cr,1}} + \frac{F_{cr,3} - 1}{g_{cr,1}g_{cr,2}} + \dots + \frac{F_{cr,m} - 1}{g_{cr,1}g_{cr,2}\dots g_{cr,m-1}}$$

- Se o ganho e factor de ruído de todas as secções forem iguais:
 - o ganho total de m secções em cadeia é $g_{sist} = g_{cr}^m$
 - o factor de ruído total de m secções em cadeia é pois

$$F_{sist} = 1 + \sum_{k=1}^m \frac{F_{cr} - 1}{g_{cr}^{k-1}} = 1 + (F_{cr} - 1) \frac{1 - g_{cr}^{-m}}{1 - g_{cr}^{-1}}$$

Lembre - se que

$$\sum_{k=0}^n r^k = \frac{1 - r^{n+1}}{1 - r}$$

que pode ser usado em

$$\sum_{k=0}^{m-1} \left(\frac{1}{g_{cr}}\right)^{(k+1)-1} = \frac{1 - \left(\frac{1}{g_{cr}}\right)^{(m-1)+1}}{1 - \left(\frac{1}{g_{cr}}\right)}$$

- Se o ganho de todas as secções for 1, i.e. os amplificadores compensam exactamente as perdas, e o factor de ruído de todas as secções for igual:
 - o ganho total de m secções em cadeia é $g_{sist} = 1$
 - o factor de ruído total de m secções em cadeia é

$$F_{sist} = 1 + \sum_{k=1}^m \frac{F_{cr} - 1}{1} = 1 + m(F_{cr} - 1) = mF_{cr} - (m - 1) \approx mF_{cr} = mL_c F_r$$

válido para $F_{cr} \gg 1 \Rightarrow L_c \gg 1$

Conclusão: Duplicar o nº de repetidores aumenta o factor de ruído total de 3 dB

Repetidores

- Relação sinal-ruído -

- Sabendo-se da Termodinâmica que a densidade espectral de potência (DEP) do ruído é $S_n=KT_0$, a potência de ruído à entrada do sistema, à temperatura ambiente de referência é:

$$n_i = (KT_0)B_N$$

- Relação sinal-ruído à saída do sistema, à temperatura ambiente de referência:

$$\left(\frac{s}{n}\right)_0 = \left(\frac{s}{n}\right)_i / F_{sist} \Rightarrow \left(\frac{s}{n}\right)_0 = \frac{s_i}{KT_0 B_N F_{sist}} \approx \frac{1}{m} \frac{s_i}{KT_0 B_N F_{cr}} = \frac{1}{m} \left(\frac{s}{n}\right)_1$$

$(s/n)_1$ é a relação sinal-ruído à saída da primeira secção (1º repetidor)

- Conclusão:** A relação sinal-ruído vai-se degradando com a transmissão, i.e com o aumento do n^o de secções.