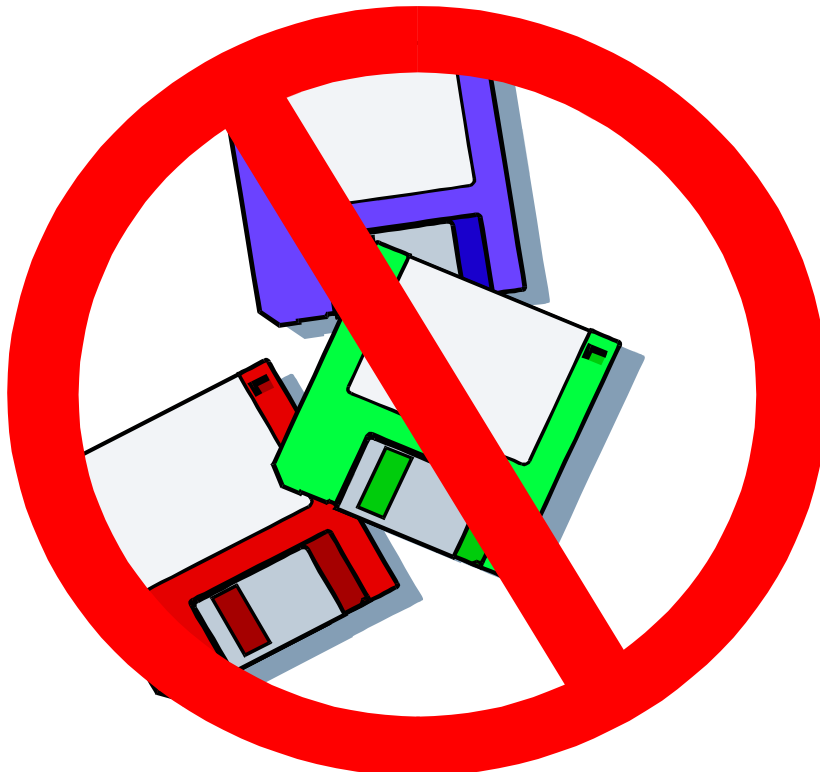


Decibel e Neper

SEL 413 Telecomunicações

Amílcar Careli César
Departamento de Engenharia Elétrica da EESC-USP

Atenção!



- ✓ Este material didático é planejado para servir de apoio às aulas de **SEL-310 E SEL-612: Ondas Eletromagnéticas**, oferecida aos alunos regularmente matriculados no curso de engenharia elétrica e engenharia de computação.
- ✓ Não são permitidas a reprodução e/ou comercialização do material.
- ✓ solicitar autorização ao docente para qualquer tipo de uso distinto daquele para o qual foi planejado.

Constante de atenuação (decaimento)

$$F(z) = F_0 \exp(-k_R z)$$

F : Amplitude

k_R : Constante (fator, coeficiente) de decaimento (atenuação) em relação à posição

$$L_F = \ln \left(\frac{F(z)}{F_0} \right) = -k_R z$$

L_F : decaimento logarítmico, adimensional, nome especial: **neper**

$$[L_F] \equiv [-k_R z] = m^{-1} m = 1$$

$$[k_R] = m^{-1}$$

neper (Np)-1

$$L_F = -k_R z = \ln \left(\frac{F(z)}{F_0} \right) \text{ neper (Np)}$$

$$k_R = -\frac{L_F}{z} = -\frac{\ln \left(F(z)/F_0 \right)}{z} \frac{\text{neper}}{m} \text{ (Np / m)}$$

$$\frac{F(z)}{F_0} = \frac{1}{e} \text{ decaimento (logarítmico) é } -1 \text{ Np}$$

$$\frac{F(z)}{F_0} = e \text{ ganho é } 1 \text{ Np}$$

neper (Np)-2

Potência é proporcional à amplitude $\frac{P(z)}{P_0} = \left[\frac{F(z)}{F_0} \right]^2$

$$L_P = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{P(z)}{P_0} \right) = \ln \left(\frac{F(z)}{F_0} \right)$$

L_P : Decaimento logarítmico de potência, **neper (Np)**

$\frac{P(z)}{P_0} = \frac{1}{e^2}$ decaimento (logarítmico) de potência é **-1 Np**

$\frac{F(z)}{F_0} = e^2$ ganho (logarítmico) de potência é **1 Np**

Bel (B) e decibel (dB)

$$R_{dB} = 10 \log(R) \text{ dB}$$

$$R_{dB} = 10 \log(R) \times 10^{-1} \text{ B}$$

$$R_B = \log(R) \text{ B}$$

$$1 \text{ B} = 10 \text{ dB}$$

Definido em 1928 pelo Bell System para quantificar (comparar) redução de níveis de áudio no sistema de telefonia

Bel (B) e decibel (dB)

$$L_P = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{P(z)}{P_0} \right) \text{ neper}$$

$$\frac{P(z)}{P_0} = 10 \quad 1 \text{ B} = 10 \text{ dB} = \frac{1}{2} \ln(10) \text{ Np}$$

$$1 \text{ dB} = \frac{1}{20} \ln(10) = 0,11513 \text{ Np}$$

$$1 \text{ Np} \rightarrow 8,686 \text{ dB}$$

Unidades de medidas: dB

dB: expressa a relação entre 2 níveis de potência

$$dB \equiv 10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

Como $P = V^2/R$, quando as tensões são medidas sobre resistores de mesmo valor, então

$$dB \equiv 20 \log_{10} \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

dB: definições-1

✓ dBW

- A potência de referência é **1 watt**

✓ dBm

- A potência de referência é **1 miliwatt**. Em altas frequências as potências são relativamente baixas e esta unidade é muito conveniente

✓ dBV

- Relação entre tensões. A referência é **1 volt**

✓ dB μ V

- A referência é **1 microvolt**

dB: definições-2

✓ $\mu\text{V}/\text{m}$

– Intensidade de campo elétrico

✓ $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$

– A referência é $1 \mu\text{V}/\text{m}$. Relação adimensional entre intensidades de campo elétrico

✓ $\mu\text{V}/\text{m}/\text{MHz}$

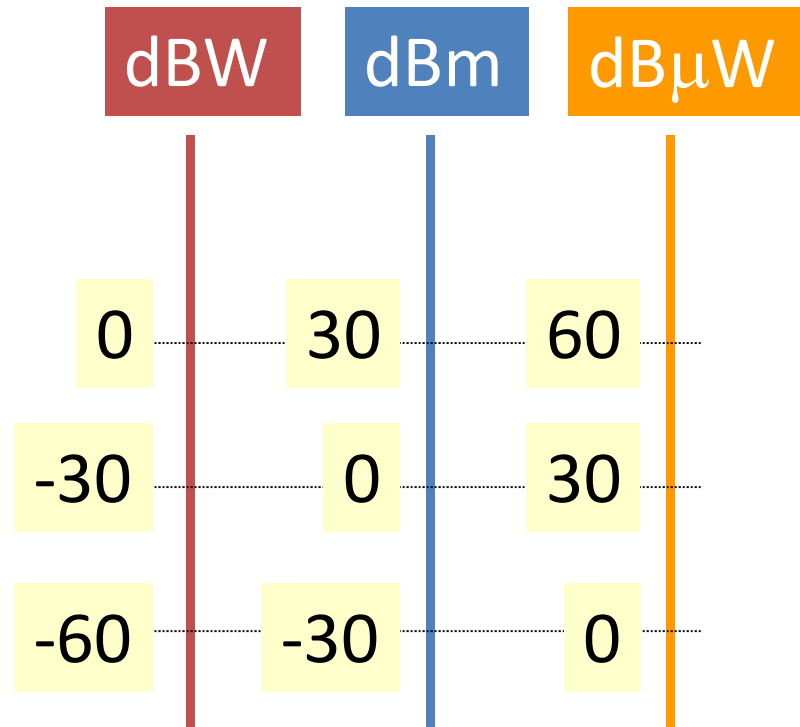
– intensidades de campos distribuídos em uma largura de faixa

✓ $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}/\text{MHz}$

– A referência é $1 \mu\text{V}/\text{m}/\text{MHz}$. Relação entre intensidades de campos distribuídos em uma largura de faixa

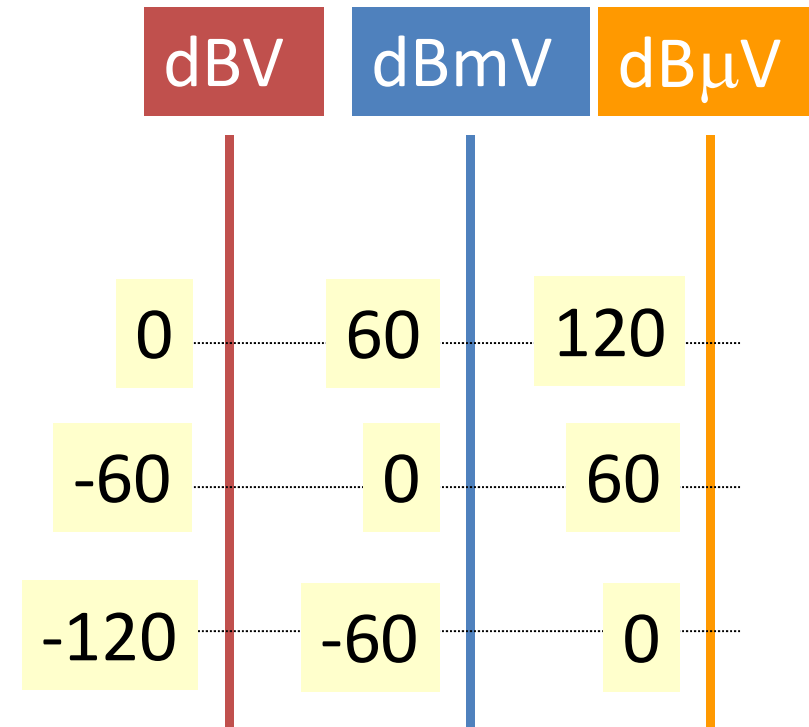
Conversão de escalas

Escala de potência



$$\begin{aligned} \text{dBW} &= -30 + \text{dBm} \\ &= -60 + \text{dB}\mu\text{W} \end{aligned}$$

Escala de tensão



$$\begin{aligned} \text{dBV} &= -60 + \text{dBmV} \\ &= -120 + \text{dB}\mu\text{V} \end{aligned}$$

Operações entre dB e dBm

Operação	Resultado (unidade)	Significado físico	Permissão?
dB + dB	dB	Produto de 2 números	Sim
dB – dB	dB	Comparação entre 2 números	Sim
dBm + dBm	-	Multiplicação de 2 potências (sem significado físico)	Não
dBm – dBm	dB	Comparação entre 2 potências	Sim
dBm + dB	dBm	Amplificação de potência	Sim
dBm - dB	dBm	Atenuação de potência	Sim

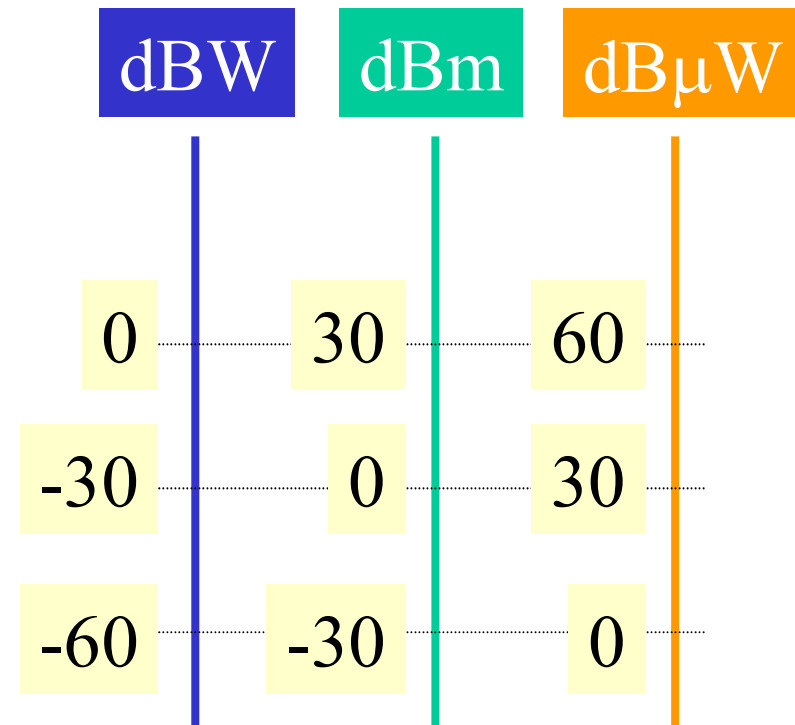
Decibel e dBm

$$P_{dB}(X) = 10 \log \left(\frac{P}{P_{ref}} \right)$$

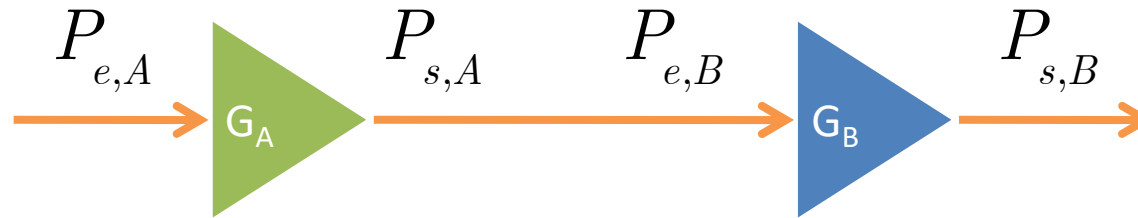
Se P_{ref} for:

Referência	Denominação (X)
1 watt	dBW
1 miliwatt (10^{-3} W)	dBm
1 microwatt (10^{-6} W)	dBmW

Escala de potência



Ganho de potência de amplificadores-1



$$P_{e,B} = P_{s,A}$$

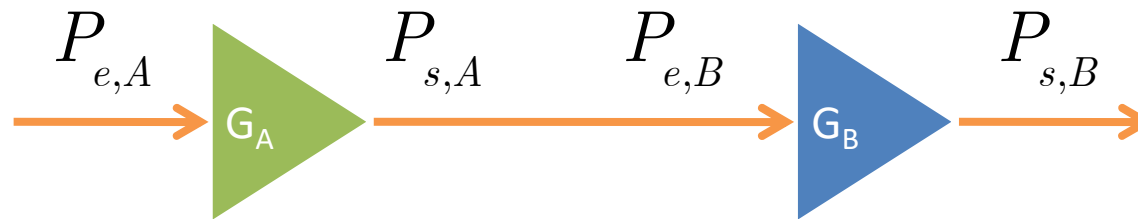
$$G_A = \frac{P_{s,A}}{P_{e,A}}$$

$$G_B = \frac{P_{s,B}}{P_{e,B}}$$

$$G_B = \frac{P_{s,B}}{P_{e,B}} = \frac{P_{s,B}}{G_A P_{e,A}} \quad \text{e} \quad \frac{P_{s,B}}{P_{e,A}} = G_A G_B$$

$$G_{eq} = G_A G_B$$

Ganho de potência de amplificadores-2

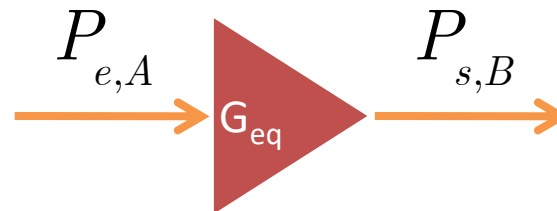
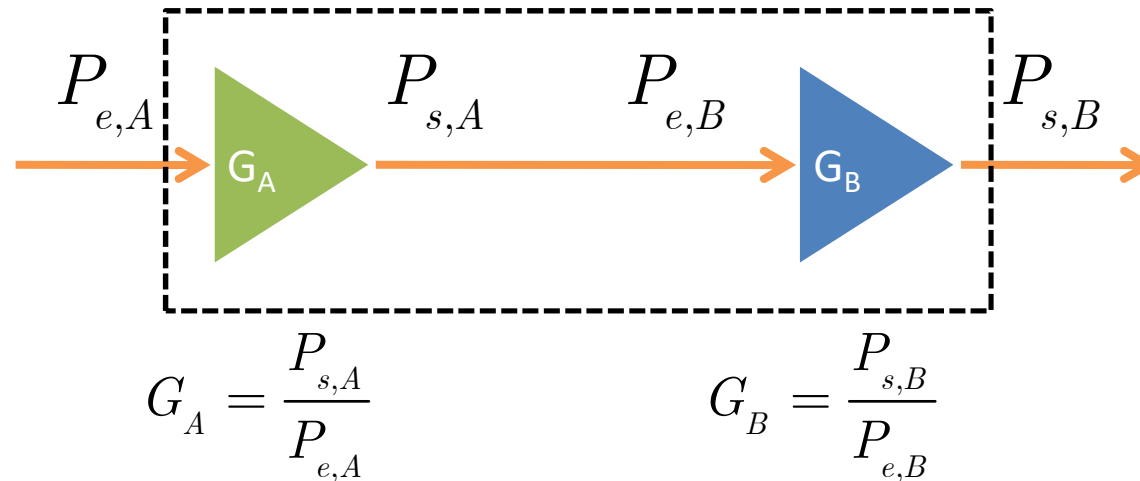


$$G_A = \frac{P_{s,A}}{P_{e,A}} \quad G_B = \frac{P_{s,B}}{P_{e,B}} \quad G_{eq} = G_A G_B$$

$$10 \log(G_{eq}) = 10 \log_{10}(G_A) + 10 \log_{10}(G_B) \quad \text{dB}$$

$$G_{eq} = G_A(\text{dB}) + G_B(\text{dB}) \quad \text{dB}$$

Ganho de potência de amplificadores-3



$$G_{eq}(dB) = G_A(dB) + G_B(dB)$$