

PRINCÍPIOS de TELECOMUNICAÇÕES

PRT60806

AULA 16: MODULAÇÕES ANALÓGICAS – AM

PROFESSOR: BRUNO FONTANA DA SILVA

2014

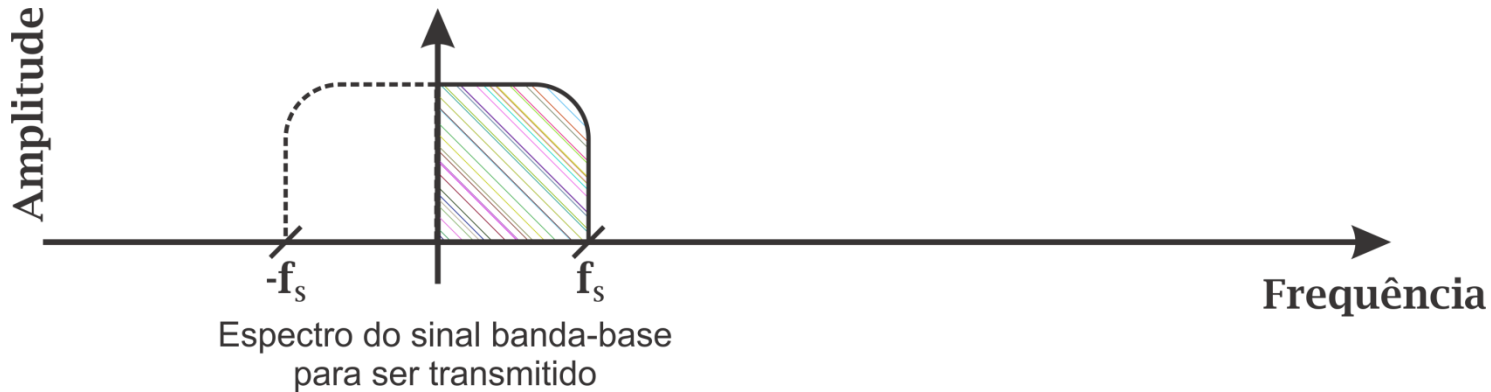


SINAL MODULANTE (INFORMAÇÃO)

- Deseja-se transmitir o sinal

$$m(t)$$

Assumindo ser um sinal em banda base, com largura de banda do espectro B_s .



SINAL MODULADO (PORTADORA)

- Utilizaremos um sinal de alta frequência para transportar a informação. Seja o sinal da portadora um cosseno de frequência f_p .

$$p(t) = \cos(\omega_p t + \theta_p)$$



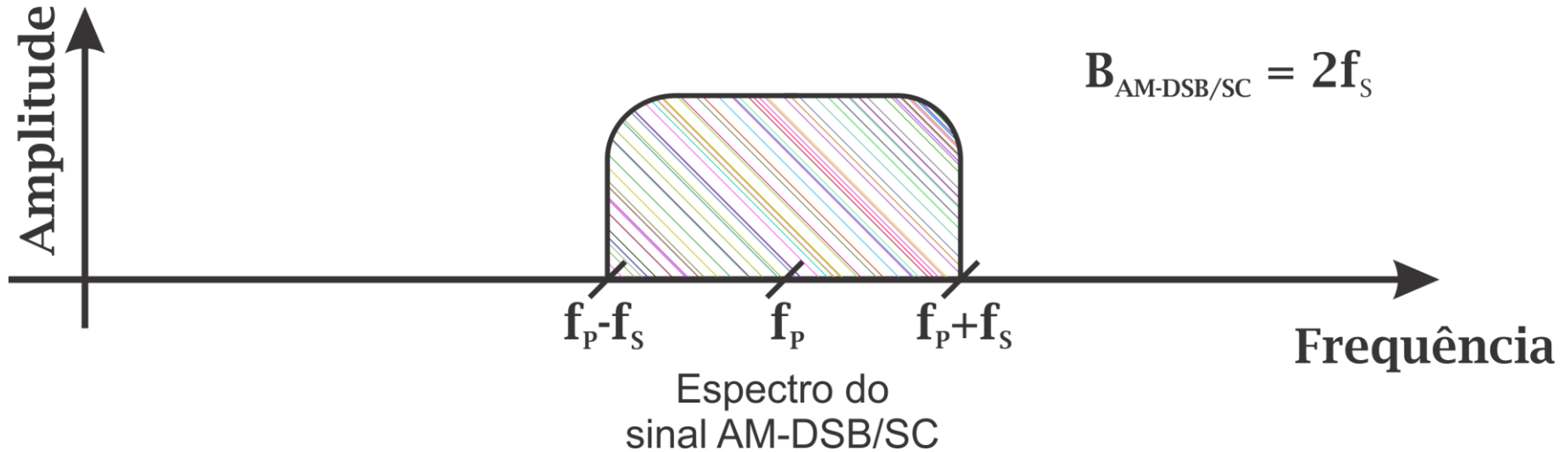
MODULAÇÃO AM-DSB/SC

- A modulação AM busca modificar a amplitude da portadora para transmitir a informação. A fase e frequência da portadora não são modificadas.
- Uma forma simples é multiplicar a portadora com o sinal da modulante (AM-DSB/SC):

$$x_{SC}(t) = m(t) \times p(t)$$

MODULAÇÃO AM-DSB/SC

$$x_{SC}(t) = m(t) \times p(t)$$



MODULAÇÃO AM-DSB

- Nem sempre o receptor tem conhecimento perfeito do sinal de portadora utilizado no transmissor. Muitas vezes é **difícil** sincronizar frequência e fase entre transmissor e receptor, e isso pode tornar o equipamento caro.
- Uma solução para isso é **transmitir o sinal de portadora junto com a modulação**. Neste caso, para a modulação AM, temos a modulação **AM-DSB**.

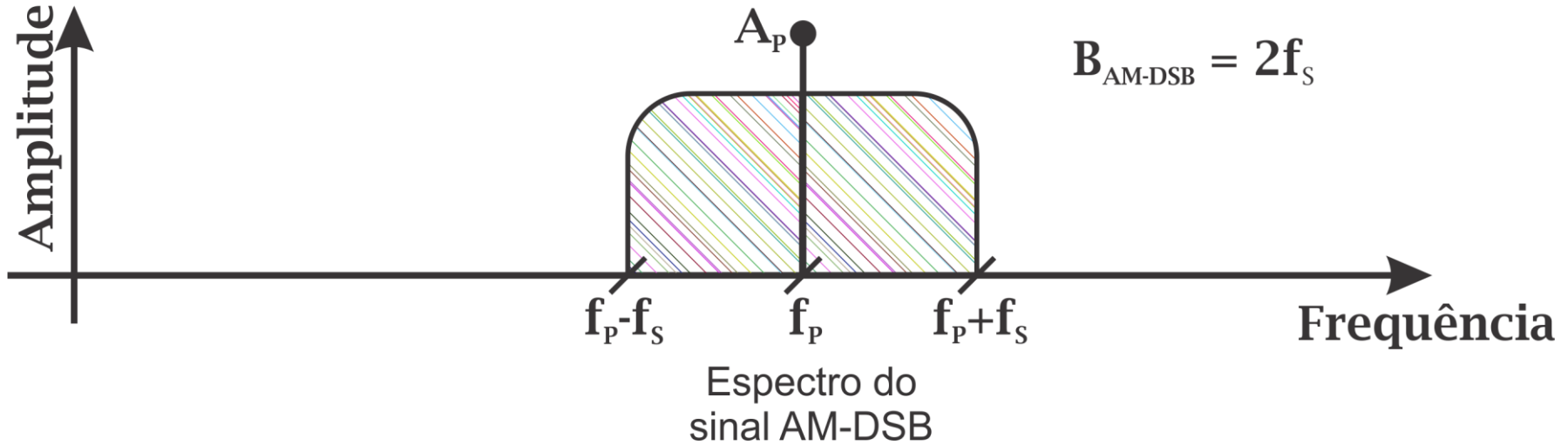
MODULAÇÃO AM-DSB

$$x_{\text{DSB}}(t) = \left(A_p + m(t) \right) \times p(t)$$

$$x_{\text{DSB}}(t) = A_p \times p(t) + \underbrace{m(t) \times p(t)}$$

$$x_{\text{DSB}}(t) = A_p \cos(\omega_p t + \theta_p) + x_{\text{SC}}(t)$$

MODULAÇÃO AM-DSB

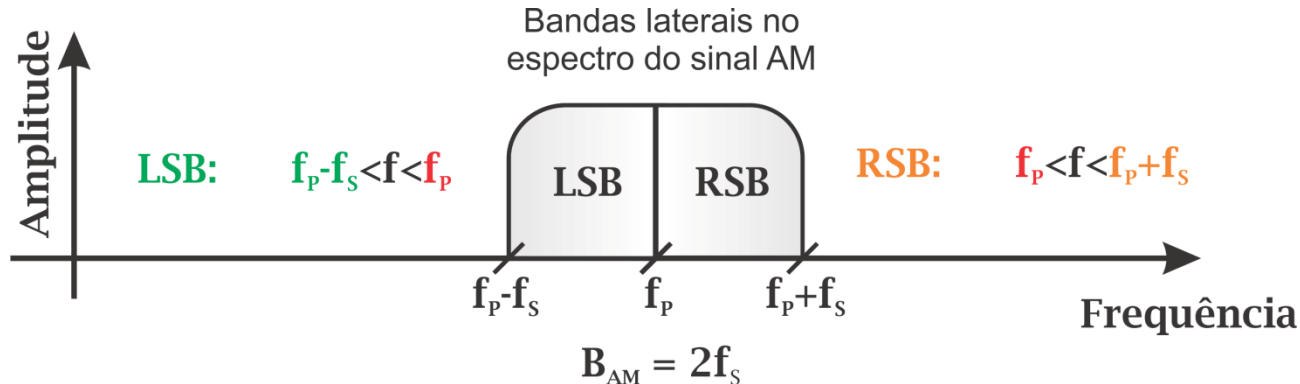


Banda do sinal AM

Quando um sinal banda base de largura de banda $B_S=f_S$ é modulado usando modulação em amplitude, o sinal AM resultante ocupa o dobro da banda, ou seja,

$$B_{AM}=2f_S.$$

O espectro do sinal AM possui uma **frequência central** ω_p e duas bandas laterais:
a **banda lateral esquerda (LSB)** e **banda lateral direita (RSB)**.



ESPECTRO DO SINAL AM-DSB

- **Inclui o sinal da portadora** na frequência central.
- **Largura de Banda** $B_{AM} = (\omega_p + \omega_s) - (\omega_p - \omega_s) = 2\omega_s$
- **Menos eficiente (mais potência gasta)**
- **Mais simples para o receptor**
(não precisa sincronizar fase/frequência do oscilador)

ESPECTRO DO SINAL AM-DSB/SC

- **Sem a portadora** na frequência central ω_p .
- Largura de banda $B_{AM} = 2\omega_s$
- **Mais eficiente** (menos potência gasta por não ter a portadora)
- **Mais complexo para o receptor**
(é necessário sincronizar fase/frequência do oscilador Rx com Tx)

DETECÇÃO DE ENVELOPE

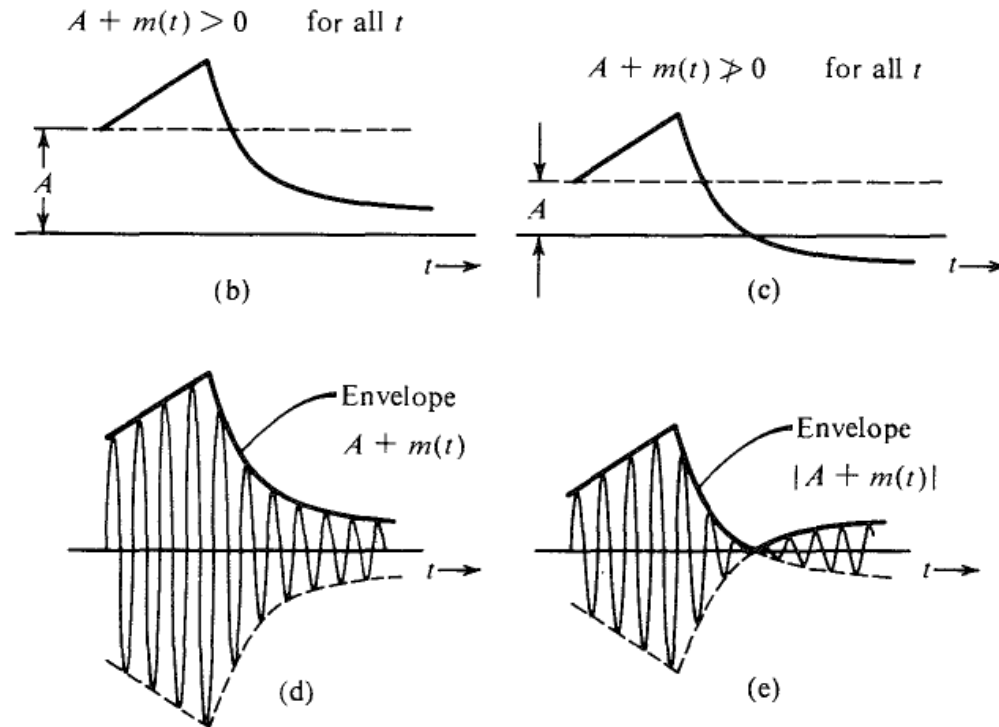


Figure 4.8 AM signal and its envelope.

* $E(t)$ must also be a slowly varying signal as compared to $\cos \omega_c t$.

Índice de modulação

- Razão entre amplitude (A_m) da modulante pela amplitude da portadora (A_p).

$$\mu_m = \frac{A_m}{A_p}$$

- Para usar detecção do tipo envelope, é necessário que

$$0 < \mu_m \leq 1$$

ou, equivalentemente: $A_p \geq A_m$

POTÊNCIA DO SINAL RECEBIDO AM-DSB

– Parcela devido à modulante

$$m_{\text{RMS}}^2 = \underbrace{\overline{m^2(t)}}_{\substack{\text{valor médio} \\ \text{de } m^2(t)}}$$
$$P_s \propto \frac{1}{2} m_{\text{RMS}}^2$$

– Parcela devido à portadora

$$A_p^{\text{RMS}} = \frac{A_p}{\sqrt{2}}$$
$$P_p \propto \frac{A_p^2}{2}$$

EFICIÊNCIA DA MODULAÇÃO AM-DSB

Potência total: potência devido ao sinal + potência da portadora

$$P_T = P_p + P_s \qquad P_T = \frac{1}{2}A_p^2 + \frac{1}{2}m_{RMS}^2$$

Eficiência da modulação: potência devido ao sinal / potência total

$$\eta = \frac{P_s}{P_T} = \frac{P_s}{P_p + P_s}$$

$$\eta = \frac{\left(\frac{m_{RMS}}{A_p}\right)^2}{1 + \left(\frac{m_{RMS}}{A_p}\right)^2}$$

EFICIÊNCIA DA MODULAÇÃO AM-DSB

Caso particular: modulação de tom

O sinal modulante a ser transmitido é apenas uma cossenóide, ou seja, uma única frequência (um tom, $f_m \ll f_p$).

$$m(t) = A_m \cos(\omega_m t + \theta_m)$$

$$m_{\text{RMS}} = \frac{A_m}{\sqrt{2}}$$

Nesse caso, a eficiência da modulação é função direta do índice de modulação: e o valor máximo (eficiência máxima) é **33%** para o índice de modulação $\mu_m = 1$.

$$\eta = \frac{\mu_m^2}{2 + \mu_m^2}$$

Com índices de modulação maiores (detecção mais complexa) é possível conseguir rendimentos melhores.