

AE2 - Sistemas de comunicação

Modulação AM

Leticia Coelho

Março 2018

1 Introdução

Este relatório tem o objetivo de demonstrar o resultado das experiências realizadas para a disciplina de Sistemas de comunicação I que é orientada pelo professor Mario Noronha. Seu objetivo principal é demonstrar os experimentos efetuados para entendimento de conceitos de modulação com banda lateral dupla AM DSB e com banda lateral dupla suprimida AM DSB-SC. As especificações a seguir serão demonstrados nos próximos tópicos considerando seus gráficos e códigos criados com o software Matlab.

1.1 Modulação AM

Segundo Haykin, a modulação em amplitude é definida como o processo pelo qual a amplitude da onda portadora $c(t)$ é variada em torno de um valor médio, linearmente com o sinal da banda base.

Ou seja, a modulação é um processo utilizado para efetuar a transmissão de sinais[?]. Dentre os tipos de modulação, a AM (Amplitude Modulation) é aquela que utiliza um sinal chamado portadora, para variar sua amplitude de acordo com o sinal de informação e transmiti-lo considerando sua variação.

Esta modulação causa um deslocamento no espectro do sinal, o que ocasiona a transmissão em diferentes faixas de frequência. Isto auxilia na transmissão do sinal, pois possibilita a diminuição do tamanho de antenas de rádio transmissão.

1.2 Modulação AM DSB

A modulação de banda lateral dupla AM DSB é aquela que possui a onda portadora presente no espectro de transmissão, ou seja, na onda modulante.

Este processo simplifica a etapa de geração de uma onda portadora para a demodulação, pois não é necessário gerar uma nova onda. Cabe salientar que o coeficiente K_a deve estar entre 0 e 1 para que não haja inversão de fase do sinal modulado. Abaixo podemos verificar a equação que representa a modulação AM DSB, que é formada pelo sinal banda-base e o sinal de portadora.

$$s(t) = A_c[1 + k_a m(t)]\cos(2\pi f_c t)$$

1.3 Modulação AM DSB-SC

Para a modulação de banda lateral dupla com portadora suprimida DSB-SC utiliza-se o deslocamento do espectro do sinal modulante para a frequência da portadora. Nesta modulação a portadora é suprimida para maior aproveitamento da potência de transmissão. Tendo sua diferenciação melhor entendida quando observada através da transformada de Fourier, conforme podemos verificar abaixo;

$$\begin{aligned} s(t) &= c(t) m(t) \\ &= A_c \cos(2\pi f_c t) m(t) \end{aligned}$$

Para realizar a demodulação do sinal modulado, é necessário realizar a multiplicação do sinal modulado novamente pela portadora, e assim o sinal retorna a sua posição original, após isso é necessário utilizar um filtro passa baixa para remover o espectro de sinal desnecessário;

2 Experimento 1 - *Código*

2.1 Realizar um processo de modulação AM DSB e AM DSB-SC

2.1.1 AM DSB

```
% Modulação AM (Tempo)
%Características do sinal
A0 = 1.1;
Ac = 1;
Am = 1;
fa=200e3;
t=[0:1/20e4:1];
fr=[-fa/2:1:fa/2];

m_t = cos(2*pi*t*1e3); %Sinal banda-base
c_t = cos(2*pi*t*10e3); %Sinal de portadora
s_t = (A0 + Am.*m_t)*Ac.*c_t; %Sinal modulado

%Plot dos sinais
figure(1);
subplot(3,1,1);plot(t, m_t);xlim([0 8e-3]);title('Sinal');xlabel('seg');ylabel('V');
subplot(3,1,2);plot(t, c_t);xlim([0 8e-3]);title('Portadora ');xlabel('seg');ylabel('V');
subplot(3,1,3);plot(t, s_t);xlim([0 8e-3]);title('Modulação AM DSB');xlabel('seg');ylabel('V');
```

2.1.2 AM DSB-SC

```
%% AM DSB-SC

% Modulação AM (Tempo)
%Características do sinal
fa=200e3;
t=[0:1/20e4:1];
fr=[-fa/2:1:fa/2];

m_t = cos(2*pi*t*1e3);%Sinal banda-base
c_t = cos(2*pi*t*10e3);%Sinal portadora
s_t = m_t .* c_t; %Sinal modulado

%Plot dos sinais
figure(3);
subplot(3,1,1);plot(t, m_t);xlim([0 8e-3]);title('Sinal');xlabel('seg');ylabel('V');
subplot(3,1,2);plot(t, c_t);xlim([0 8e-3]);title('Portadora ');xlabel('seg');ylabel('V');
subplot(3,1,3);plot(t, s_t);xlim([0 8e-3]);title('Modulação AM DSB');xlabel('seg');ylabel('V');
```

2.2 Para o caso da modulação AM DSB-SC, realizar o processo de demodulação utilizando a função 'fir1'

```
%% Demodulação AM DSB-SC
clc;close all;clear all;
% Modulação AM (Tempo)
%Características do sinal
t=[0:1/20e4:1];
fa=200e3;
t=[0:1/20e4:1];

% Modulação
m_t = cos(2*pi*t*1e3); %Sinal banda-base
c_t = cos(2*pi*t*10e3); %Sinal de portadora
s_t = m_t .* c_t; %Sinal modulado

% Demodulação
m_t_hat = s_t.*c_t; % multiplica o sinal final pela portadora.
f = fir1(34,(2e3/fa),'low');freqz(f,1,512); % Cria o filtro
fr=[-fa/2:1:fa/2];
m_t_filtrado = filter(f,1,m_t_hat); %Filtra o sinal
```

2.3 Para o caso da modulação AM DSB, variar o 'fator de modulação' (0.25; 0.5; 0.75 e 1 e 1.5) e observar os efeitos no sinal modulado

```
%Define as característticas do sinal
AO = 1.1;
Ac = 1;

fa=200e3;
t=[0:1/20e4:1];
fr=[-fa/2:1:fa/2];
m_t = cos(2*pi*t*1e3);%Sinal de informação
c_t = cos(2*pi*t*10e3);%Sinal de portadora

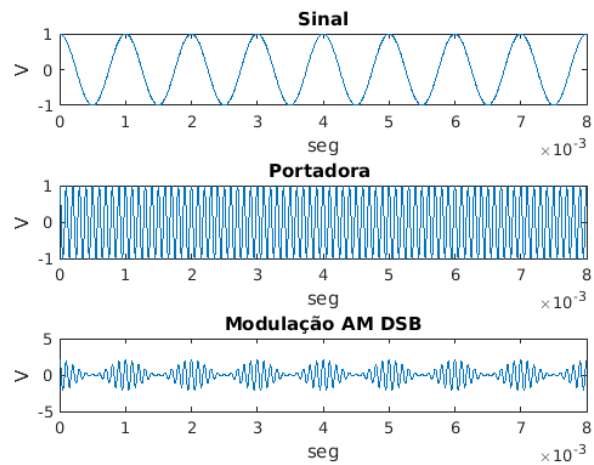
%Variar o 'fator de modulação' (0.25; 0.5; 0.75 e 1 e 1.5)
Am1=0.25;Am2=0.5;Am3=0.75;Am4= 1;Am5=1.5;
s_t_025 = (AO + Am1.*m_t)*Ac.*c_t;%Sinal modulado
s_t_05 = (AO + Am2.*m_t)*Ac.*c_t;%Sinal modulado
s_t_075 = (AO + Am3.*m_t)*Ac.*c_t;%Sinal modulado
s_t_1 = (AO + Am4.*m_t)*Ac.*c_t;%Sinal modulado
s_t_15 = (AO + Am5.*m_t)*Ac.*c_t;%Sinal modulado

figure(1);
subplot(5,1,1);plot(t, s_t_025);xlim([0 8e-3]);title('Modulação AM DSB - Fator de modulação 0,25');xlabel('seg');ylabel('V');
subplot(5,1,2);plot(t, s_t_05);xlim([0 8e-3]);title('AM DSB - Fator de modulação 0,5');xlabel('seg');ylabel('V');
subplot(5,1,3);plot(t, s_t_075);xlim([0 8e-3]);title('AM DSB - Fator de modulação 0,75');xlabel('seg');ylabel('V');
subplot(5,1,4);plot(t, s_t_1);xlim([0 8e-3]);title('AM DSB - Fator de modulação 1');xlabel('seg');ylabel('V');
subplot(5,1,5);plot(t, s_t_15);xlim([0 8e-3]);title('AM DSB - Fator de modulação 1,5');xlabel('seg');ylabel('V');
```

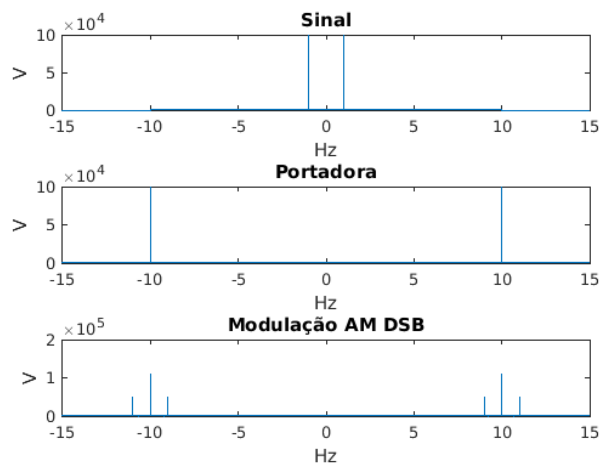
3 Experimento 1 - *Resultado*

3.1 Realizar um processo de modulação AM DSB e AM DSB-SC

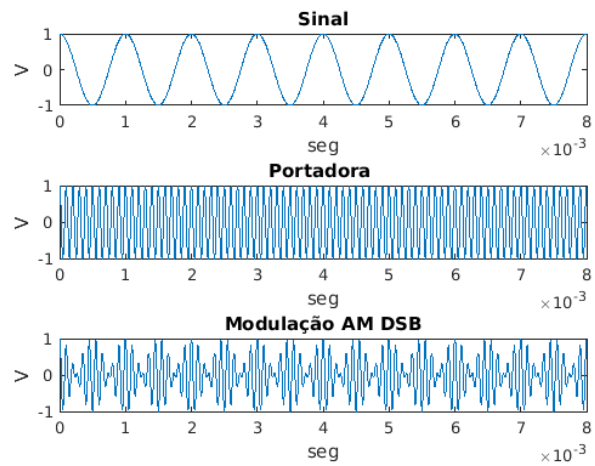
3.1.1 AM DSB - Tempo



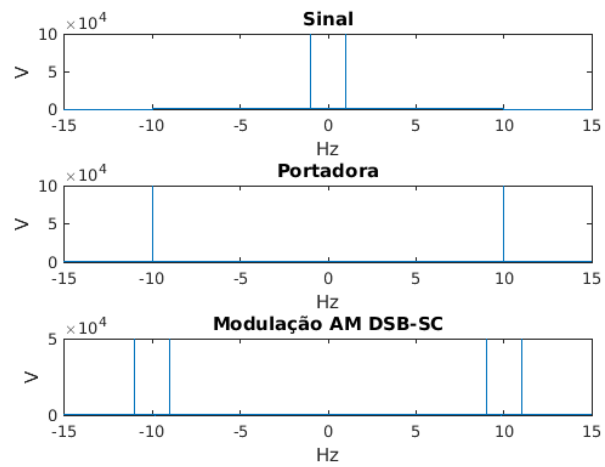
3.1.2 AM DSB - Frequência



3.1.3 AM DSB-SC - Tempo

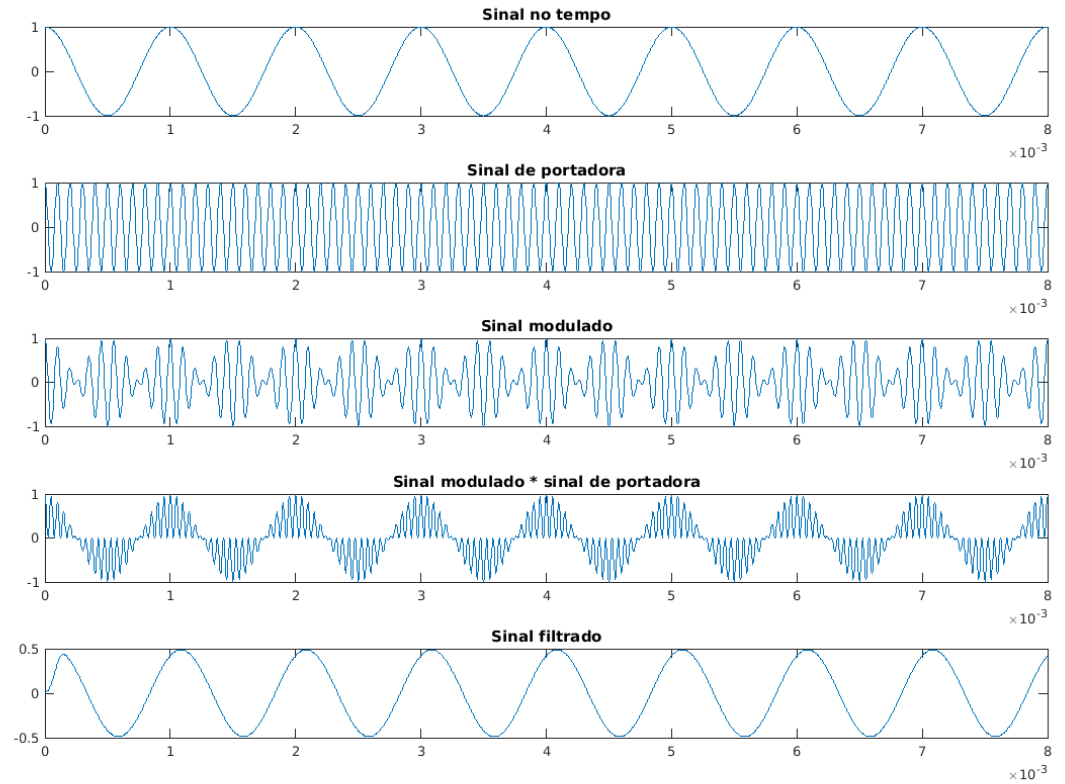


3.1.4 AM DSB-SC - Frequencia

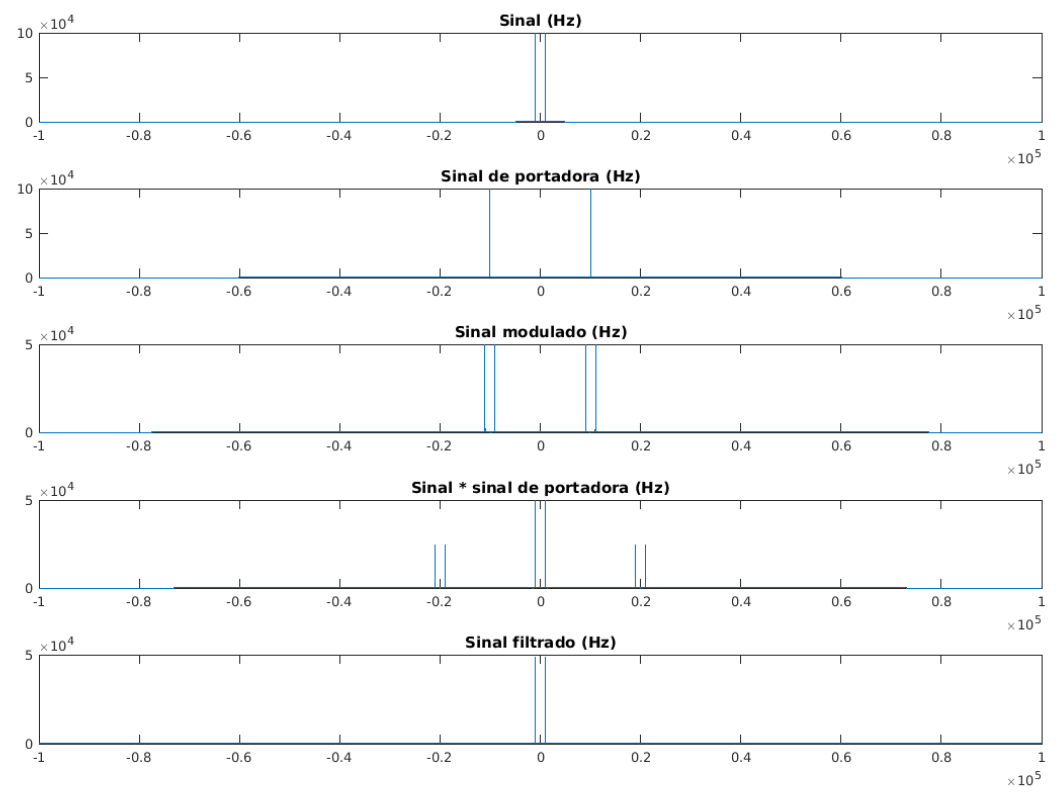


3.2 Para o caso da modulação AM DSB-SC, realizar o processo de demodulação utilizando a função 'fir1'

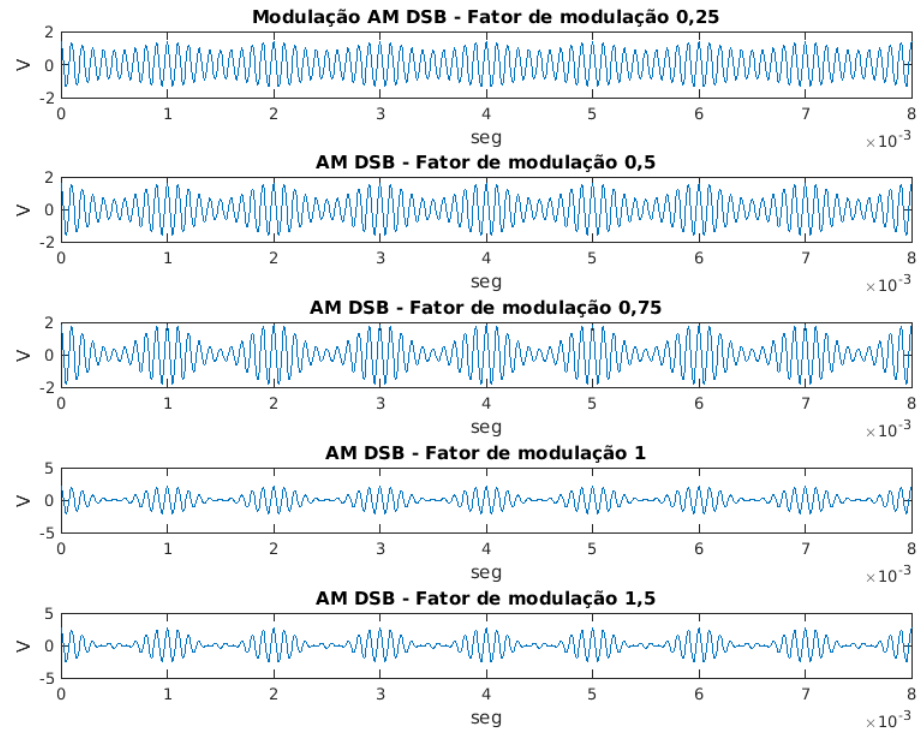
3.2.1 Demodulação AM DSB-SC - Tempo



3.2.2 Demodulação AM DSB-SC - Frequencia



3.3 Para o caso da modulação AM DSB, variar o 'fator de modulação' (0.25; 0.5; 0.75 e 1 e 1.5) e observar os efeitos no sinal modulado



4 Experimento 2 - *Código*

4.1 Gerar 3 sinais (cossenos) nas frequências 1k, 2k e 3k

```
%% Modulação com diferentes frequências de portadora
close all
clear all
clc

%Características do sinal
f = 1000;f2 = 2000;f3 = 3000;fu = 9000;fu2= 10000;fu3= 12000;fa = 10*f3;
Ta = 1/fa;Tfim = 1;t = 0:Ta:Tfim-Ta;N = 30000;

w = 2*pi*f;w2 = 2*pi*f2;w3 = 2*pi*f3;wu = 2*pi*fu;wu2 = 2*pi*fu2;wu3 = 2*pi*fu3;

% Sinal banda-base e portadora
s1 = cos(w*t);s2 = cos(w2*t);s3 = cos(w3*t);co = cos(wu*t);co2 = cos(wu2*t);co3 = cos(wu3*t);

df = Tfim/Ta;freq = [(-N/2):(N/2)-1]*fa/N;

% AM (tempo)
figure(1)
subplot(311);plot(t,s1);axis([0 5*0.001 -6 6]);title('Sinal no domínio do tempo (s)');legend('cos(wt) com f=1KHz');xlabel('Tempo (seg)'); ylabel('Magnitude (linear)')
subplot(312);plot(t,s2);axis([0 5*0.001 -3 3]);title('Sinal no domínio do tempo (s)');legend('cos(wt) com f=2KHz');xlabel('Tempo (seg)'); ylabel('Magnitude (linear)')
subplot(313);plot(t,s3);axis([0 5*0.001 -2 2]);title('Sinal no domínio do tempo (s)');legend('cos(wt) com f=3KHz');xlabel('Tempo (seg)'); ylabel('Magnitude (linear)')
axis off;
```

4.2 Realizar a multiplexação dos sinais para as frequências 10k, 12k e 14k para a transmissão em um canal de comunicação

```
% AM (freq)
X1 = fftshift(fft(s1)); X2 = fftshift(fft(s2)); X3 = fftshift(fft(s3));

figure(2)
subplot(311);plot(freq, abs(X1)/df);title('Sinal no domínio linear (Hz)');xlabel('Hz');ylabel('Magnitude (linear)');legend('cos(wt) com f=1KHz');ylim([0 1]);
subplot(312);plot(freq, abs(X2)/df);title('Sinal no domínio linear (Hz)');xlabel('Hz');ylabel('Magnitude (linear)');legend('cos(wt) com f=2KHz');ylim([0 1]);
subplot(313);plot(freq, abs(X3)/df);title('Sinal no domínio linear (Hz)');xlabel('Hz');ylabel('Magnitude (linear)');legend('cos(wt) com f=3KHz');ylim([0 1]);

% Modulação AM
A1 = s1.*co;A2 = s2.*co2;A3 = s3.*co3; %multiplica pela portadora
M1 = fftshift(fft(A1)); M2 = fftshift(fft(A2)); M3 = fftshift(fft(A3)); %passa para a frequência

A11 = A1.*co;A22 = A2.*co2;A33 = A3.*co3;

b = fir1(50,0.4);c = conv(b,A11);B = fftshift(fft(c));
b1 = fir1(50,0.4);c1 = conv(b1,A22);B1 = fftshift(fft(c1));
b2 = fir1(50,0.4);c2 = conv(b2,A33);B2 = fftshift(fft(c2));
```

4.3 Recuperar os sinais originais

```
A1 = s1.*co; A2 = s2.*co2; A3 = s3.*co3; %multiplica pela portadora
M1 = fftshift(fft(A1)); M2 = fftshift(fft(A2)); M3 = fftshift(fft(A3)); %passa para a frequência

A11 = A1.*co; A22 = A2.*co2; A33 = A3.*co3;

b = fir1(50,0.4); c = conv(b,A11); B = fftshift(fft(c));
b1 = fir1(50,0.4); c1 = conv(b1,A22); B1 = fftshift(fft(c1));
b2 = fir1(50,0.4); c2 = conv(b2,A33); B2 = fftshift(fft(c2));

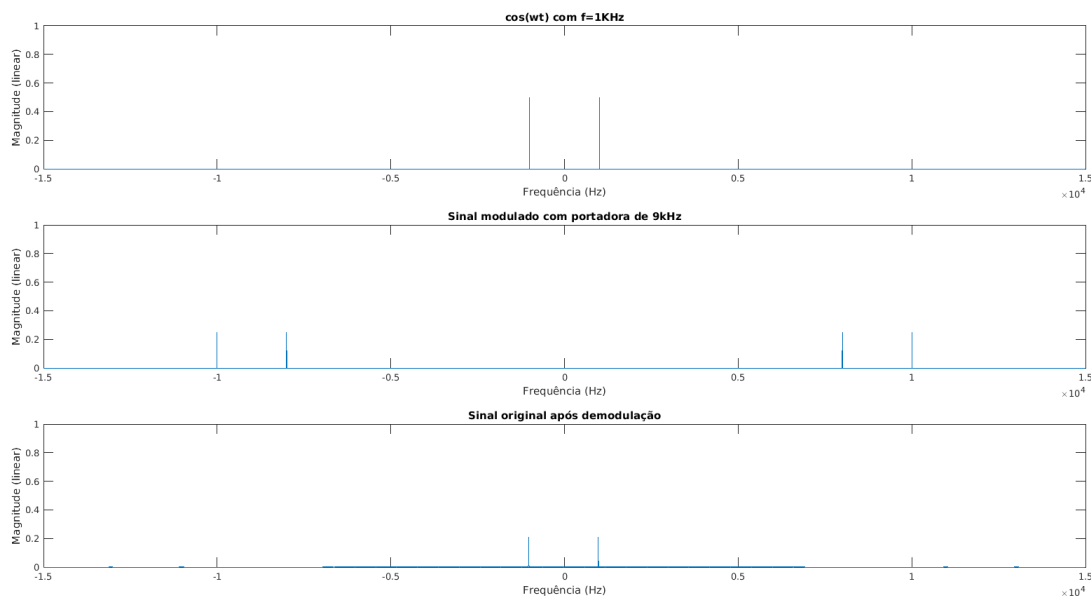
figure(3)
subplot(311); plot(freq, abs(X1)/df); title('Sinal no domínio linear (Hz)'); xlabel('Frequência (Hz)'); ylabel('Magnitude (linear)'); title('cos(wt) com f=1KHz'); ylim([0 1]);
subplot(312); plot(freq, abs(M1)/df); title('Sinal no domínio linear (Hz)'); xlabel('Frequência (Hz)'); ylabel('Magnitude (linear)'); title('Sinal modulado com portadora de 1KHz');
subplot(313); plot(freq, abs(B(51:end))/df); title('Sinal no domínio linear (Hz)'); xlabel('Frequência (Hz)'); ylabel('Magnitude (linear)'); title('Sinal original após demodulação com f=1KHz');

figure(4)
subplot(311); plot(freq, abs(X2)/df); title('Sinal no domínio linear (Hz)'); xlabel('Frequência (Hz)'); ylabel('Magnitude (linear)'); title('cos(wt) com f=2KHz'); ylim([0 1]);
subplot(312); plot(freq, abs(M2)/df); title('Sinal no domínio linear (Hz)'); xlabel('Frequência (Hz)'); ylabel('Magnitude (linear)'); title('Sinal modulado com portadora de 2KHz');
subplot(313); plot(freq, abs(B1(51:end))/df); title('Sinal no domínio linear (Hz)'); xlabel('Frequência (Hz)'); ylabel('Magnitude (linear)'); title('Sinal original após demodulação com f=2KHz');

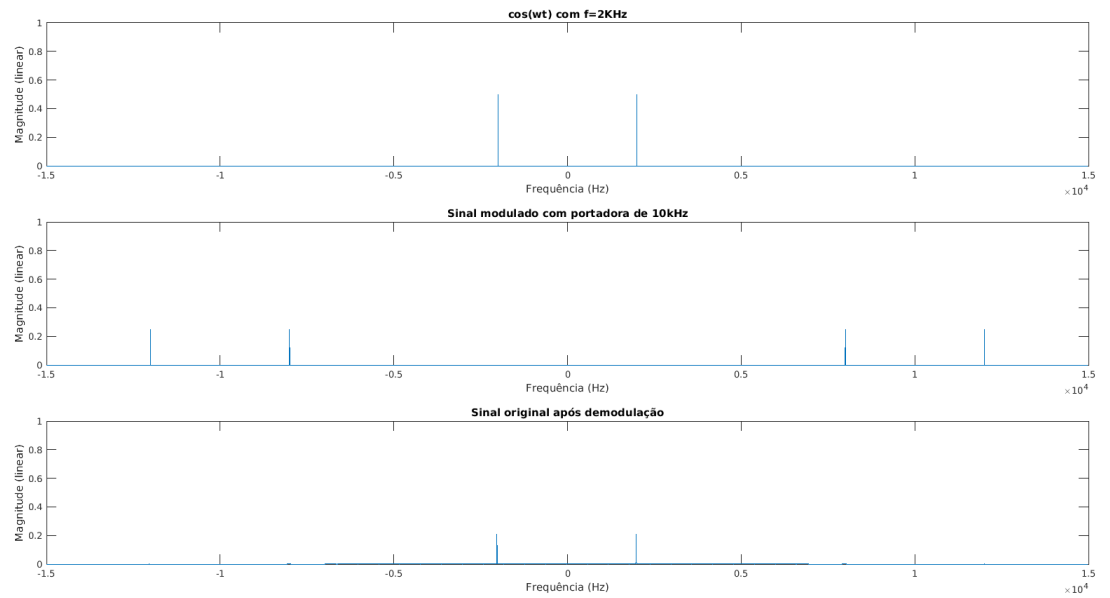
figure(5)
subplot(311); plot(freq, abs(X3)/df); title('Sinal no domínio linear (Hz)'); xlabel('Frequência (Hz)'); ylabel('Magnitude (linear)'); title('cos(wt) com f=3KHz'); ylim([0 1]);
subplot(312); plot(freq, abs(M3)/df); title('Sinal no domínio linear (Hz)'); xlabel('Frequência (Hz)'); ylabel('Magnitude (linear)'); title('Sinal modulado com portadora de 3KHz');
subplot(313); plot(freq, abs(B2(51:end))/df); title('Sinal no domínio linear (Hz)'); xlabel('Frequência (Hz)'); ylabel('Magnitude (linear)'); title('Sinal original após demodulação com f=3KHz');
```

5 Experimento 2 - Execução

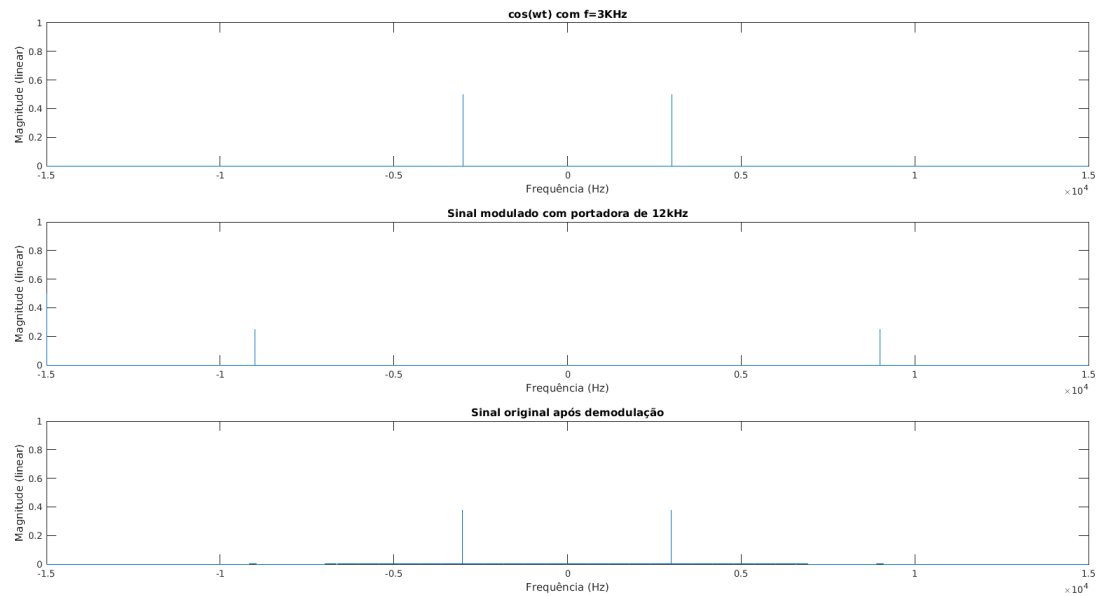
5.0.1 Sinal com frequência 9K Hz



5.0.2 Sinal com frequência 10K Hz



5.0.3 Sinal com frequência 12K Hz



6 Conclusão

Conclui-se com estes experimentos que a modulação AM tem papel essencial para a transmissão em enlaces de rádio transmissão pois auxiliam no ajuste de potência para a diminuição do tamanho das antenas de rádio transmissão. Assim sendo, é importante salientar que estes estudos são essenciais para o entendimento dos conceitos principais de rádio transmissão.

References

- [1] Michael. Haykin, Simon; Moher. *Introdução aos Sistemas de Comunicação*. 4ª Edição.
- [2] Wikipedia. *Relação sinal-ruído*. https://pt.wikipedia.org/wiki/Relação_sinal-ruído.