

## **RELATÓRIO**

### **Seção I: Introdução**

No exercício 01 será realizado um processo de modulação em um sinal AM DSB (Modulação em Amplitude com Banda Lateral Dupla) e AM DSB-SC (Modulação em Amplitude com Banda Lateral Dupla e Portadora Suprimida), vamos também realizar uma demodulação do sinal AM DSB SC e um experimento observando o comportamento da modulação AM DSB alterando o fator de modulação.

No exercício 02 vamos gerar três funções senoidais com frequências 1, 2 e 3 KHz logo após vamos multiplexar para 10, 12 e 14 KHz e transmiti-las em um único canal, para então podermos receber este sinal e recuperá-lo novamente.

## Seção II: Conceitos Teóricos

**Sinal:** Um sinal é uma função que transmite informações sobre um fenômeno. Em eletrônicos e telecomunicações, refere-se a qualquer momento variação de tensão, corrente ou onda eletromagnética que transporta informações. Um sinal também pode ser definido como uma alteração observável em uma qualidade como quantidade. [2]

**Transformada de Fourier:** Segundo Fourier todo sinal pode ser escrito por uma composição de várias senóides, pois cada uma possui uma frequência atribuída esta operação é chamada de representação do domínio da frequência. A transformada de Fourier não é limitada a funções temporais, contudo para fins de convenção, o domínio original é comumente referido como *domínio do tempo*. [1]

**Modulação AM:** significa modulação em amplitude, consiste na modulação onde a amplitude do sinal senoidal, chamado de portadora, varia em função do sinal a ser transmitido, ou seja, o sinal modulador. Nessa modulação a frequência e fase da portadora são mantidas constantes, variando a amplitude. [3]

**AM DSB (*double-sideband full carrier*):** Nesse método, são transmitidos, além da portadora, mais 2 espectros chamados de bandas laterais. [3]

**AM DSB-SC (*double-sideband suppressed carrier*):** Nesse método a portadora é suprimida. [3]

### Seção III: Apresentação

No exercício 01 nossa primeira tarefa é gerar um sinal qualquer e o modular no processo AM DSB e AM DSB-SC. Para transmitir utilizaremos o sinal  $m(t)=\cos(2\pi*1000t)$ .

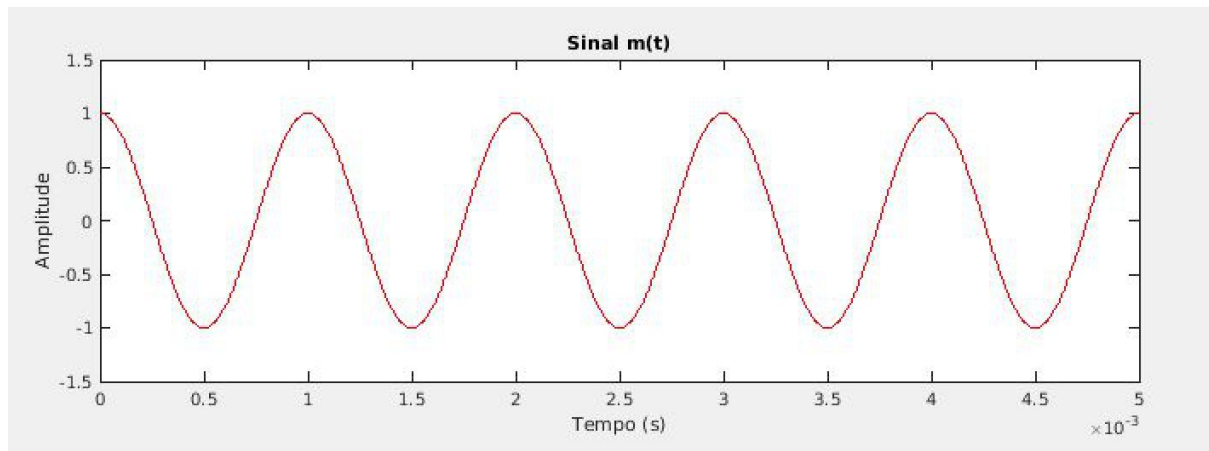


Gráfico 01 - sinal  $m(t)$

Na modulação AM DSB SC utilizaremos a portadora  $c(t)=\cos(2\pi*10000*t)$  demonstrado abaixo.

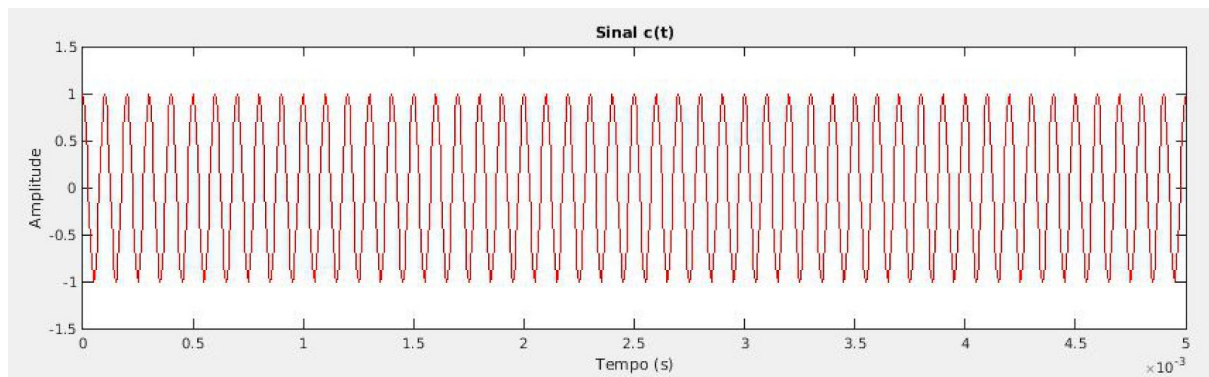


Gráfico 02 - sinal  $c(t)$

Modulando o sinal  $c(t)$  com  $m(t)$  vamos obter o seguinte sinal.

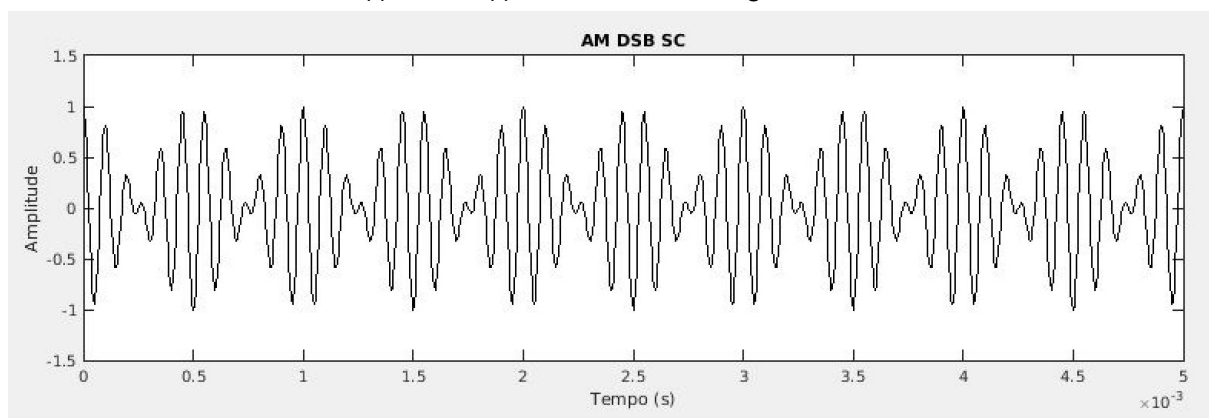


Gráfico 03 - sinal  $c(t)$  modulado com  $m(t)$  - domínio do tempo

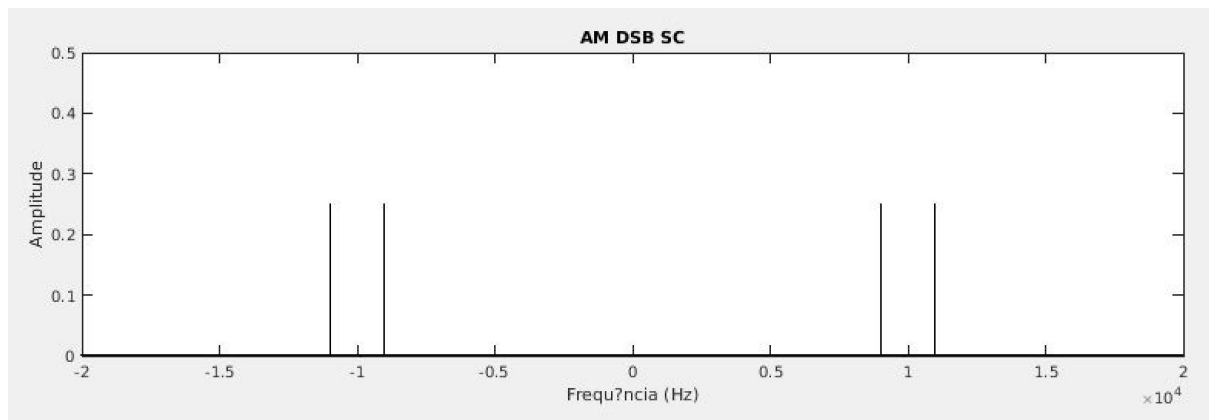


Gráfico 04 - sinal  $c(t)$  modulado com  $m(t)$  - domínio da frequência

Percebemos que ao modular o sinal temos uma mistura de senos e um deslocamento na frequência de nosso sinal original, isto acontece devido a modulação, agora temos nosso sinal operando nas frequências 11 e 9 KHz. Nossa próxima tarefa será demodular o sinal, para isto vamos retornar a nossa frequência original e utilizar um filtro gerado através da função "fir1" no matlab. Vale lembrar que nosso filtro deve ser um passa baixa com frequência de corte pouco acima de 1KHz. Segue abaixo demonstração de nosso filtro.

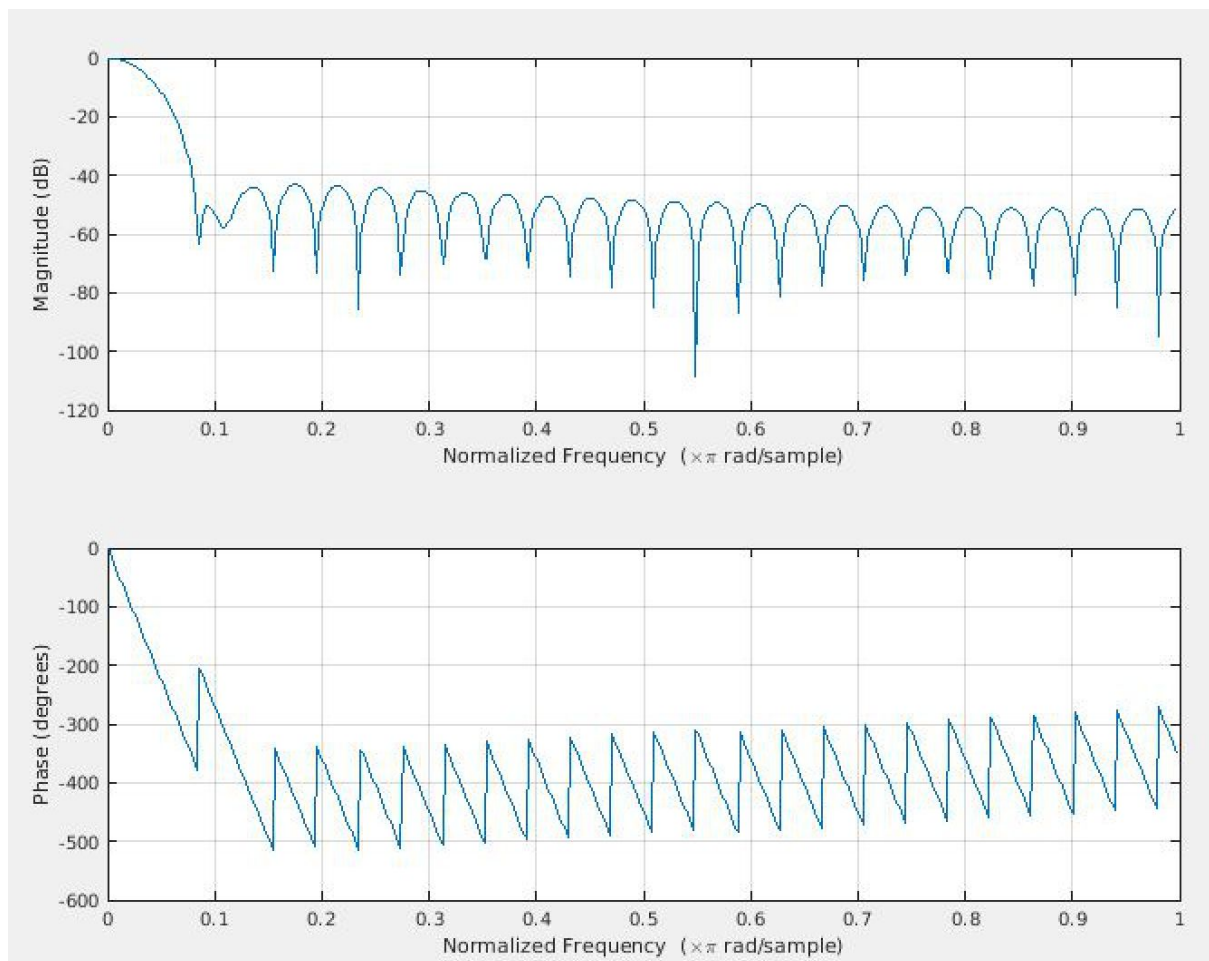


Gráfico 05 - filtro passa baixa 1.1KHz

Aplicando a filtragem podemos observar que nosso sinal está sendo mostrado a uma faixa de frequência de 1 KHz retornando ao nosso sinal original transmitido pela portadora.

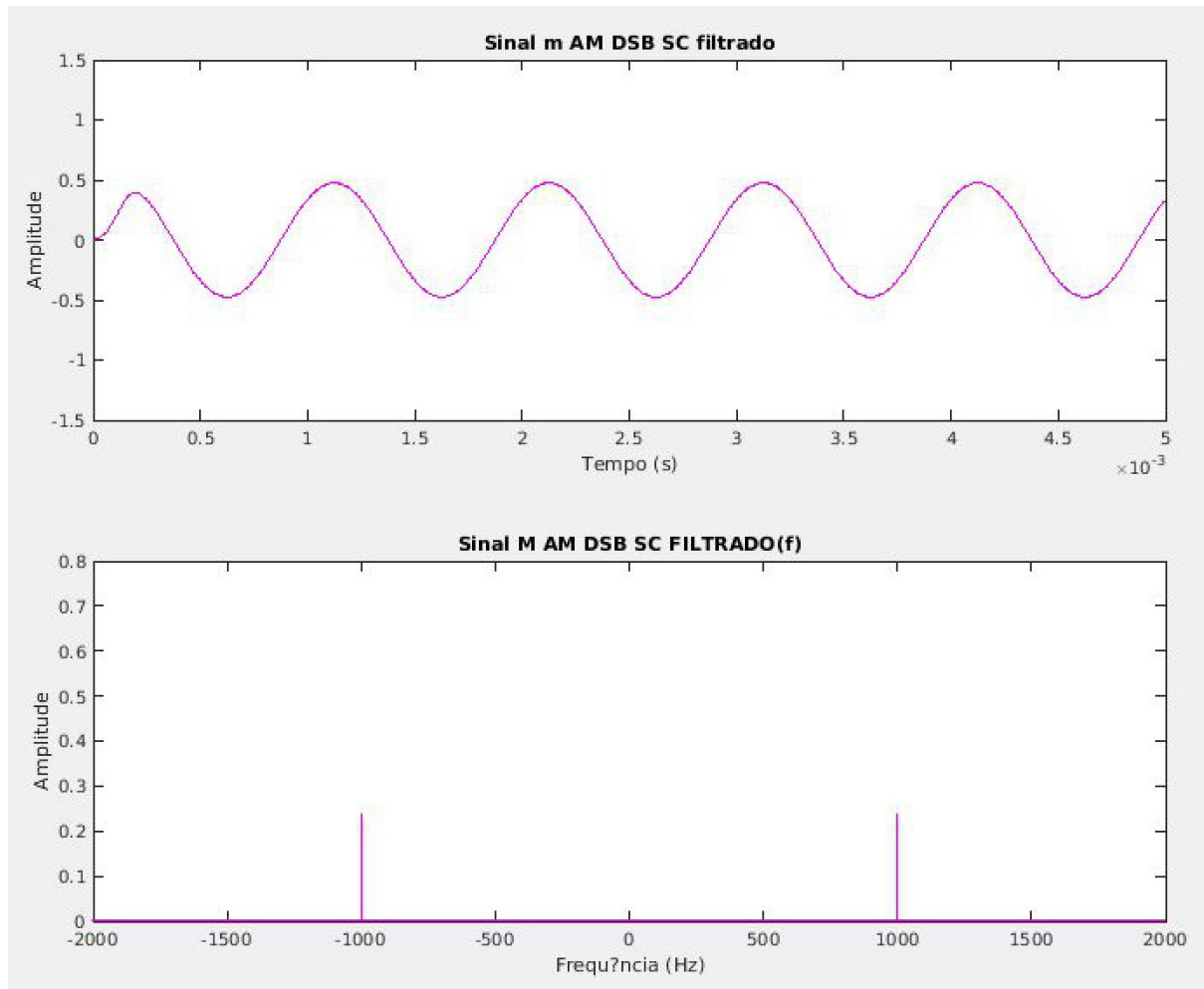


Gráfico 06 - sinal demodulado - domínio do tempo e da frequência

Na segunda parte de nosso exercício vamos utilizar a modulação AM DSB para observar algumas alterações no sinal recebido. Nesta modulação nosso sinal terá a seguinte característica  $s(t) = (k \cdot m(t) + 1)c(t)$ , lembrando que nosso fator de modulação será representado pela letra "k", onde em nosso experimento será justamente alterar esta variável pelos respectivos valores (0.25, 0.50, 0.75, 1 e 1.5) e analisar o que acontece com o sinal. Segue abaixo sinais.

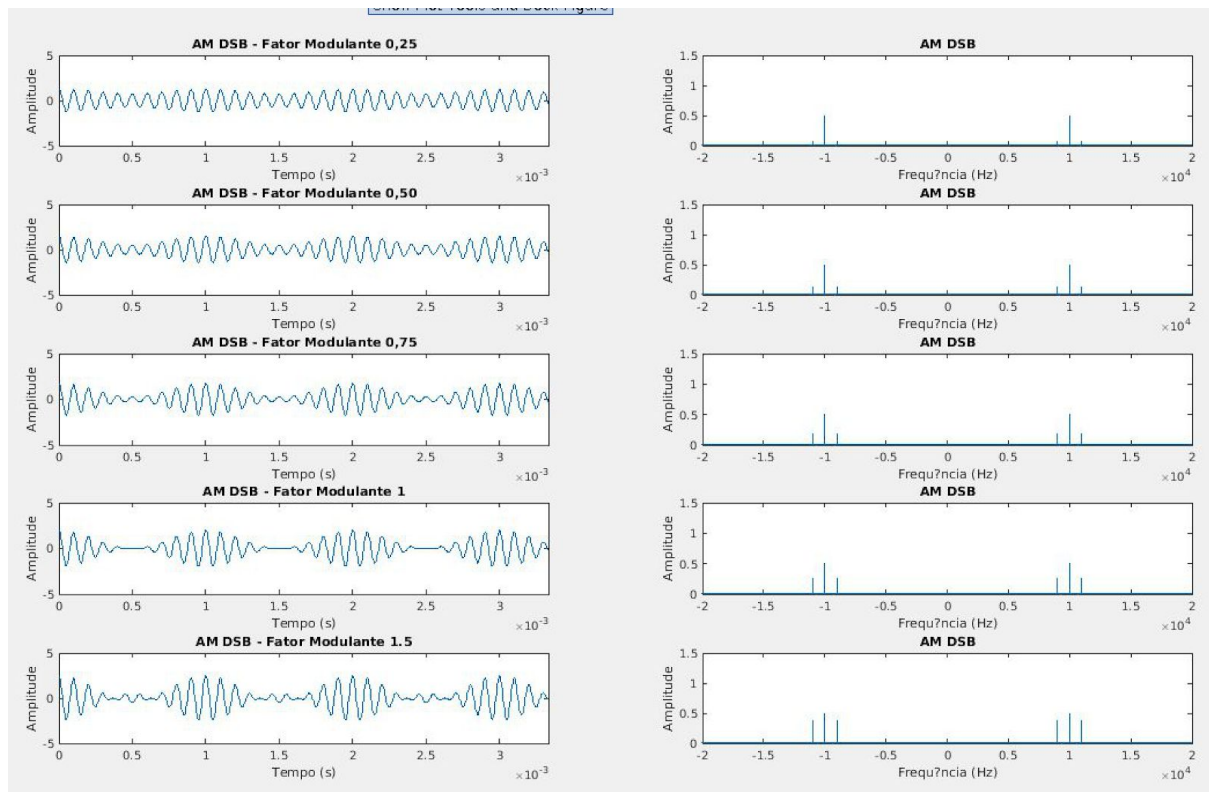


Gráfico 07 - Sinal gerado com diversos fatores de modulação

Neste exercício podemos perceber quanto maior o valor do coeficiente de modulação mais próximo fica da troca de fase, para que isto não ocorra devemos tomar um cuidado em especial, a amplitude do sinal a transmitir não deve ser maior que a amplitude da portadora, no exemplo acima podemos observar que caso o coeficiente de modulação for menor que "1" nosso sinal será transmitido corretamente caso contrário a fase será modificada.

Outra observação é que quanto maior for este fator de modulação, maior é a potência gasta com a portadora, ou seja, existe uma energia considerável sendo consumida pela portadora.

No exercício 02 vamos gerar três sinais com frequências de 1, 2 e 3 KHz com as seguintes funções:

$$m1(t) = \text{sen}(2\pi \cdot 1000 \cdot t)$$

$$m2(t) = \text{sen}(2\pi \cdot 2000 \cdot t)$$

$$m3(t) = \text{sen}(2\pi \cdot 3000 \cdot t)$$

Já nossas portadoras irão ter as seguintes funções:

$$c1(t) = \text{sen}(2\pi \cdot 10000 \cdot t)$$

$$c2(t) = \text{sen}(2\pi \cdot 12000 \cdot t)$$

$$c3(t) = \text{sen}(2\pi \cdot 14000 \cdot t)$$

Segue abaixo sinais  $m_1(t)$ ,  $m_2(t)$  e  $m_3(t)$  plotados no domínio do tempo e na frequência.

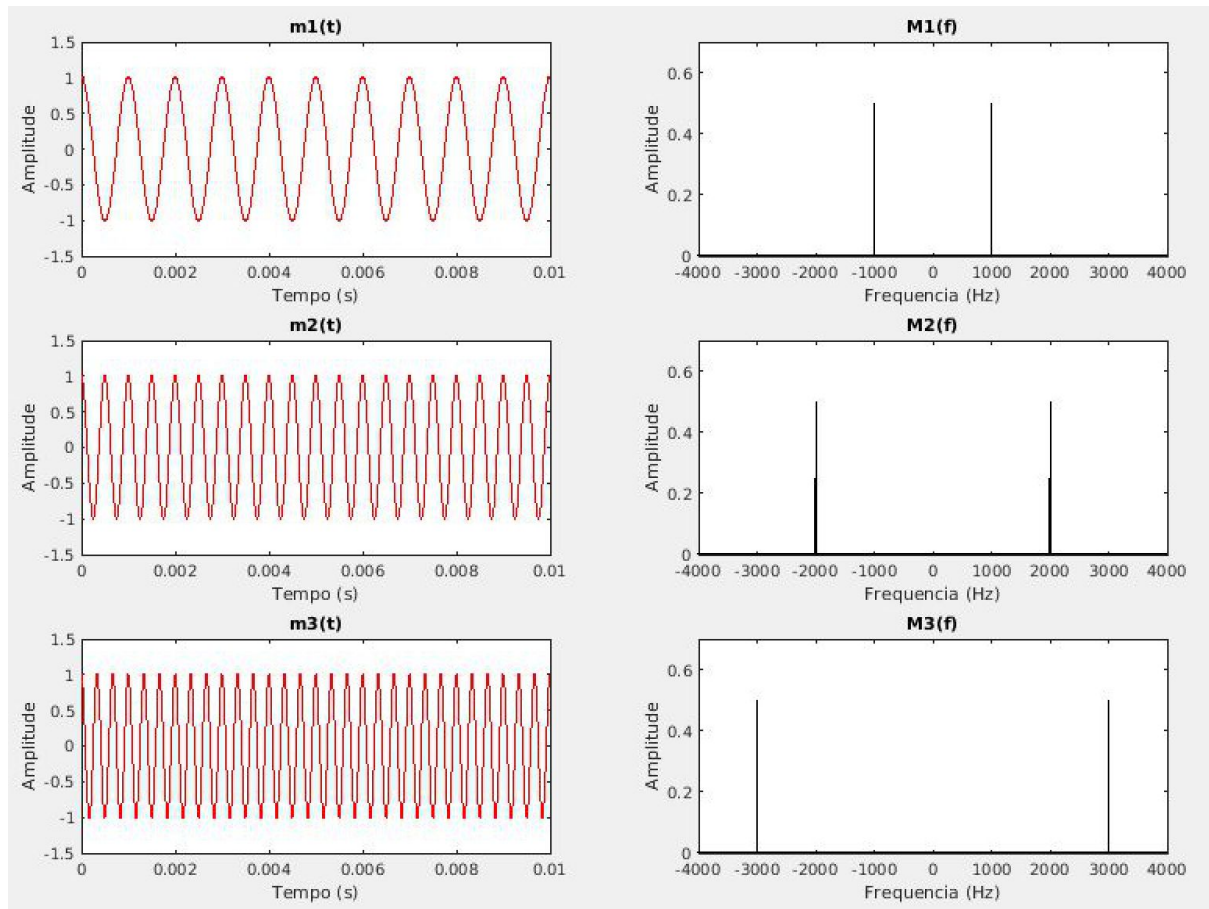


Gráfico 08 - Sinal gerado nas frequências 1, 2 e 3 KHz

Com nossos sinais gerados vamos modular cada um em uma portadora diferente no sinal  $m_1(t)$  vamos utilizar a portadora  $c_1(t)$  com 10 KHz, no sinal  $m_2(t)$  a portadora  $c_2(t)$  com 12 KHz e no  $m_3(t)$  a portadora  $c_3(t)$  com 14 KHz. Com todos os sinais modulados vamos dar início ao tratamento para envio em um único canal, antes de somarmos percebemos que é necessário fazer uma seleção da banda passante em todos os sinais, neste caso utilizaremos uma técnica que consiste em capturar apenas uma banda do sinal, para este exemplo vamos utilizar apenas a banda inferior, ou seja, ao modularmos os sinais vamos ter apenas as frequências de 9, 10 e 11 KHz, pois as demais serão ignoradas, segue abaixo gráfico demonstrativo.



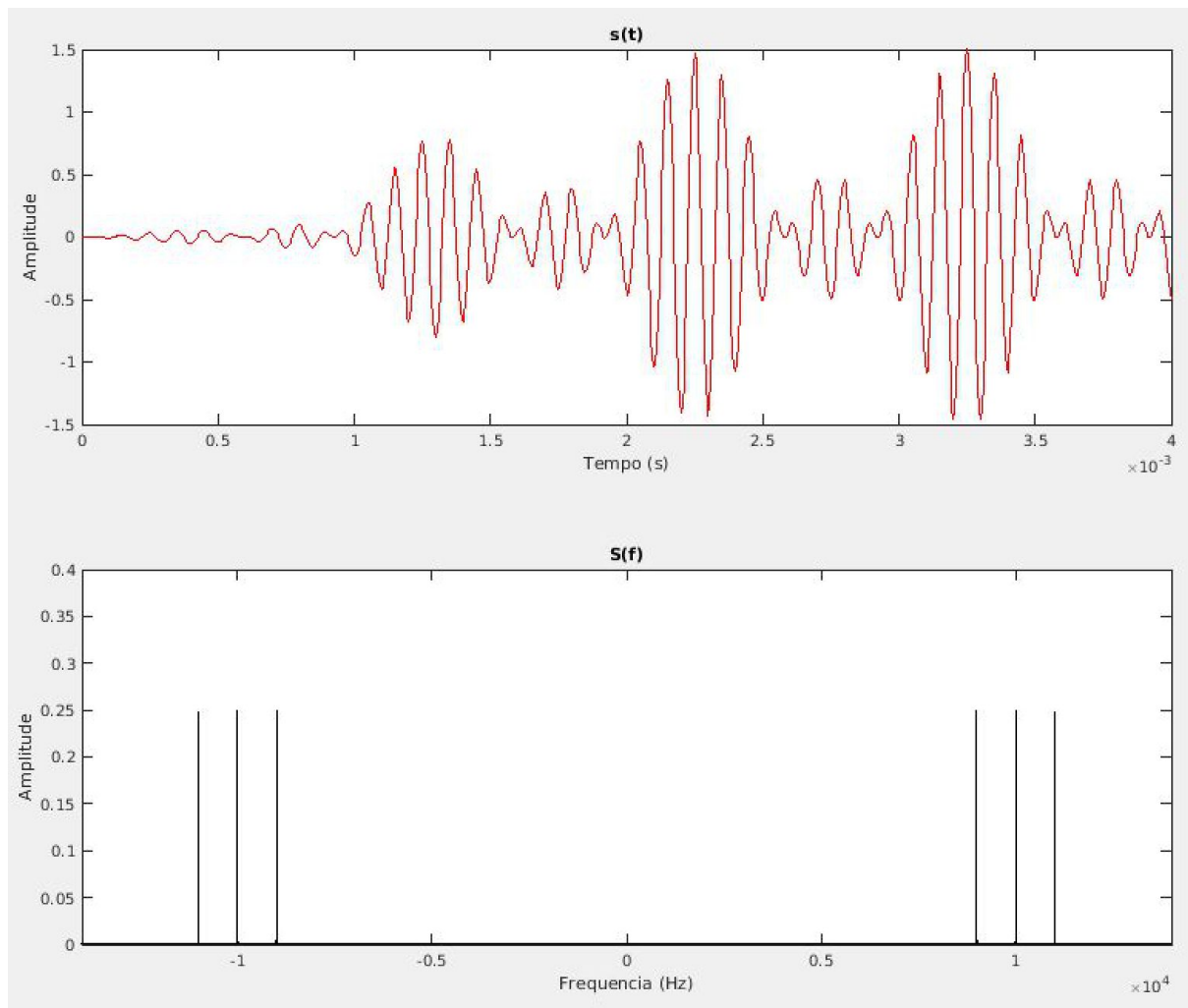


Gráfico 09 - Sinal enviado

Podemos observar que existe uma soma de senos, com frequências de 9, 10 e 11 KHz devido ao deslocamento das portadoras. Para demodulação devemos ter a noção de que existem vários sinais sendo emitidos neste mesmo canal, para isto vamos tratá-los cada um de maneira distinta, primeiro vamos gerar três filtros nas frequências de 9, 10 e 11 KHz, para então utilizá-los na filtragem do sinal recebido.

Vamos filtrar o sinal recebido nas frequências de 9, 10 e 11 KHz e separá-los e tratá-los cada um individualmente, abaixo podemos observar melhor como isto foi executado.



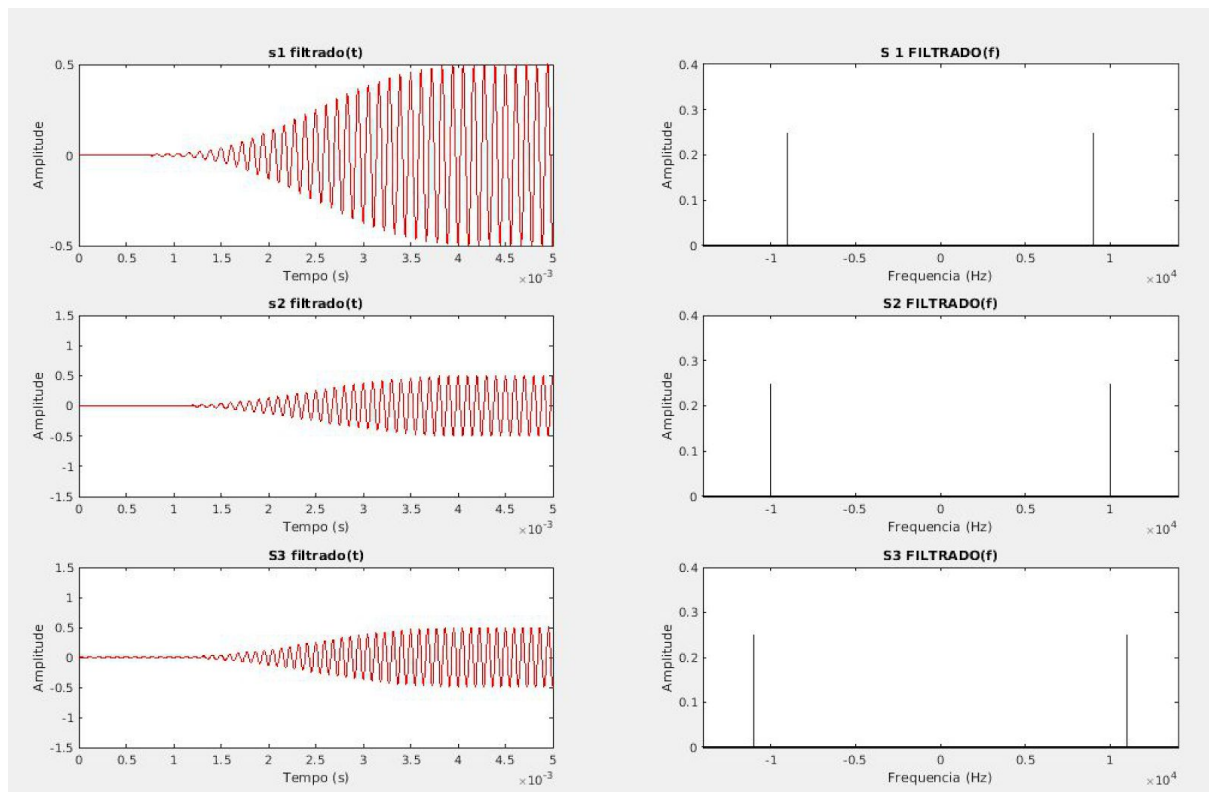


Gráfico 10 - Sinal recebido e filtrado nas frequências de 9, 10 e 11 KHz.

Observamos que temos três sinais nas frequências de 9, 10 e 11 KHz, agora vamos ter que recuperá-los demodulado cada um de acordo com sua portadora. Note que no início de cada gráfico temos uma atenuação do sinal, isto ocorre pelo fato de nosso filtro não é ideal, vamos notar isto acontecendo toda vez que filtramos o sinal utilizando a função filter do matlab.

Nota-se que ao filtrar o sinal temos apenas uma única frequência operando em cada sinal, ou seja, conseguimos separá-los cada um de acordo com a necessidade, agora vamos demodular cada um de acordo com sua portadora para então podermos observar o que acontece.

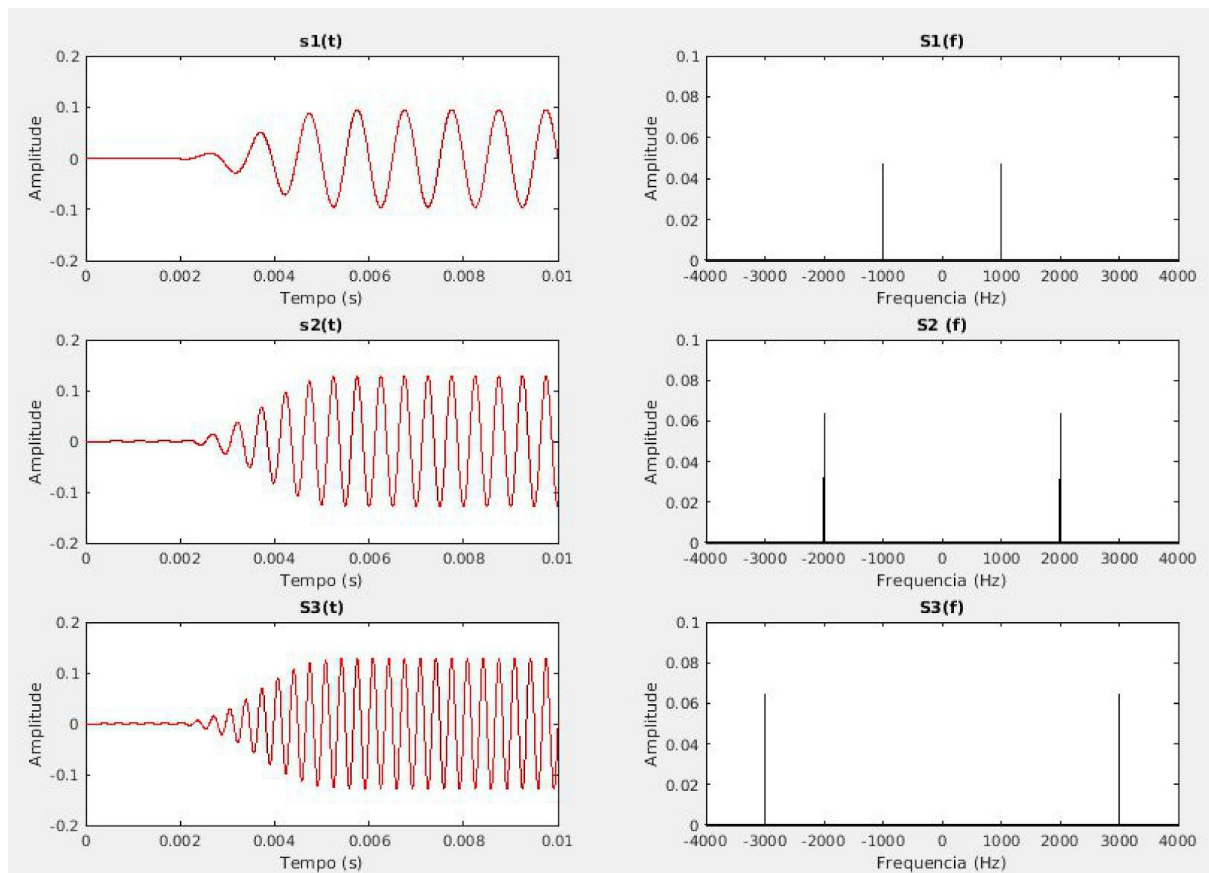


Gráfico 11 - Sinal recebido e filtrado nas frequências de 1, 2 e 3 KHz.

Aplicando a filtragem em cada um dos sinais podemos notar que nosso objetivo está praticamente concretizado, percebe-se que temos o sinal  $s1(t)$ ,  $s2(t)$  e  $s3(t)$  muito parecido com os sinais  $m1(t)$ ,  $m2(t)$  e  $m3(t)$ , que são nossos sinais emitidos. Todas as frequências que tínhamos no início aparecem novamente no final do processo.

### **Seção III:**

#### **Conclusão**

No exercício 01 foram apresentadas dois tipos de modulação AM DSB e AM DSB SC, na primeira parte tratamos da modulação AM DSB, como observado nesta modulação trata-se de uma modulação comum com deslocamento na frequência de acordo com portadora e envio do sinal, nesta modulação foi possível constatar que qualquer sinal pode ser transmitido em qualquer faixa de frequência e depois podemos recuperá-lo em sua forma original.

Na modulação AM DSB SC somamos uma amplitude com o sinal a  $m(t)$  para então modular e enviar, foi constatado que para esta operação ser concluída com sucesso a amplitude de  $m(t)$  deve ser menor que a amplitude somada, portanto podemos afirmar que neste tipo de modulação temos um gasto de energia maior com a portadora o que ocasiona um desperdício de energia.

No exercício 02 podemos concluir que é possível enviar mais de um sinal em apenas um único canal, para isto é necessário um tratamento especial antes da emissão do sinal, devemos sempre ter em mente que não é necessário enviar todas as faixas de frequências do sinal, podemos apenas utilizar uma banda única de passagem, seja ela inferior ou superior, fazendo isto estamos enviando um sinal de forma eficiente e gerando uma economia na largura de banda enviando mais de uma portadora pela mesma transmissão.

## **Seção IV:**

### **Referências**

- [1] - [https://pt.wikipedia.org/wiki/Transformada\\_de\\_Fourier](https://pt.wikipedia.org/wiki/Transformada_de_Fourier)
- [2] - <https://en.wikipedia.org/wiki/Signal>
- [3] - <https://www.embarcados.com.br/aprenda-sobre-modulacao-am/>

## **Seção V - Códigos**

Segue link para os códigos executados nos exercícios.

<https://github.com/osvaldosneto/COM1/tree/master/Relatorio02>