

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
Campus São José

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Aluno: Vinícius Souza
Matéria: COM1 - 2019/1

Data: 27/03/2019

COM1 - Relatório 2

Seção I - Introdução

Este relatório tem por objetivo testar e validar conceitos sobre as modulações AM DSB e AM DSB SC. Inicialmente estudaremos estes dois modelos, pois eles servem como base para o entendimento dos demais tipos de modulação utilizados atualmente.

Para o desenvolvimento das atividades utilizaremos o software MatLab, bem como algumas funções disponibilizadas em sua biblioteca.

Seção II - Embasamento Teórico

Alguns conceitos são imprescindíveis para o desenvolvimento e entendimento deste relatório, por conta disso, abordaremos estes conceitos nesta seção.

Modulação → modulação é um processo que consiste em alterar características de um sinal com a finalidade de transmitir alguma informação. A informação pode ser transmitida, basicamente, em termos de amplitude, frequência ou fase de uma onda portadora, que são variados proporcionalmente ao sinal modulado (o sinal de informação). Neste relatório, estudaremos a modulação por amplitude (*AM - Amplitude Modulation*).

AM DSB SC → *Amplitude Modulation Double Side Band with Supressed Carrier*. É um tipo de modulação por amplitude, no qual são transmitidas as bandas laterais superior e inferior do sinal, fazendo com que a largura de banda necessária para transmissão seja o dobro da frequência do sinal a ser modulado. Nesta modulação, a portadora (*Carrier*) não é transmitida.

AM DSB → também é uma modulação por amplitude com banda lateral dupla, porém neste caso, diferente da modulação AM DSB SC, a portadora é transmitida juntamente com o sinal modulado.

Portadora → sinal que terá suas características alteradas com a finalidade de transmitir alguma informação. Tais características são alteradas proporcionalmente ao sinal de informação a ser transportado (sinal modulante).

Índice de Modulação → número adimensional que relaciona a amplitude máxima e mínima de um sinal. É um parâmetro utilizado em modulação para deslocar o sinal “para cima” do eixo de amplitude, fazendo com que não haja inversão de fase na transmissão da informação. O valor máximo do índice de modulação para que não haja inversão de fase é 1.

Seção III - Desenvolvimento

Nesta seção serão apresentados os gráficos e os comentários referente as atividades desenvolvidas na elaboração do relatório, buscando relacionar os exercícios de acordo com os conceitos apresentados na seção anterior.

Exercício 1

Neste primeiro exercício, iremos gerar um sinal $m(t)$ e uma portadora $c(t)$, para os quais, utilizaremos dois processos de modulação: AM DSB SC e AM DSB TC. Para o primeiro caso, faremos a modulação e a demodulação, simulando a transmissão e recepção do sinal. Para o segundo caso, modularemos o sinal $m(t)$ e verificaremos os impactos causados pela variação do índice de modulação.

Os sinais $m(t)$ e $c(t)$ utilizados neste exercício possuem as seguintes características:

- **Sinal de informação:** $m(t) = \sin(2\pi 1000t)$ - seno de amplitude 1V e frequência de 1000 Hz;
- **Portadora:** $c(t) = \cos(2\pi 20000t)$ - cosseno de amplitude 1V e frequência de 20000 Hz.

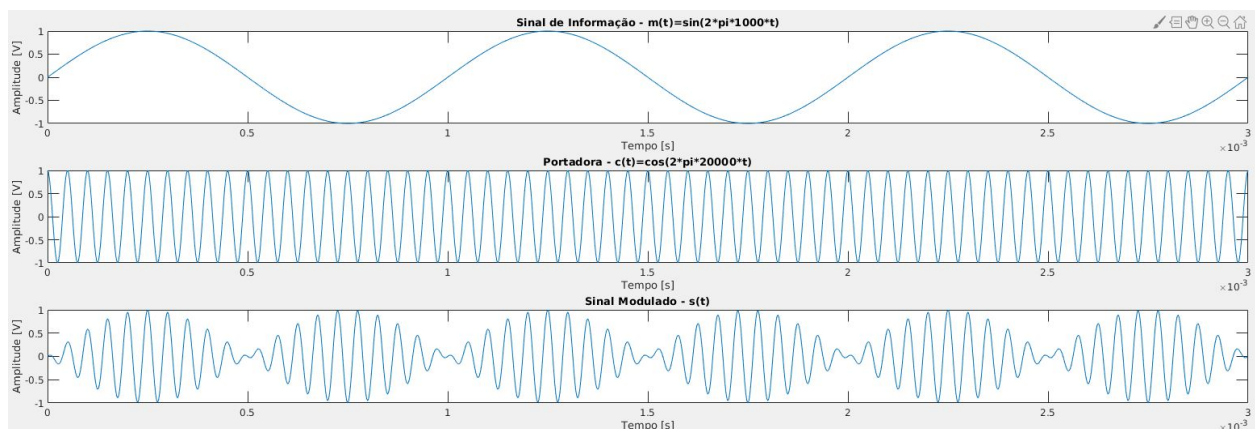


Figura 1 - Sinal modulado em AM DSB SC no tempo

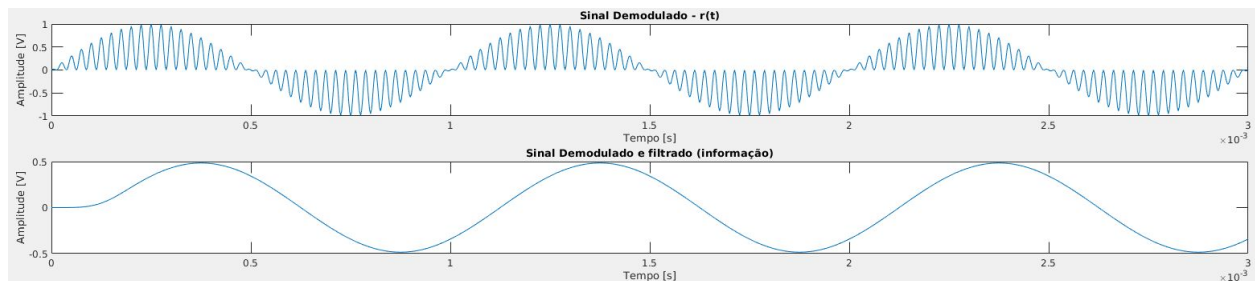


Figura 2 - Sinal demodulado em AM DSB SC no tempo

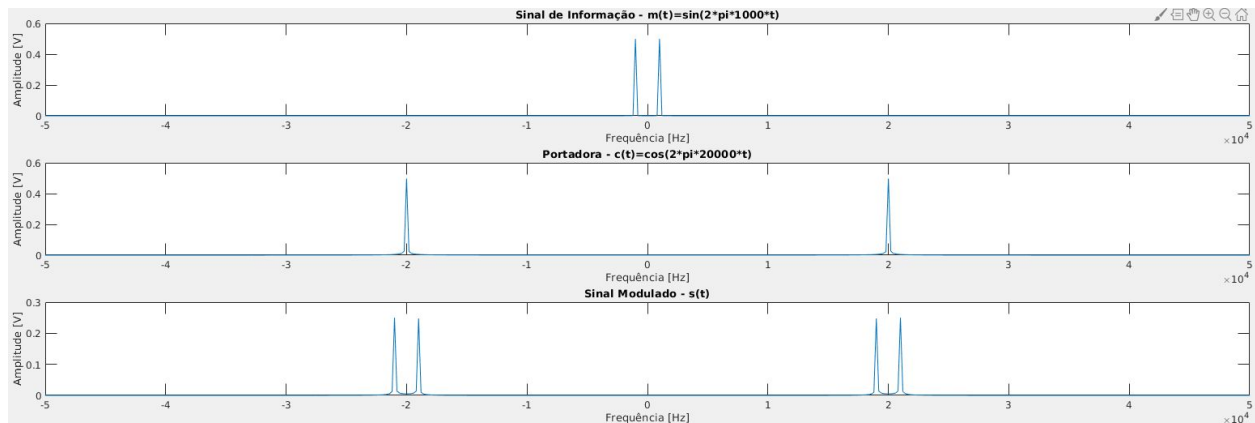


Figura 3 - Sinal modulado em AM DSB SC na frequência (espectro)

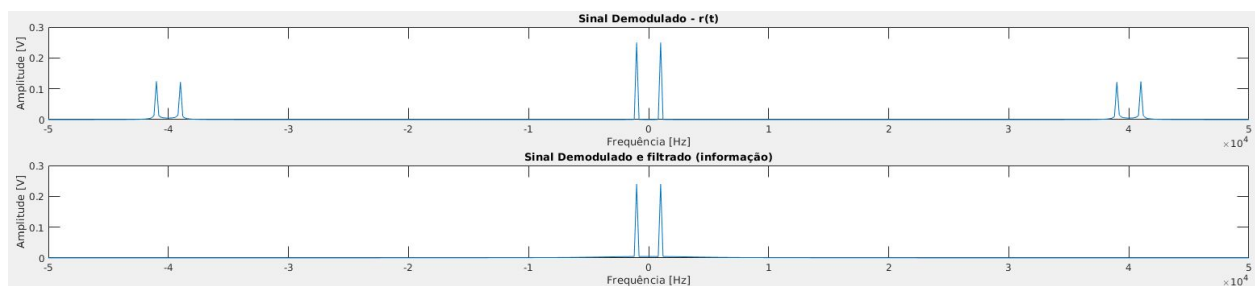


Figura 4 - Sinal demodulado em AM DSB SC na frequência (espectro)

De acordo com o espectro do sinal $s(t)$, observamos que a portadora, que estava presente na frequência de 20 KHz, não está mais presente no sinal modulado, conforme descrito na especificação da modulação AM DSB SC (*Supressed Carry*). Além disso, vemos que o sinal de informação se encontra ao redor da portadora, em 19 e 21 KHz, ocupando, desta forma, 2 KHz de banda, também de acordo com o especificado pela modulação AM DSB (*Double Side Band*). Observando ainda, o mesmo sinal no domínio do tempo, vemos que a informação encontra-se na sua envoltória, variando entre a parte positiva e negativa do eixo da amplitude.

Posteriormente, demodulamos o sinal, ou seja, multiplicamos no tempo novamente pela portadora. A partir do espectro de $r(t)$ é possível verificarmos que o sinal é transportado para as frequências centrais de 0 e 40 KHz, sendo que na frequência 0, o sinal possui a mesma amplitude do sinal enviado $s(t)$, já que neste ponto são somadas as componentes positivas e negativas de $s(t)$. Com isso, basta passarmos um filtro passa baixas para capturarmos o sinal original - nota-se ainda que a ordem do filtro pode ser reduzida, já que o espectro possui frequências mais distanciadas.

Ao fim do processo, após filtrarmos o sinal $r(t)$, chegamos ao sinal original de informação, só um pouco defasado no tempo, devido a todo o processamento que fora realizado no mesmo.

Agora, ainda no mesmo exercício, vamos analisar a modulação AM DSB TC (*Transmitted Carry* - a portadora é transmitida junto da informação), verificando a variação do índice de modulação.

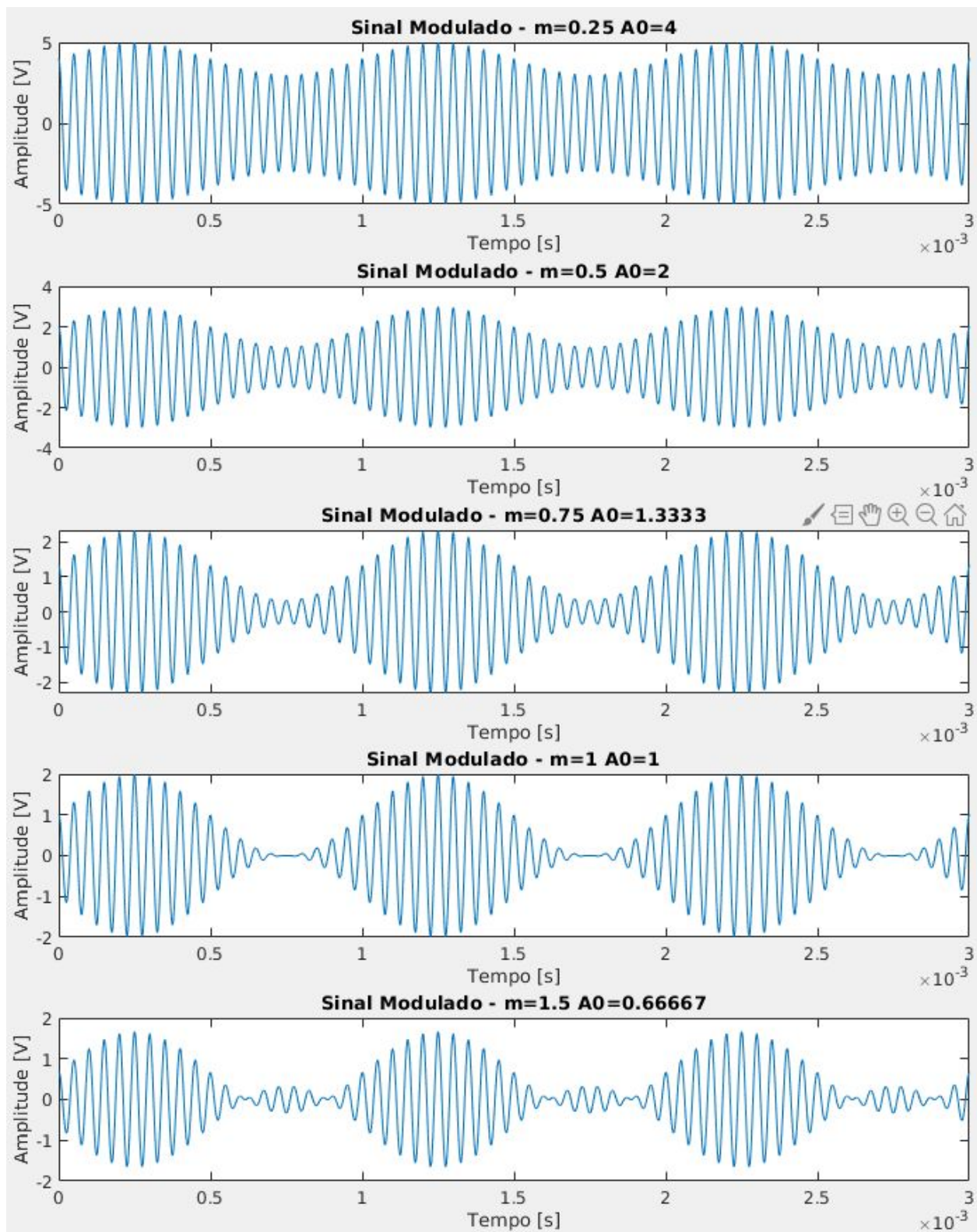


Figura 5 - Sinal modulado em AM DSB TC com diferentes índices de modulação

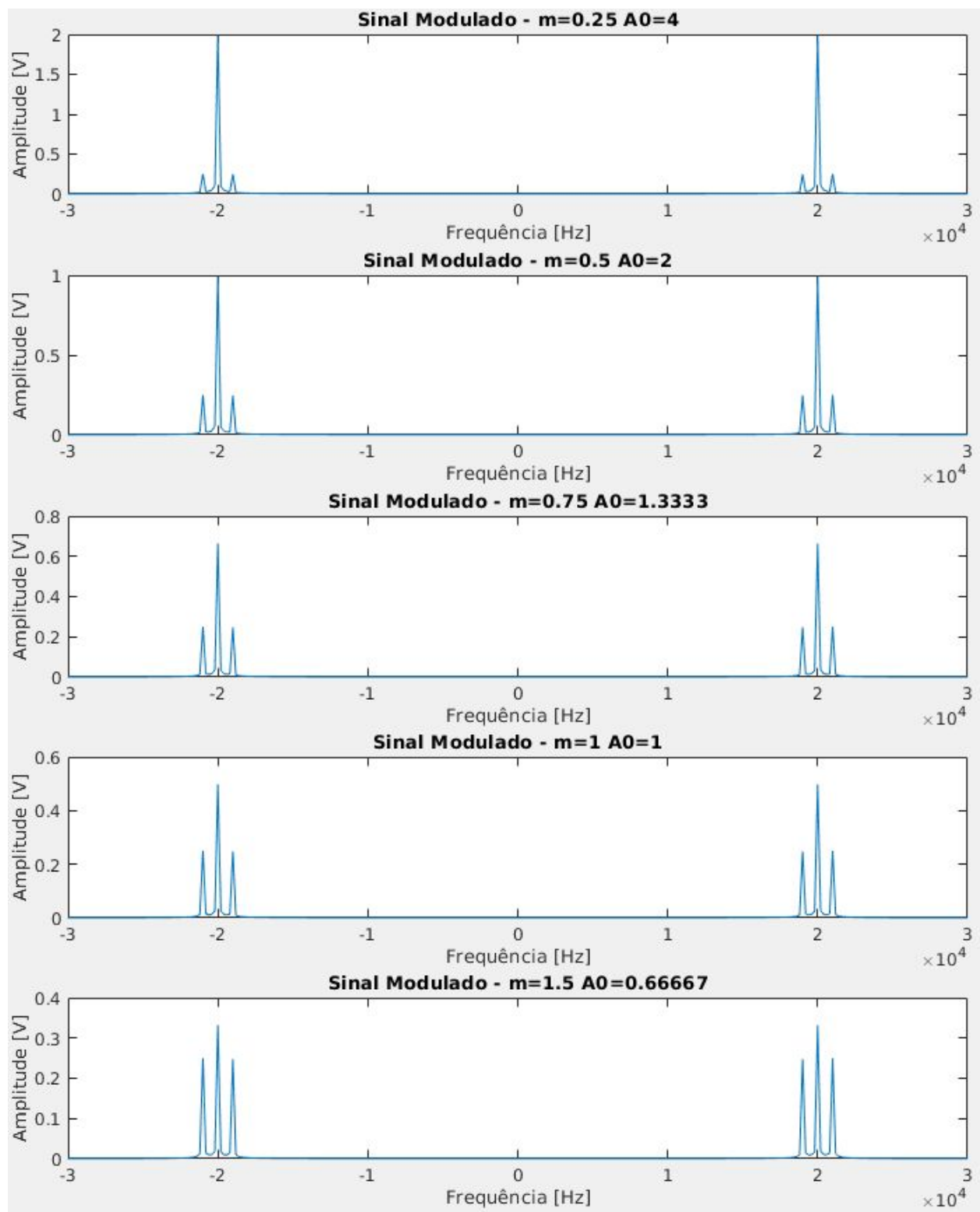


Figura 6 - Espectros do sinal modulado em AM DSB TC com diferentes índices de modulação

De acordo com a representação do sinal modulado no domínio do tempo (figura 5), observamos que a variação de amplitude máxima com amplitude mínima aumenta de acordo

com o aumento do índice de modulação, até o valor máximo, 1. Neste momento, temos a mínima elevação do sinal no eixo da amplitude para que o mesmo seja inteligível na recepção. Acima do índice de modulação 1, observamos uma inversão de fase no sinal, fazendo com que a detecção na recepção seja invalidada, já que detecção da envoltória na modulação AM DSB é feita na parte positiva do eixo de amplitude (acima de 0).

Observando o espectro gerado, vemos que a relação do índice de modulação (A_0/A_i), indicará o valor da amplitude do impulso na frequência da portadora, fazendo com que a potência transmitida na portadora seja maior ou menor, de acordo com o índice de modulação. Ou seja, quanto menor (mais próximo de 0) for o índice de modulação, maior será a potência na portadora e, por consequência, menor será a variação entre a amplitude máxima e mínima do sinal.

Exercício 2

Neste exercício iremos gerar três sinais cossenos nas frequências de 1, 2 e 3 KHz e os multiplexaremos nas frequências de 10, 12 e 14 KHz, respectivamente. O intuito deste exercício é simularmos a multiplexação de diferentes sinais em um mesmo meio de transmissão, simulando tanto a transmissão, quando a recepção destes sinais.

Gerados os seguintes sinais de informação:

- $\cos(2\pi 1000t)$, $\cos(2\pi 2000t)$, $\cos(2\pi 3000t)$

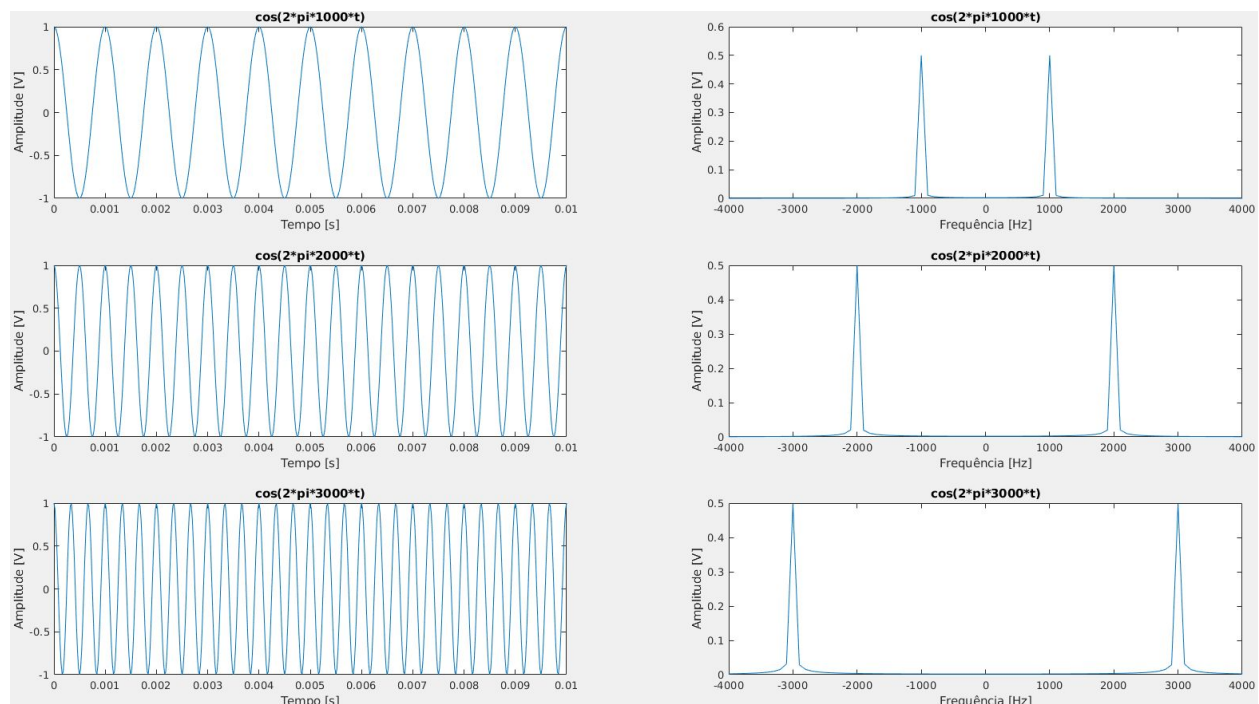


Figura 7 - Sinais de informação que serão multiplexados

Transportamos os sinais de informação com a parte positiva do espectro nas frequências de 10, 12 e 14 KHz, respectivamente.

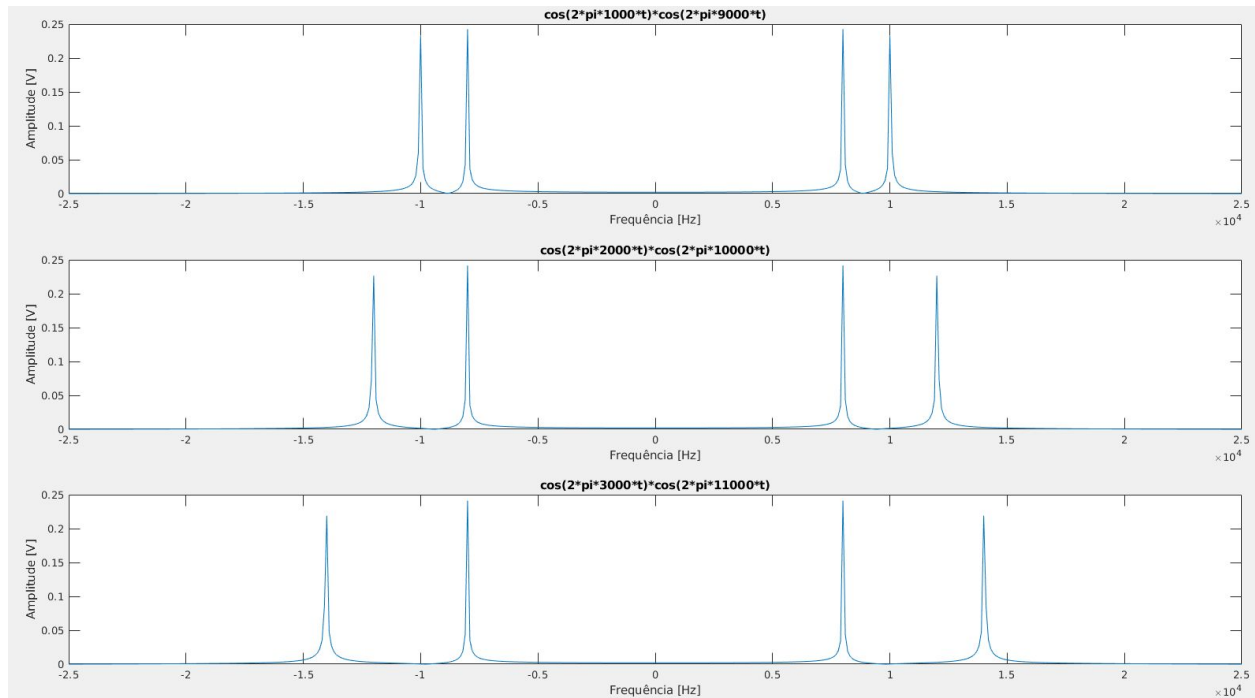


Figura 8 - Sinais transportados para as respectivas frequências

Multiplexamos os sinais de informação no mesmo “canal”. Observa-se, no espectro gerado, que o valor de 8000 Hz possui maior amplitude. Isso acontece devido a sobreposição dos três sinais neste ponto.

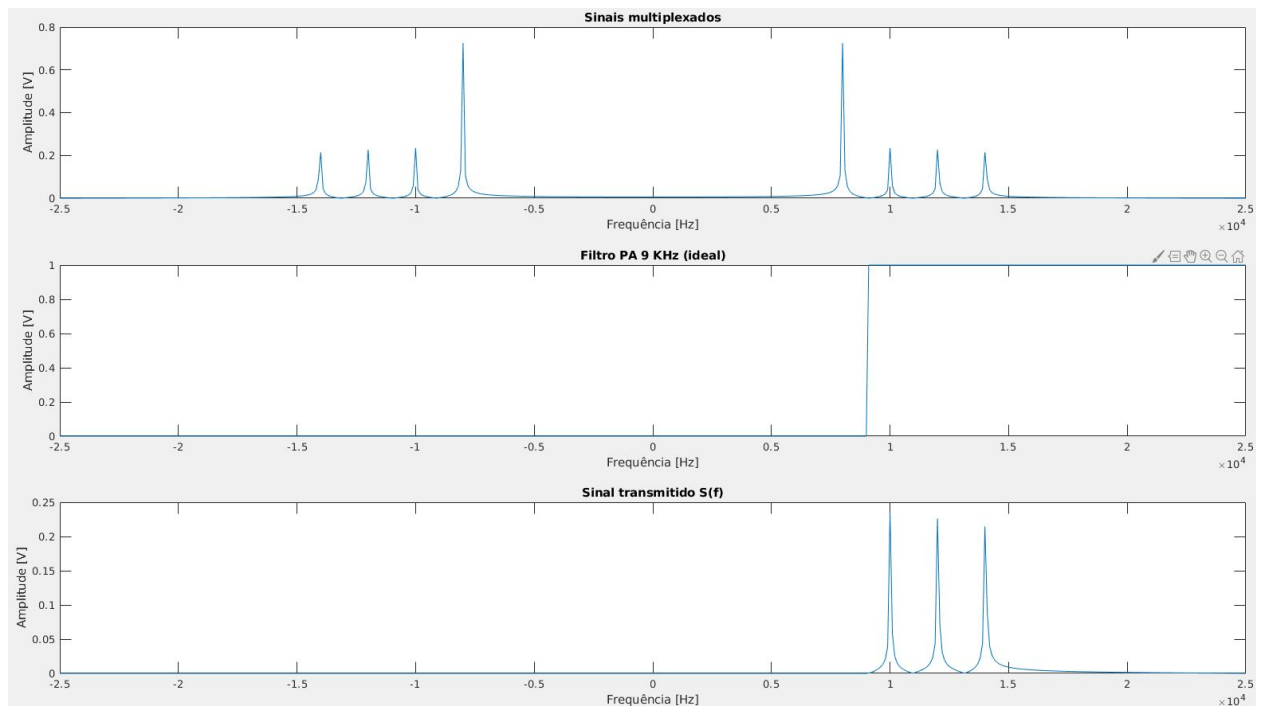


Figura 9 - Sinal multiplexado e filtrado (que será transmitido)

Após a multiplexação dos sinais, utilizamos um filtro passa-altas com frequência de corte em 9000 Hz, já que as componentes desejadas são 10, 12 e 14 KHz. Utilizamos um filtro ideal com ganho igual a 1.

Na figura a seguir, nota-se o seguinte processo: para capturar o sinal de informação nas três frequências originais (1, 2 e 3 KHz), transportamos o sinal recebido para tais frequências, multiplicando pelos mesmos cossenos utilizados na transmissão, ou seja, cossenos 9, 10 e 11 KHz.

Para cada situação, há um filtro para isolar a informação desejada. No primeiro caso, um filtro passa baixas de 1 KHz, no segundo um filtro passa faixa de 1 a 3 KHz, e no terceiro caso, um filtro passa baixa de 2 a 4 KHz.

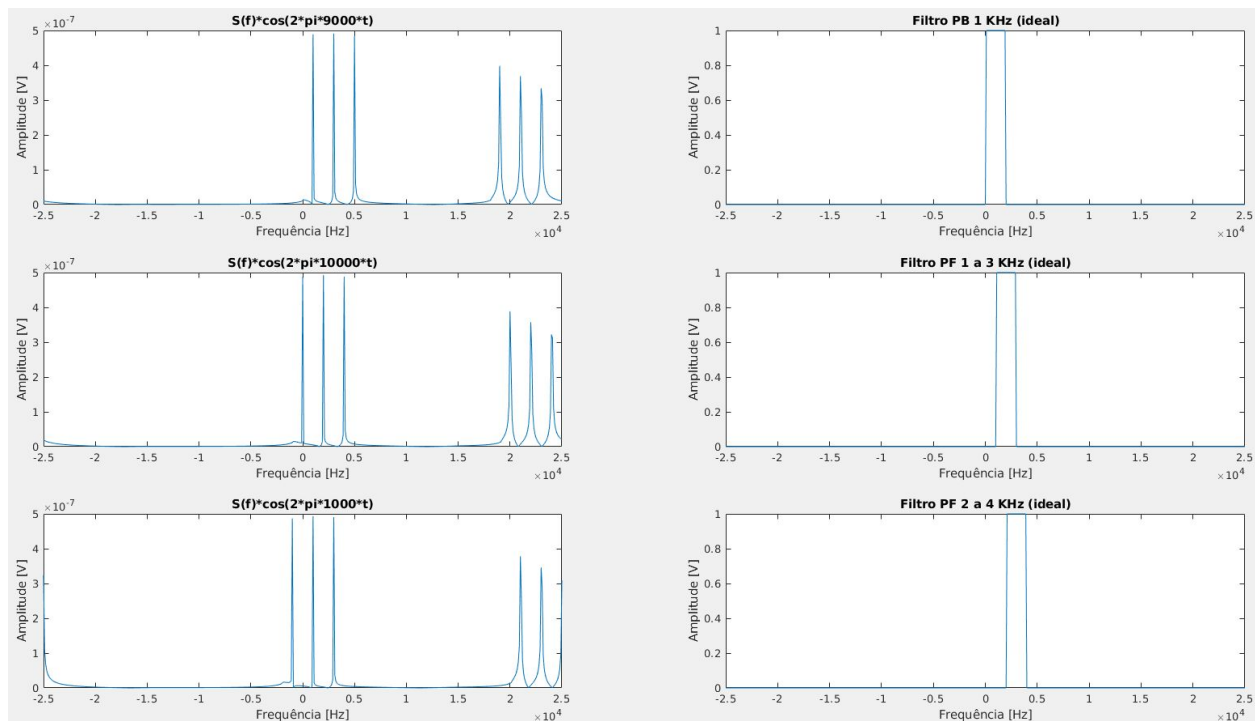


Figura 10 - Sinal recebido transportado para as frequências iniciais e espectro dos filtros que serão utilizados

Por fim, após passarmos os respectivos sinais pelos seus respectivos filtros, temos os sinais de informação gerados no início do processo. Sinais, estes, que estão demonstrados na figura a seguir.

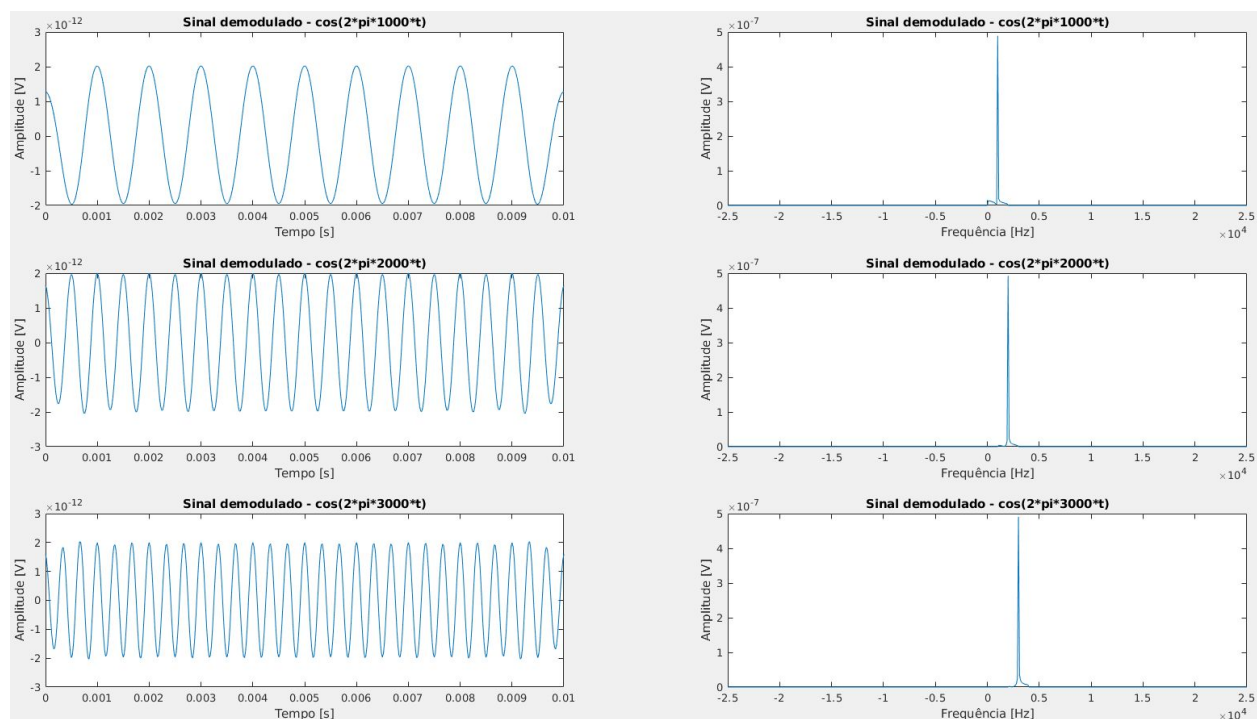


Figura 11 - Sinais demodulados e filtrados

A partir das operações realizadas no sinal original, foi possível multiplexarmos as três informações (sinais) em um mesmo canal de comunicação e recuperarmos cada um, individualmente, na recepção.

Obs.: nota-se que foi utilizado um filtro passa-altas na transmissão e outros três filtros diferentes na recepção. Entretanto, seria possível utilizar os mesmos três filtros da recepção, também na transmissão do sinal. Isso seria possível, basicamente, alterando a ordem dos eventos, ou seja, os sinais de informação deveriam ser filtrados antes do processo de multiplexação. Isto pode ser útil em algumas situações onde deseja-se aproveitar os mesmos projetos de filtros.

Seção IV - Conclusões

Nesta seção, abordaremos as conclusões chegadas a partir dos exercícios realizados.

Exercício 1

Através dos experimentos realizados neste exercício, foi possível identificar e diferenciar as características das modulações AM DSB SC e AM DSB TC, confirmando resultados que já eram esperados, devido a especificação destas modulações. É possível constatar que há um certo desperdício de banda na modulação AM DSB, já que ela transmite os “dois lados” da banda (poderia ser removido incluindo um filtro, porém obviamente, isso aumenta a complexidade e o custo do circuito), e no caso da AM DSB TC, ainda há potência na própria portadora.

Vimos também os resultados obtidos com a variação do índice de modulação na modulação AM DSB TC, que isto influencia diretamente na inteligibilidade do sinal, e também

na potência transmitida na portadora, ou seja, influencia diretamente em parâmetros cruciais para a transmissão de sinais.

Exercício 2

Com os experimentos realizados neste exercício, foi possível simularmos a transmissão e recepção de sinais multiplexados, ou seja, foi possível inserirmos três sinais diferentes em um mesmo canal de transmissão, transmiti-los e recuperá-los, individualmente, na recepção.

Este procedimento está relacionado com o que foi chamado de convergência de tecnologias, em que diversos tipos de informação (dados, voz, vídeo, etc), que antes necessitavam de equipamentos e canais de comunicação exclusivos para o seu funcionamento, agora são transmitidas e recebidas por meio de um mesmo canal de comunicação, aproveitando a mesma infra-estrutura, graças a multiplexação dos diferentes tipos de sinais.

Seção V - Códigos

Os códigos utilizados para o desenvolvimento deste relatório estão disponíveis no seguinte endereço: <https://github.com/viniciusluzsouza/COM/tree/master/COM1/relatorio2>