

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: 18/03/2019

# COM1 - Relatório 1

## Seção I - Introdução

Neste relatório serão desenvolvidas atividades com o intuito de revisar conceitos aprendidos anteriormente, nas matérias de sinais. Iremos gerar sinais e analisá-los nos domínios do tempo e da frequência, para debatermos sobre conceitos de potência, energia e filtragem de sinais, através de filtros reais e ideais. Além disso, relacionaremos conceitos de probabilidade com ruídos e analisaremos seu comportamento em sinais.

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.

**Sinais** → todos os sinais conhecidos na natureza podem ser representados por uma soma de senos e/ou cossenos. Utilizaremos este conceito para gerar sinais semelhantes a ondas quadradas e também para analisarmos sinais no domínio da frequência.

**Domínios do tempo e da frequência** → os sinais podem ser representados em função do tempo (domínio do tempo) e em função da frequência (domínio da frequência). A representação no domínio da frequência facilita a visualização de alguns fenômenos e também de alguns cálculos que são necessários ao trabalhar com sinais.

**Transformada de Fourier** → operação matemática que tem o objetivo de transformar um sinal do domínio do tempo para o domínio da frequência, usando como guia o conceito fundamental de sinais, descrito anteriormente.

**Sinais de Potência e Energia** → um sinal é dito de energia, quando é possível calcularmos sua energia no tempo, ou seja um sinal limitado no tempo. Um sinal é dito de potência quando for possível calcularmos sua potência no tempo (sinal periódico) ou caso possua um espectro limitado.

**Densidade Espectral de Energia** → indica como é a distribuição de energia ou potência de um sinal no domínio da frequência, ou seja, em quais frequências estão distribuídas a maior parte da energia, ou potência de um sinal.

**Densidade Espectral de Potência** → indica como será a distribuição de potência de um sinal no domínio da frequência em Watts / Hertz.

**Autocorrelação de um Sinal** → indica o quão relacionado um sinal é, consigo mesmo, ou seja, indica a relação entre as amostras de um sinal.

**Ruído branco** → sinal aleatório com amplitude “constante” em todo o espectro de frequências.

**Filtros** → dispositivos utilizados em processamento de sinais para realizar a filtragem de sinais, com o intuito de recuperar alguma informação.

### 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 exercício geraremos um sinal ‘s’ que será a soma de três outros sinais senos com amplitudes de 6, 2 e 4V, e frequências 1, 3 e 5 kHz, respectivamente. Mostraremos sua representação no domínio do tempo e da frequência. Após isto, determinaremos a potência média do sinal e a sua densidade espectral de potência.

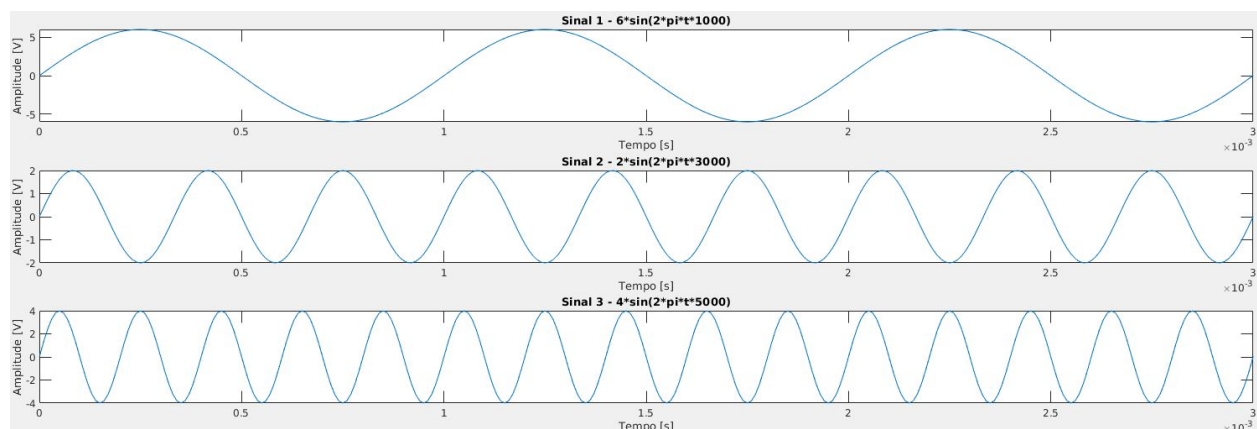


Figura 1 - Sinais de entrada exercício 1

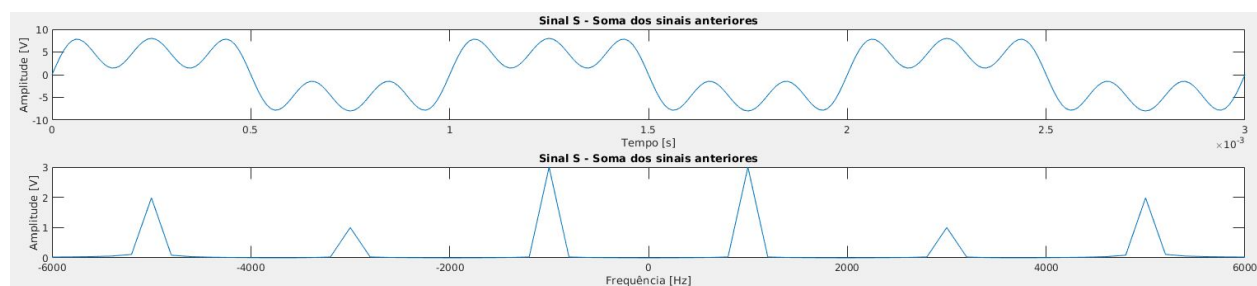


Figura 2 - Sinal s no domínio do tempo e da frequência

De acordo com o sinal ‘s’, podemos verificar que o somatório de ondas de seno (ou cosseno) tende a se tornar uma onda quadrada e, portanto, o somatório infinito dessas

componentes, indica uma onda quadrada perfeita. Também, de acordo com o espectro de 's' é possível verificar as frequências das componentes que foram somadas ao sinal.

Após exibir a representação gráfica dos sinais, calculamos a potência do sinal através da função 'norm', responsável por calcular norma do (média) vetor com os valores de amplitude do sinal 's'. Do ponto de vista geométrico, a norma ao quadrado representa a energia, que, dividida pelo tempo, nos dá a potência do sinal. O valor de potência indicado pelo cálculo foi 27.9441 W, que confere com o resultado obtido através do somatório da fórmula  $P=A^2/2$  aplicada a cada sinal de entrada, que nos dá o valor de 28W.

Na figura a seguir, será demonstrada a densidade espectral de potência do sinal 's', na qual podemos verificar que a maior parte da distribuição de potência do sinal está nas frequências que compuseram o sinal, ou seja, até 5 kHz.

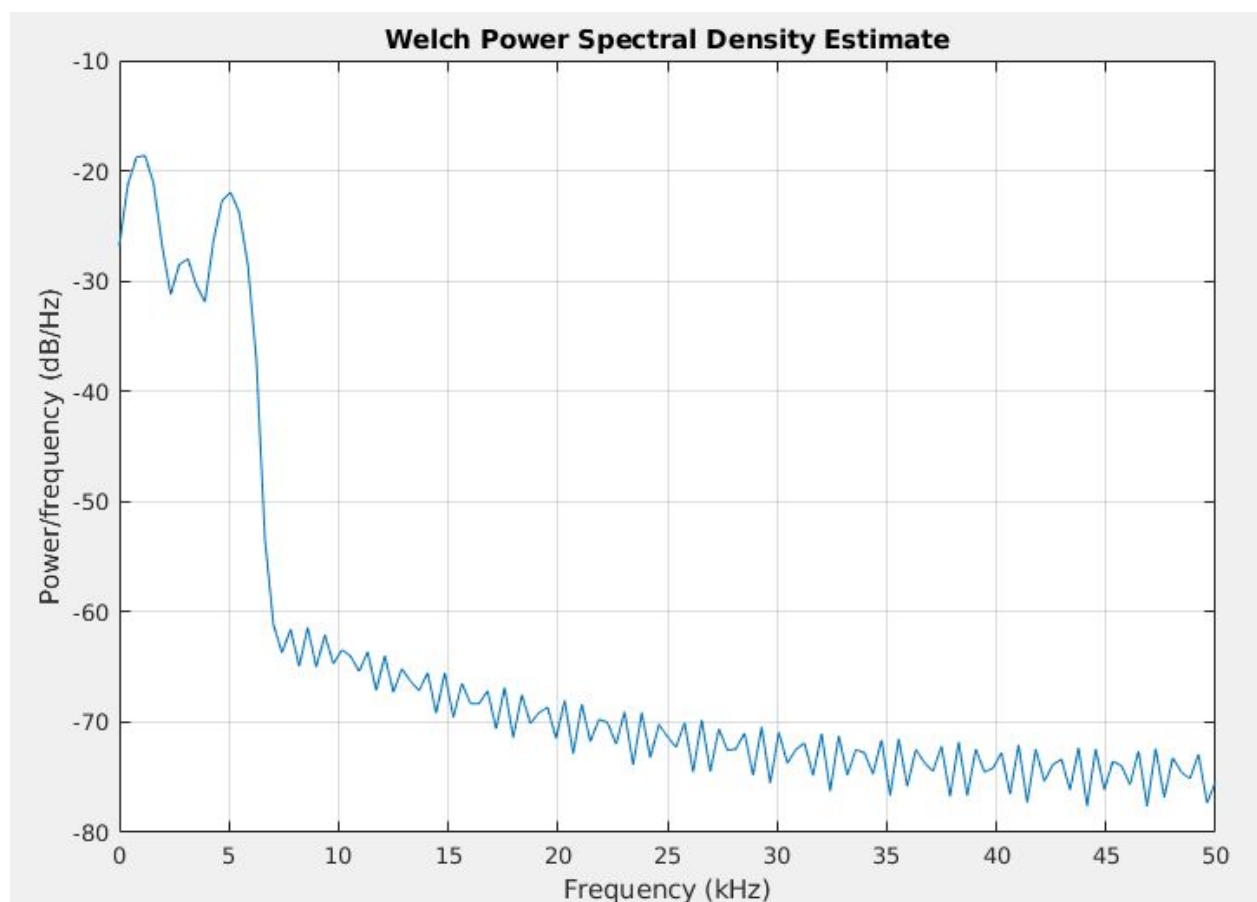


Figura 3 - Densidade Espectral de Potência sinal 's'

## Exercício 2

Neste exercício geraremos um sinal 's' que será a soma de três outros sinais senos com amplitudes de 5, 5/3 e 1V, e frequências 1, 3 e 5 kHz, respectivamente. Posteriormente passaremos o sinal por três filtros ideais, um passa baixas, um passa altas e um passa faixa, e analisaremos as saídas que obtivermos.

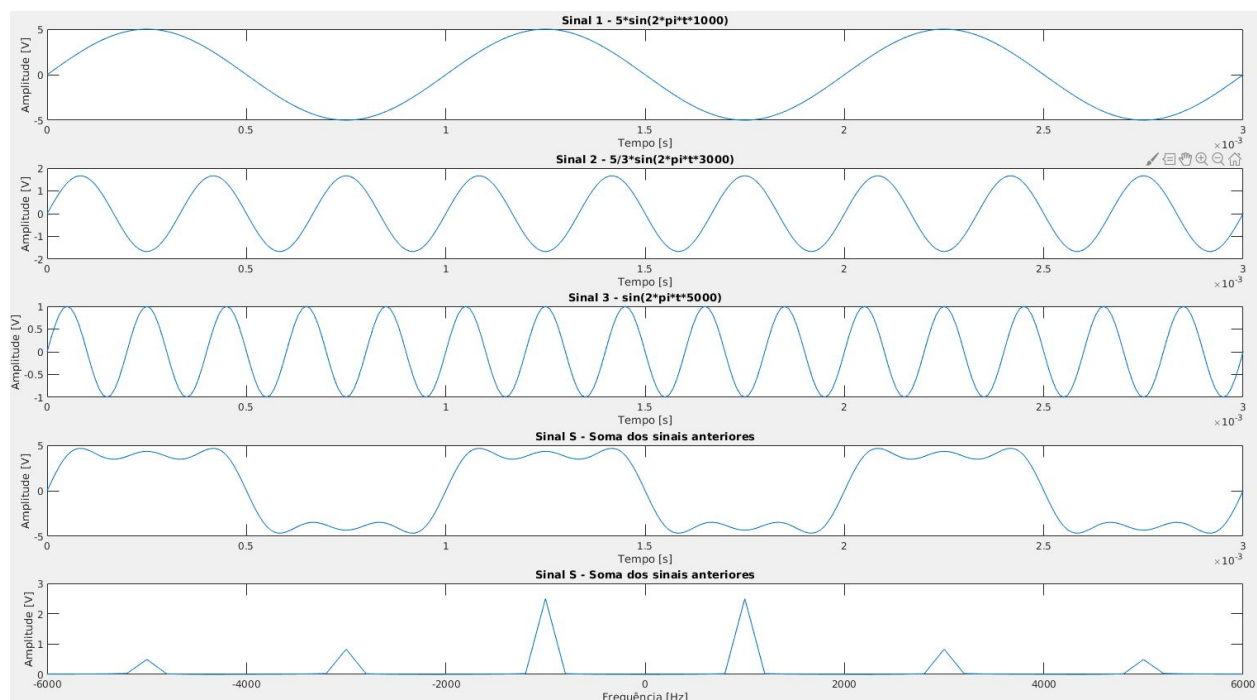


Figura 4 - Composição do sinal s

Analisando a figura acima, observamos que as frequências que compuseram o sinal 's' aparecem nitidamente no espectro de frequências, entretanto, com o valor de sua amplitude divididos entre a parte positiva e negativa do eixo de frequências, resultando em metade da amplitude gerada em cada pico, fruto da transformada de Fourier realizada no sinal.

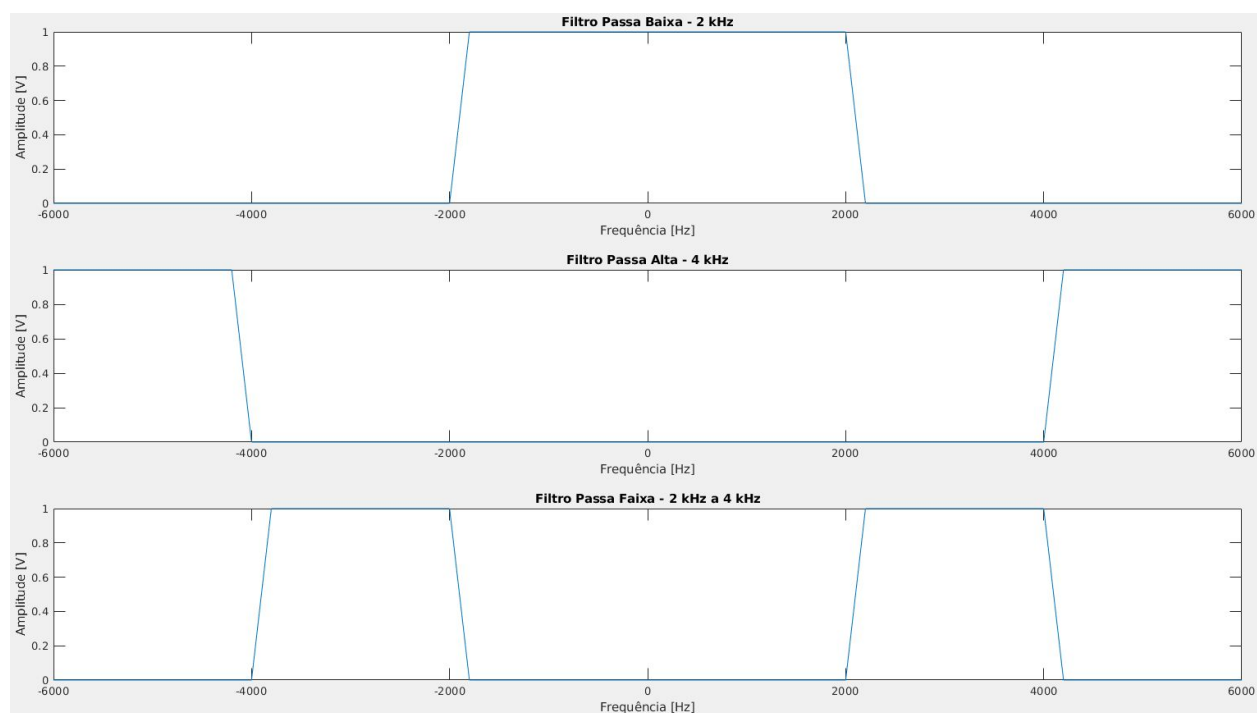


Figura 5 - Filtros ideais

Na figura acima observamos os filtros ideais gerados no domínio da frequência, com ganho unitário. A seguir, observaremos o resultado após passarmos o sinal 's' pelos respectivos filtros.

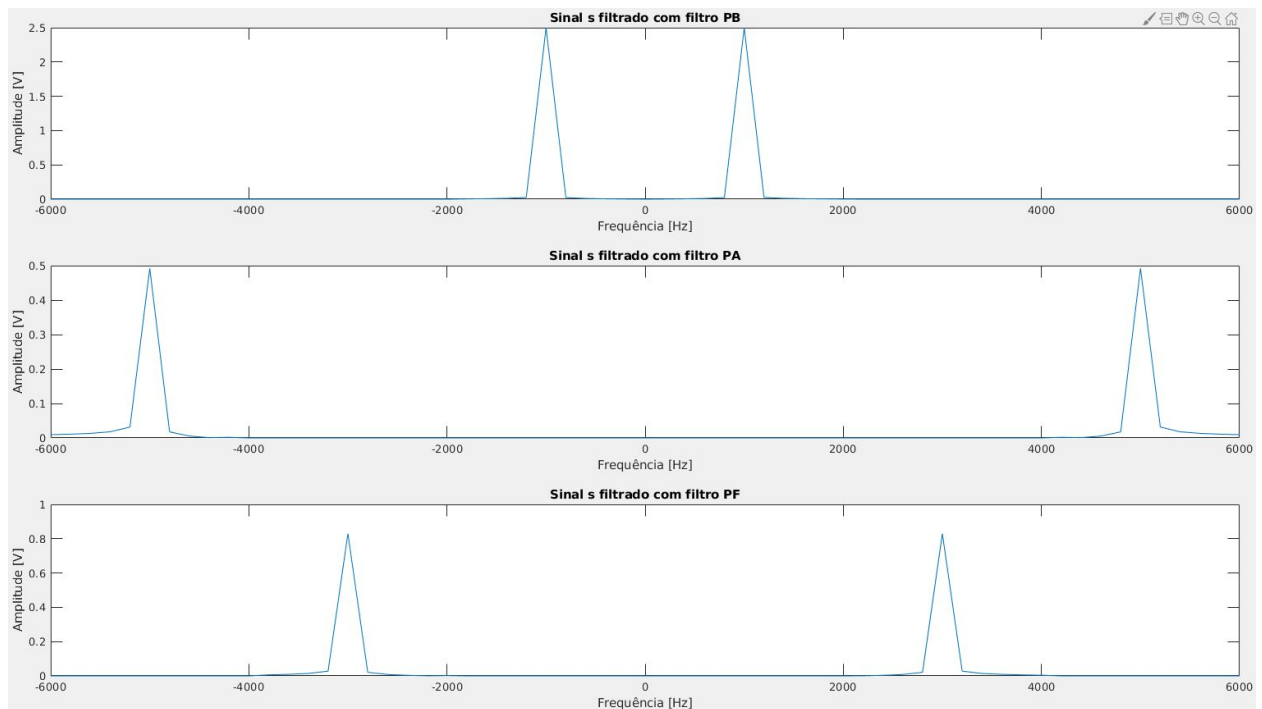


Figura 6 - Sinal 's' filtrado (domínio da frequência)

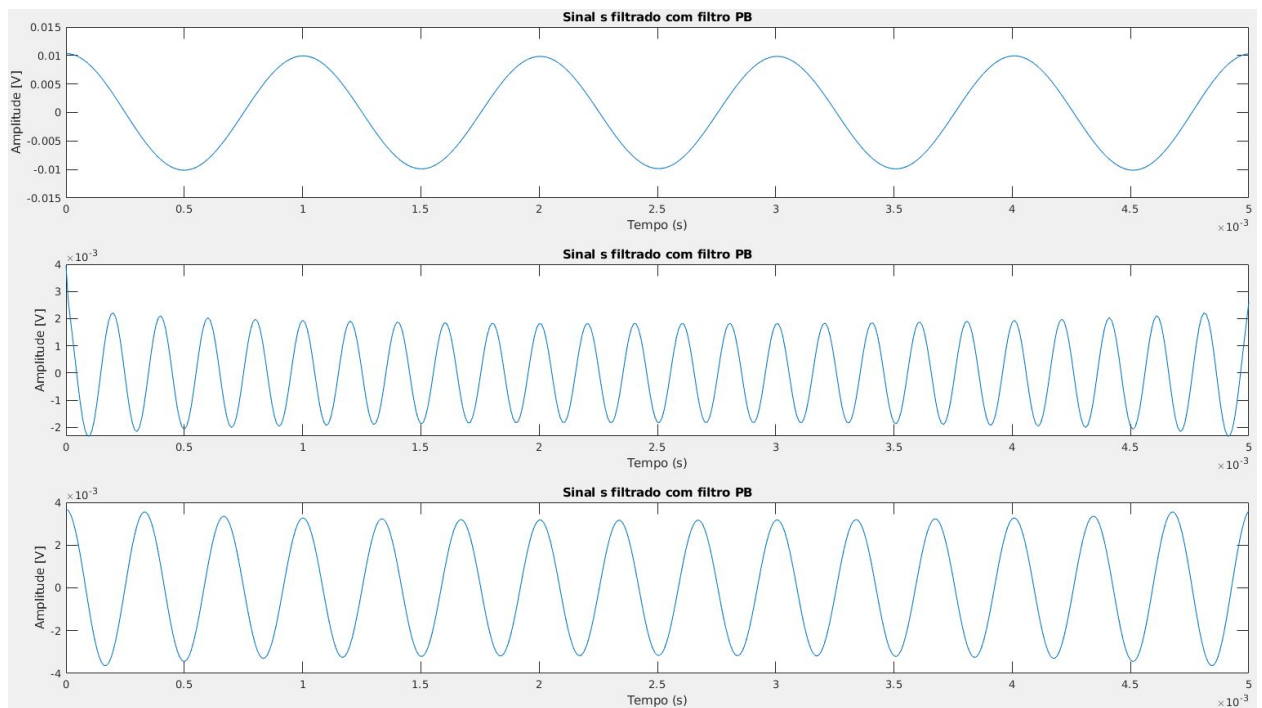


Figura 7 - Sinal 's' filtrado (domínio do tempo)

Após passar o sinal 's' pelos respectivos filtros, é possível recuperarmos o sinal gerado no início do exercício pela simples multiplicação ponto a ponto do filtro com o sinal 's', já que estamos trabalhando no domínio da frequência. A partir disso, conseguimos dividir novamente em três sinais seno de diferentes frequências e amplitudes, como era a situação inicial. Como consequência da transformada, entretanto, o sinal recuperado tem metade da amplitude original, visto que não existem frequências negativas no mundo real.

Os sinais finais (figura 7) foram obtidos através da transformada inversa de Fourier a partir da saída no domínio da frequência.

### Exercício 3

Neste exercício geraremos um segundo de ruído branco com distribuição normal através da função 'randn' do matlab. A partir daí, iremos gerar um filtro, para filtrar o ruído branco e observar o que acontece na frequência, no tempo e, além disso, o que acontece com a distribuição das amostras do ruído, ou seja, com a gaussiana.

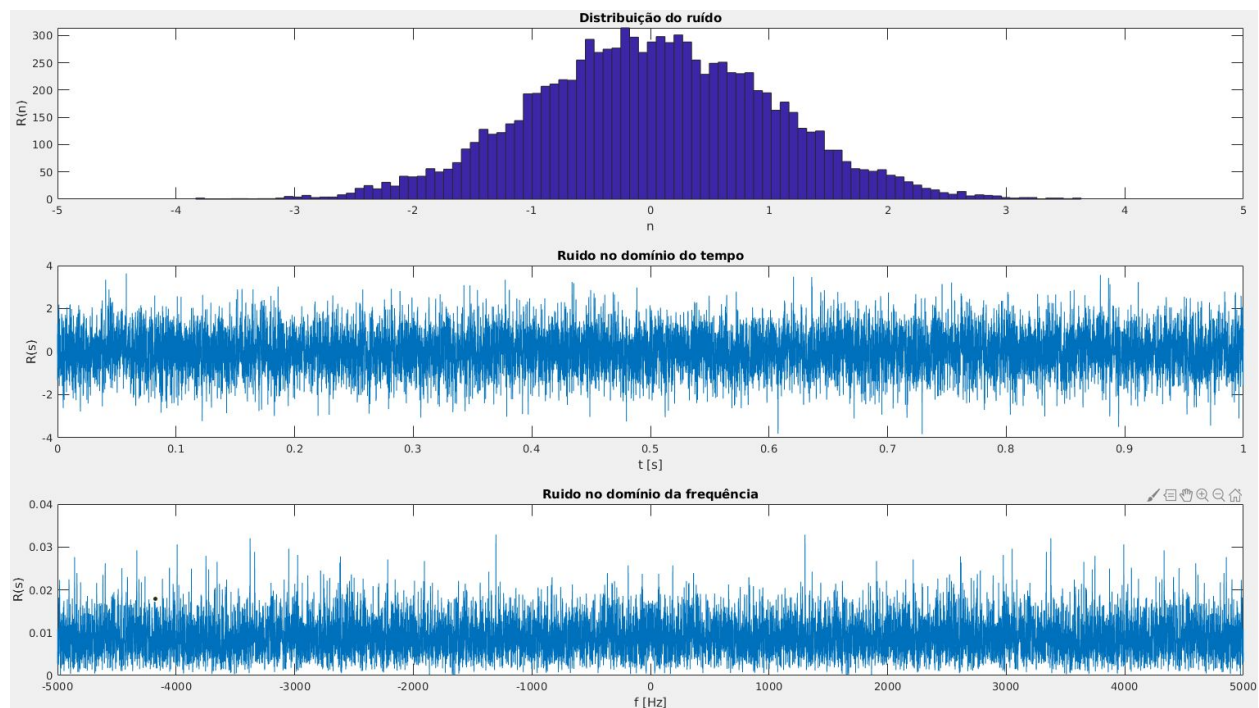


Figura 8 - Representação do ruído branco

Através do histograma, é possível verificar que o ruído branco possui distribuição normal (gaussiana) com determinada variância. Com as representações nos domínios do tempo e da frequência, é possível observar que o ruído está presente em toda faixa de tempo e todo espectro de frequências, caracterizando um sinal de potência infinita, já que o espectro é ilimitado.

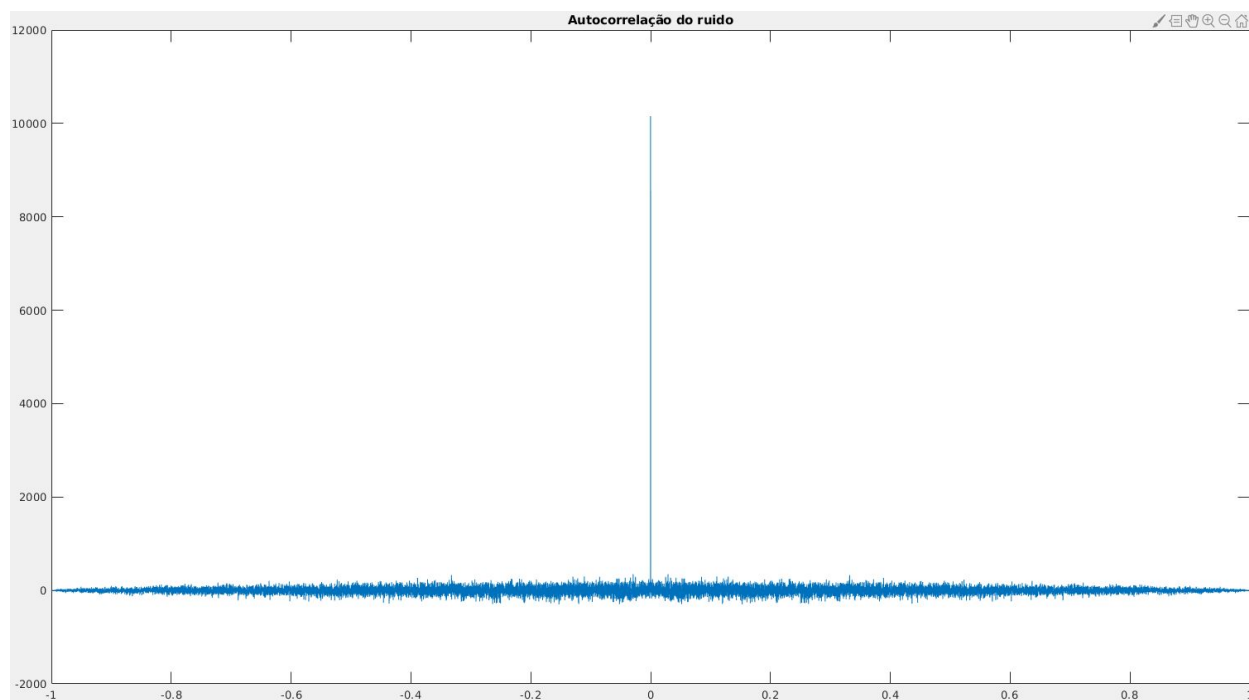


Figura 9 - Autocorrelação do ruído

A partir do gráfico acima, podemos constatar que o ruído não possui autocorrelação entre as amostras (como era de se esperar), o que indica que não é possível sabermos quanto valerá o valor do ruído na próxima amostra, apesar de tender a estar dentro da gaussiana, na área de maior probabilidade.

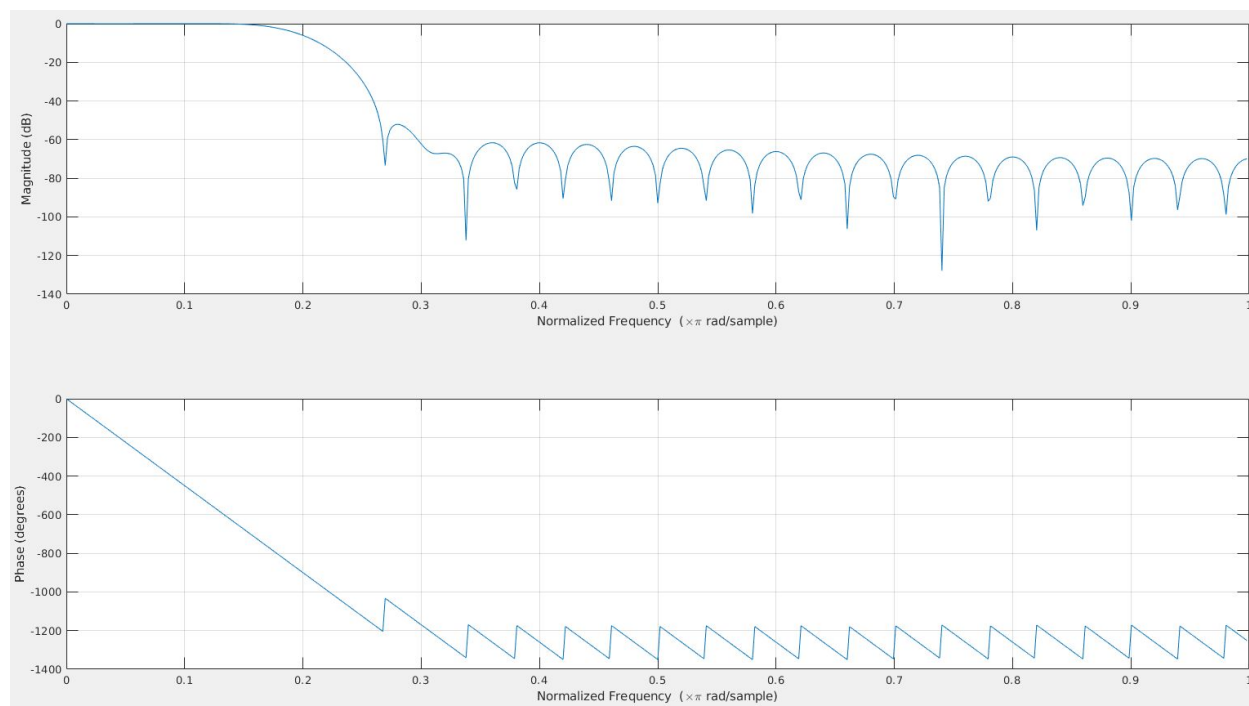


Figura 10 - Resposta em frequência do filtro gerado



Foi gerado um filtro de frequências passa baixas através da função 'fir1' do Matlab, com ordem 50 e frequência de corte de 1000 Hz.

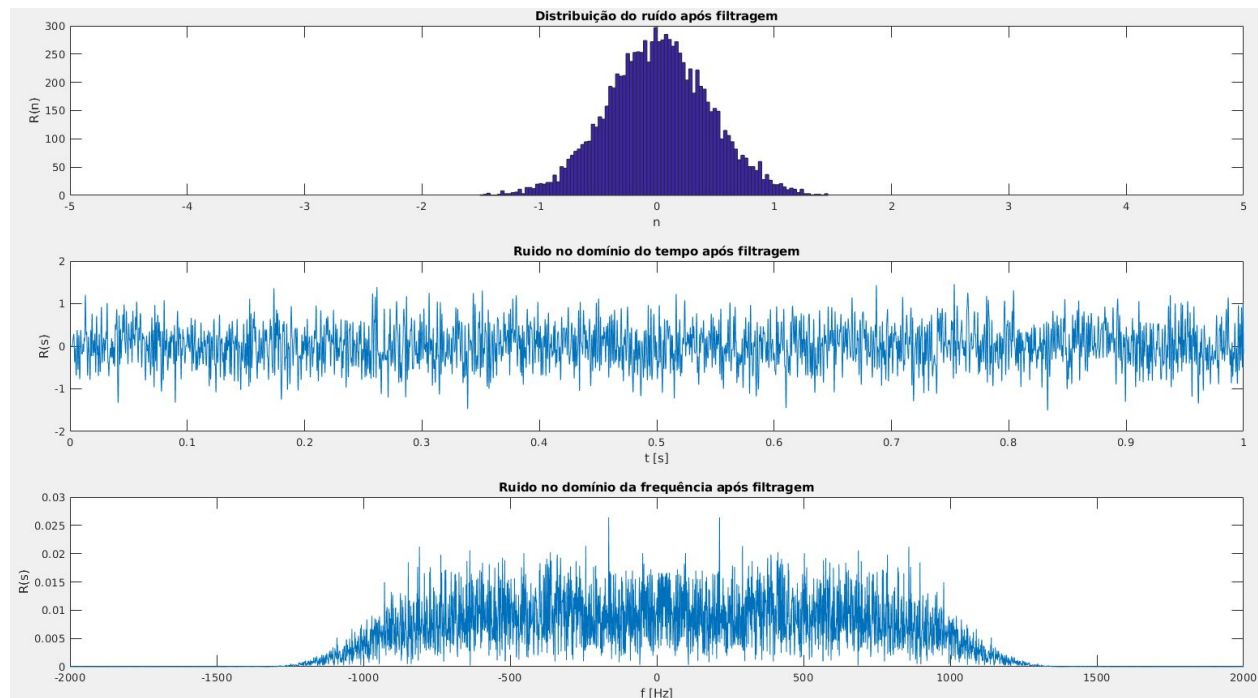


Figura 11 - Representação do ruído após filtragem

Após passarmos o sinal de ruído através do filtro gerado e plotarmos o histograma de saída, constatamos que a variância das amostras diminuiu, ou seja, o valor das amostras, agora estão mais próximas da média. Em outras palavras, há maior probabilidade de que os valores do ruído estejam próximos do valor médio.

A partir da representação no domínio do tempo e da frequência, é possível verificarmos que a amplitude média do ruído foi reduzida e, além disso, no domínio da frequência, observamos que o espectro do sinal foi limitado, fazendo com que deixemos de ter uma potência infinita para o ruído, o que é de extrema importância para a transmissão e recepção dos sinais em sistemas.

## Seção IV - Conclusões

Por fim, abordaremos as conclusões chegadas a partir dos exercícios realizados.

### Exercício 1

Com o exercício realizado, pudemos observar que o somatório infinito de senos ou cossenos de mesma harmônica geram um sinal quadrado ideal. Além disso, provamos, de maneira prática, a fórmula utilizada para cálculo de potência de um sinal ( $P=A^2/2$ ), através do cálculo da norma.

Também foi possível analisarmos a DEP (Densidade Espectral de Potência) de um sinal, e avaliar como se relaciona com o sinal original.



## **Exercício 2**

Através dos cálculos e gráficos realizados, pudemos observar a correta representação da transformada de Fourier, demonstrando o sinal no domínio da frequência e, além disso, a duplicidade do eixo positivo e negativo, fazendo a amplitude ser reduzida.

Com a utilização do filtro ideal, conseguimos fazer a filtragem do sinal e retornar aos sinais iniciais (de entrada), simulando a recepção de um sinal.

## **Exercício 3**

Neste exercício observamos um pouco da relação entre sinais e probabilidade. Através de um ruído branco gerado, e após passarmos este ruído pelo filtro, constatamos a alteração na variância e na potência do ruído, fazendo com que os valores se tornem “menos aleatórios”, estando mais próximos da média e ainda, reduzindo a potência do ruído, após limitar seu espectro de frequências, como consequência da filtragem.

A realização dos exercícios deste relatório foram de grande importância para revisarmos conceitos aprendidos anteriormente. Foi possível visualizar os efeitos de operações feitas com os sinais e como trabalhamos com elas, fixando conteúdos sobre transformada de Fourier, probabilidade, filtragem, potência, energia e sinais, de maneira geral.

## **Seção V - Códigos**

Os códigos utilizados para o desenvolvimento deste relatório estão disponíveis no seguinte endereço: <https://github.com/viniciusluzsouza/COM/tree/master/COM1/relatorio1>