



# UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

## Trabalho Computacional 2 - Sinais e Sistemas

Filipe Caetano - 553960  
Paulo Arthur - 552919  
Antônio Laureno - 555650

Março 2025

## Filtro FIR Passa-Baixa

### Objetivo

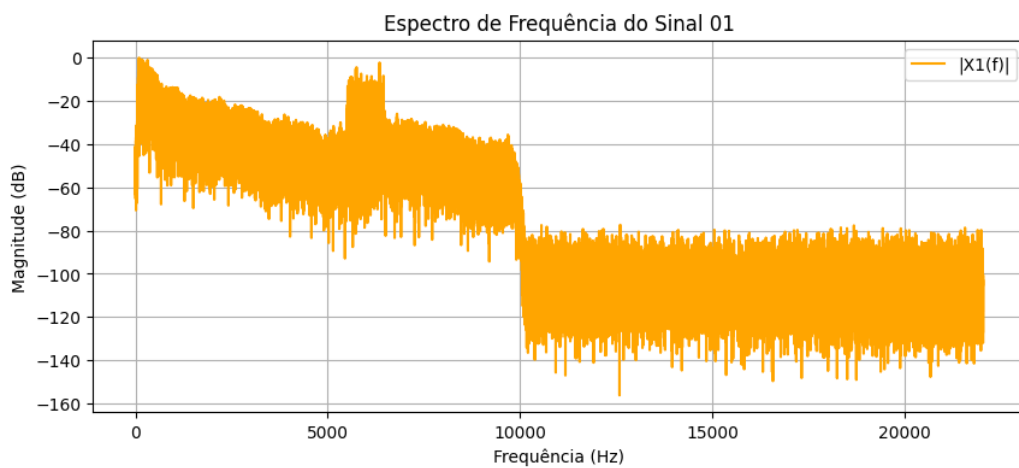
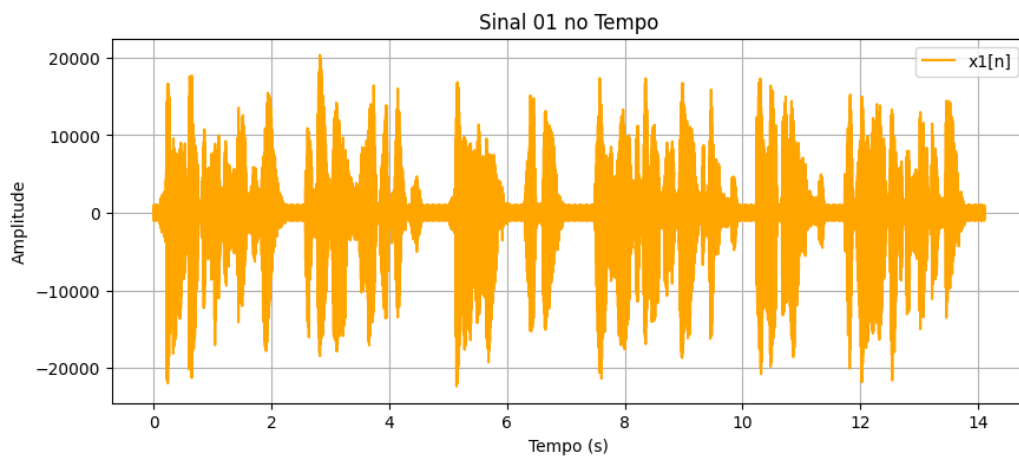
Aplicar os conceitos estudados em sala e descritos bibliografia da disciplina para o desenho de um filtro passa baixa em ambiente computacional.

### Tarefa

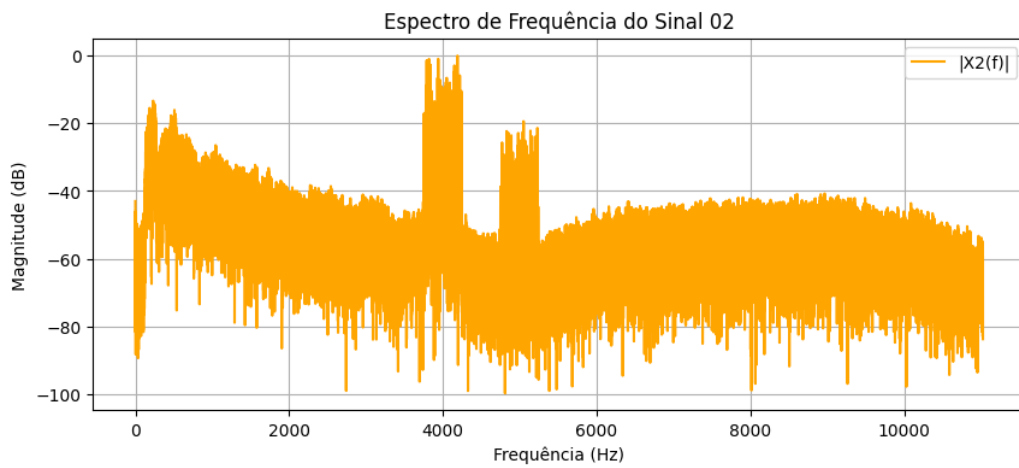
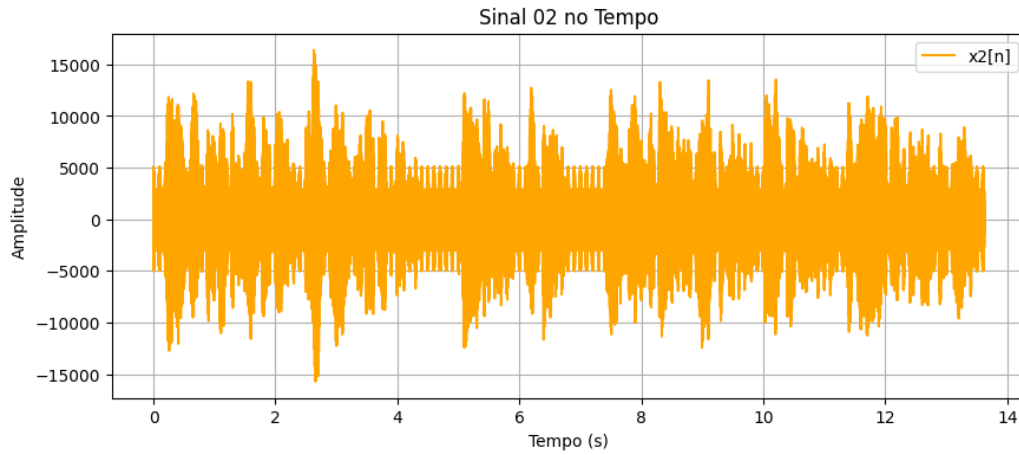
1. Ler o arquivo .wav para obter o sinal  $x[n]$  em forma de vetor.

Utilizamos a função "read()" da biblioteca scipy para ler os sinais e obtê-los em forma de vetores e suas taxas de amostragem.

2. Plotar o gráfico de  $x[n]$  no tempo e de seu espectro de frequência.



Analisando o espectro do primeiro sinal tendo em vista o filtro passa-baixa a ser projetado, podemos observar um ruído após 5000Hz. Isso é uma boa pista para escolhermos a frequência de corte com a intenção de filtrar o ruído de alta frequência e manter as informações importantes do sinal.



Analisando o espectro do segundo sinal tendo em vista um filtro passa-baixa, podemos supor que uma boa frequência de corte seria algo após 3000Hz, pois manteria as informações indispensáveis e filtraria o intervalo do ruído.

**3. Implementar o filtro  $h[n]$  com os parâmetros  $w_c$  e  $L$ , tendo como base a fundamentação teórica indicada.**

Na fundamentação teórica indicada, encontramos que para criação do filtro passa-baixa usamos a resposta ao impulso da seguinte forma:

$$h[n] = \frac{\text{sen}(\omega_c n)}{\pi n}$$

O domínio da resposta ao impulso é dado por L, comprimento do filtro. Em relação a  $\omega_c$ , preferimos utilizar a frequência em Hertz por considerar mais intuitivo, portanto nos cálculos feitos, seguimos o seguinte:

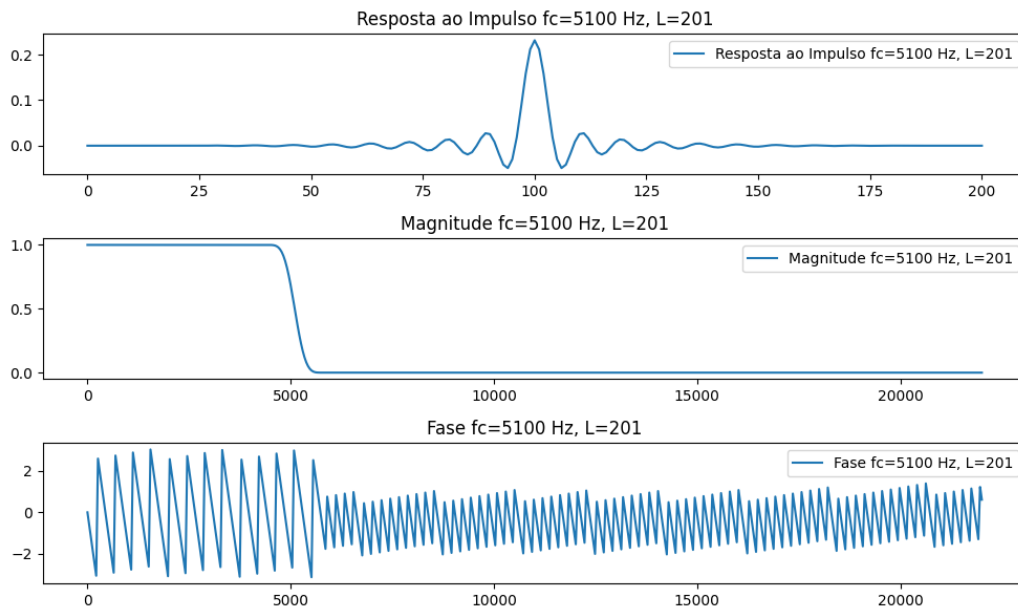
$$\omega_c = \frac{2\pi f_c}{f_s}$$

- $f_c$ : frequência de corte em Hz.
- $f_s$ : taxa de amostragem do sinal em Hz.

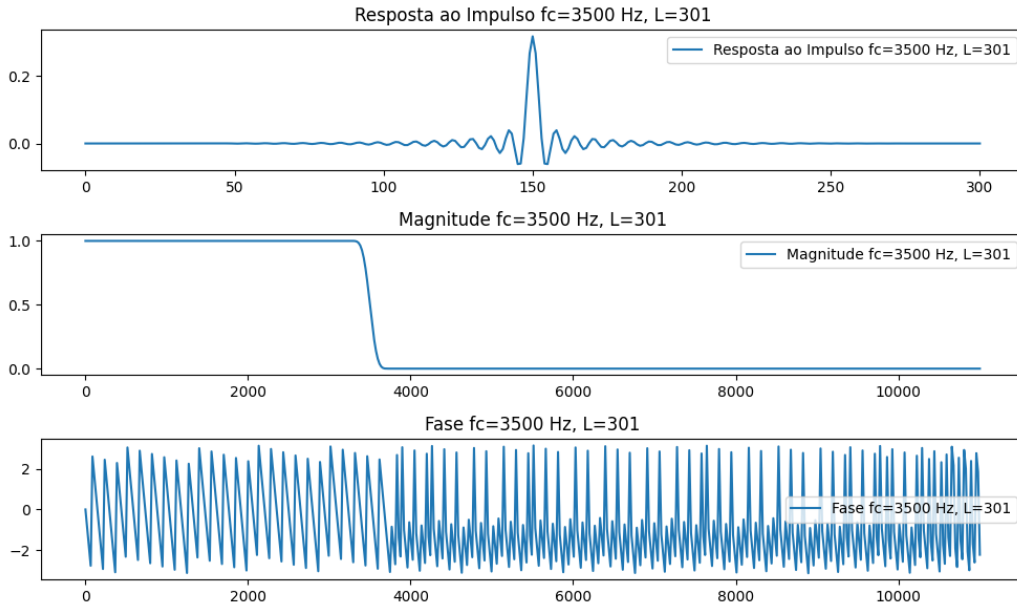
Além disso, utilizamos o método Blackman para suavizar a resposta ao impulso do filtro. Utilizamos essa janela para diminuir os efeitos indesejados ao truncar a função sinc.

#### 4. Plotar o gráfico de $h[n]$ no tempo, a magnitude e a fase de sua resposta em frequência.

Parâmetros adequados para o primeiro sinal:



Parâmetros adequados para o segundo sinal:



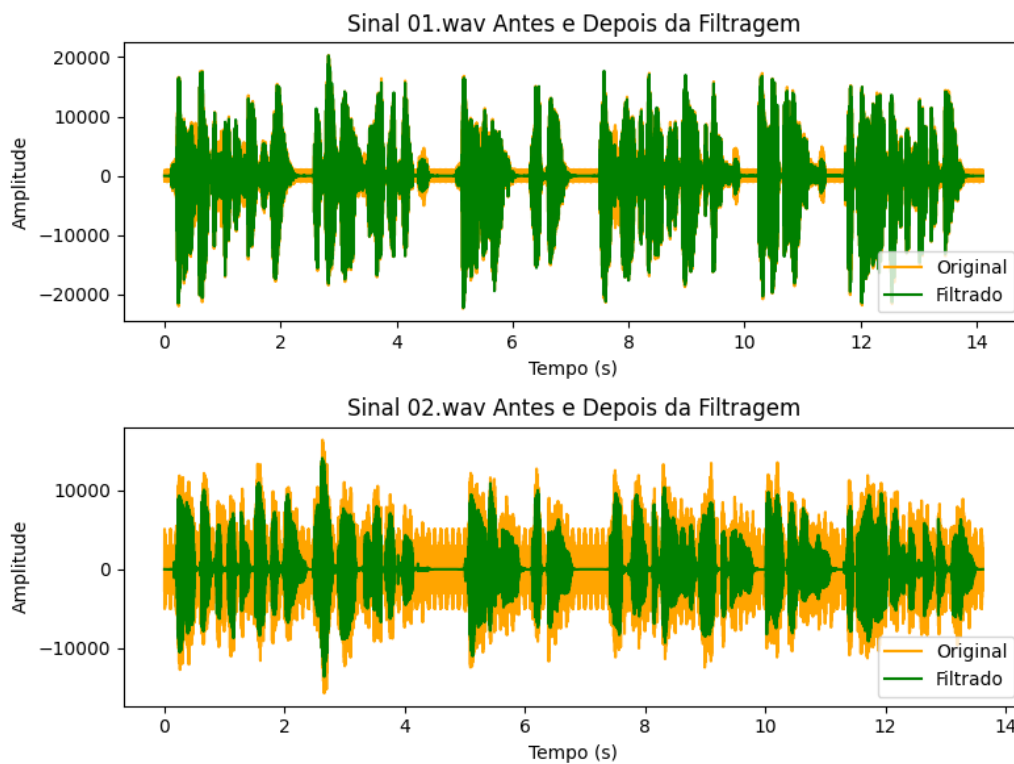
Idealmente, um filtro passa-baixa teria uma resposta em frequência com atenuação instantânea na frequência de corte, porém o que é visto na prática é que a transição da banda de rejeição ocorre gradualmente e não instantaneamente. Essa interpretação foi feita com base no gráfico da magnitude que define bem o que ocorre. Além disso, na teoria, o filtro deveria ser uma sinc com domínio infinito, mas na prática o que temos é o truncamento da sinc com base no comprimento do filtro escolhido.

## 5. Aplicar o filtro projetado e analisar o impacto da qualidade da filtragem ao variar os parâmetros $L$ e $w_c$ .

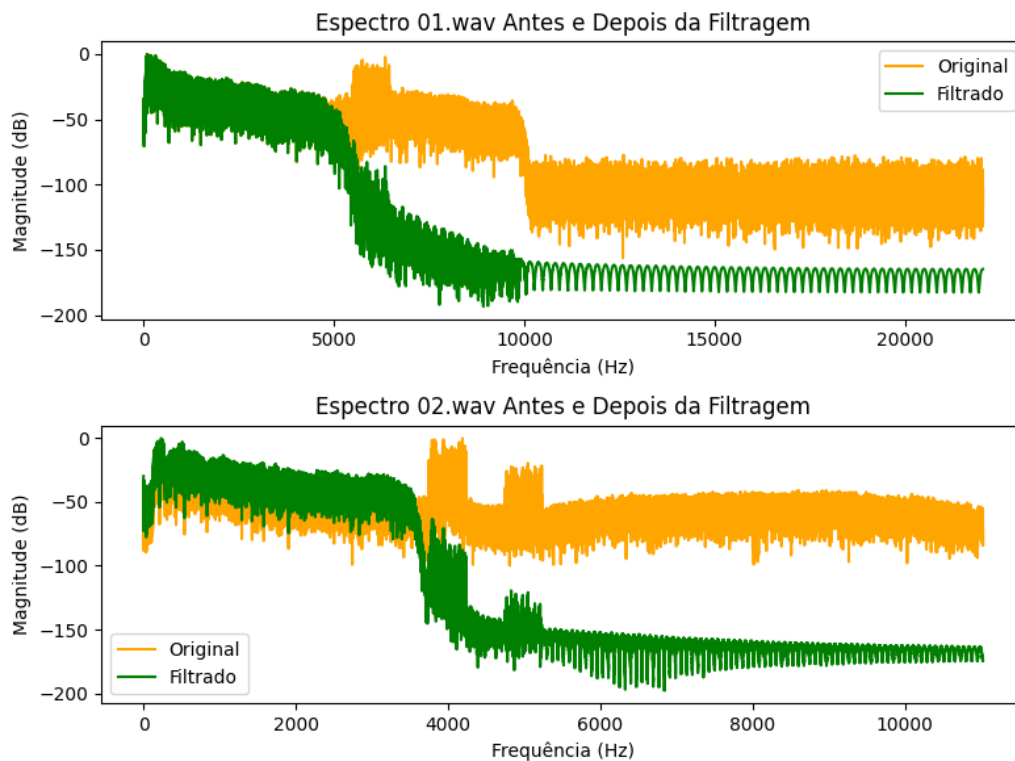
Analizando a variação dos parâmetros do filtro para o primeiro sinal, observamos que ao variarmos a frequência de corte para valores menores que 3000Hz, mesmo que o ruído fosse resolvido, começávamos a perder muita informação e prejudicar o som que ficava cada vez mais abafado,. Em contra partida, ao variarmos para valores maiores que 5300Hz, o ruído continuava aparecendo no som, pois o filtro permitia a passagem de frequências muito altas. Ao mudarmos constantemente os valores, chegamos a conclusão que 5000Hz é uma boa frequência de corte, pois filtra o ruído e não prejudica tão agressivamente o sinal. Esse resultado pode ser considerado adequado devido a interpretação feita a partir do espectro do sinal 1. Analizando a variação dos parâmetros do filtro para o segundo sinal, observamos que frequências de corte menores que 2500Hz, embora corrigissem o ruído, tornavam o som

cada vez mais abafado. Em contraste, percebemos que valores maiores que 3700Hz, permitiam que o ruído permanecesse. Concluimos que 3500Hz era uma boa frequência de corte, pois filtrava o ruído e não implicava em mudanças drásticas no som. Em relação ao comprimento do filtro, em ambos os casos, percebemos que valores maiores para L, tornavam a transição entre banda de passagem e banda de rejeição mais curta, melhorando a atenuação de frequências indesejadas. Enquanto, valores menores para L deixavam essa transição mais ampla.

## 6. Plotar o sinal filtrado no tempo e na frequência e comparar o antes e depois.



No primeiro sinal, podemos ver atenuações do sinal filtrado em relação com o original em locais específicos. Já no segundo, as atenuações ocorrem em toda a extensão do sinal.



Em ambos os sinais, percebemos atenuações relevantes nas faixas cujo escolhemos a frequência de corte. Esses resultados somados com os áudios emitidos dos sinais filtrados comprovam a correção do ruído.

## 7. Mensurar de forma subjetiva a qualidade da filtragem ao escutar o áudio filtrado.

Ao escutarmos os dois áudios, percebemos que os resultados são levemente mais abafados que os originais, porém alcançamos com êxito a remoção do ruído e a aplicação do filtro passa-baixa.