

P2 – Parte Computacional

Professora: Maria D. Miranda

Nome: Vinicius Bueno de Moraes

Data: 25/07/2021

NUSP: 10256432

**Script .m desenvolvido para responder aos itens da Questão 1, bem como gerar os devidos Gráficos que compõem esse documento disponível [aqui](#).*

**Necessário arquivo de dados no mesmo ficheiro da rotina anterior, tal está disponível [aqui](#).*

**Script .m desenvolvido para responder aos itens da Questão 2, gerar os Diagramas de Tolerâncias, Gráficos do Módulos da Resposta em Frequência para cada Janela escolhida e etc., disponível [aqui](#).*

1-A)

Inicialmente carregou-se um sinal disponibilizado [dadosprova2021.mat](#) e criou-se três sequencias janeladas desse, sendo as Janelas utilizadas:

- Janela *Retangular*;
- Janela de *Hamming*;
- Janela de *Blackman*.

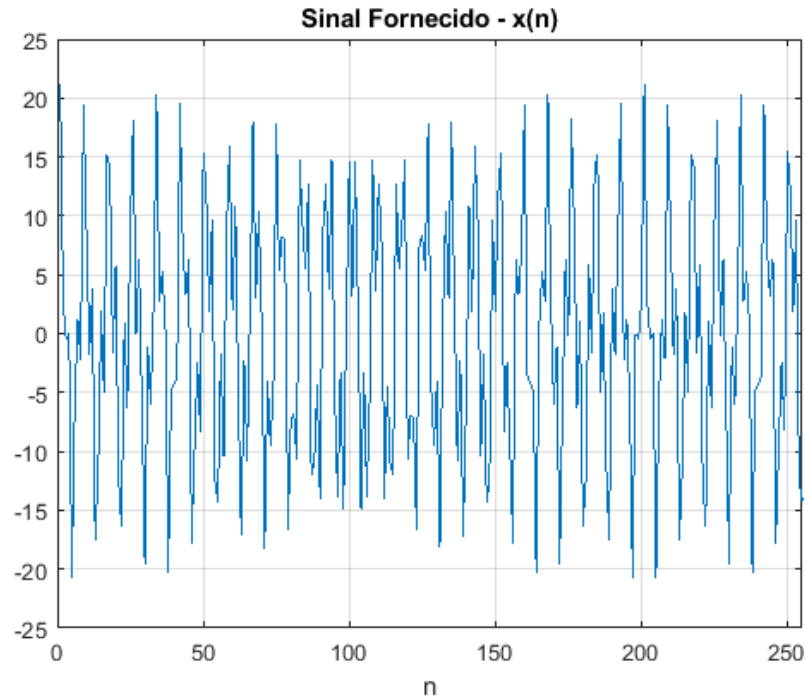


Figura 1. Sinal $x(n)$ fornecido.

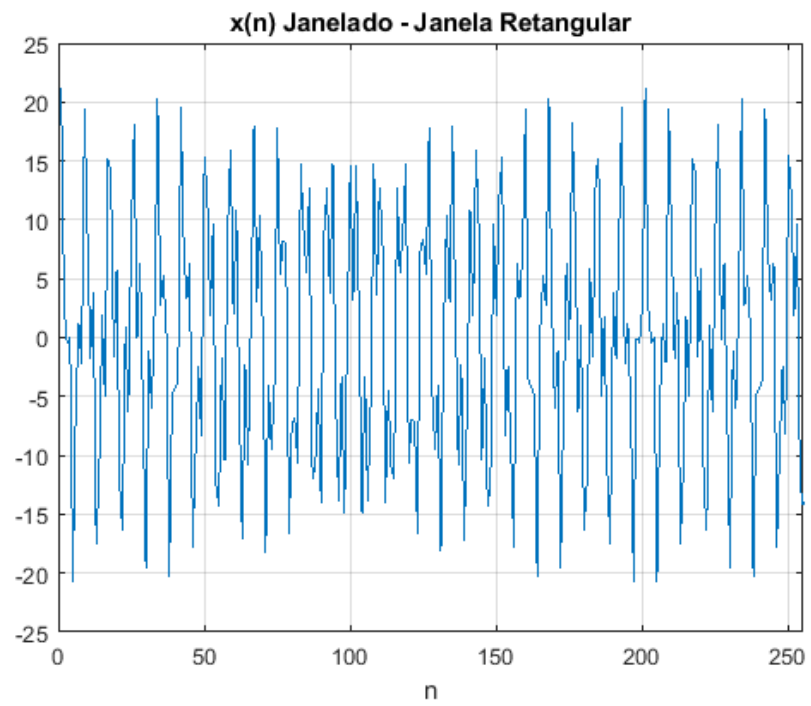


Figura 2. $x(n)$ Janelado - Janela Retangular.

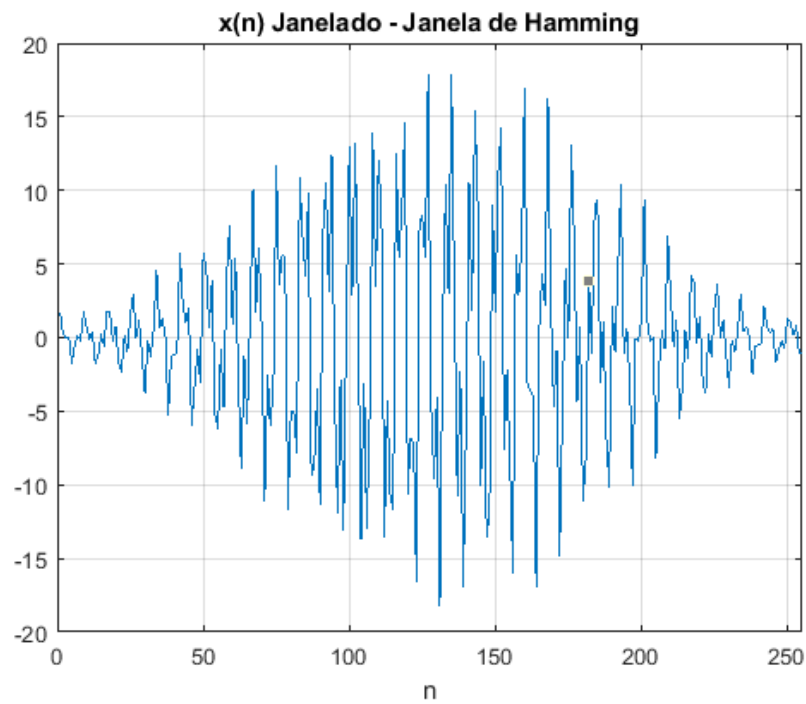


Figura 3. $x(n)$ Janelado - Janela de Hamming.

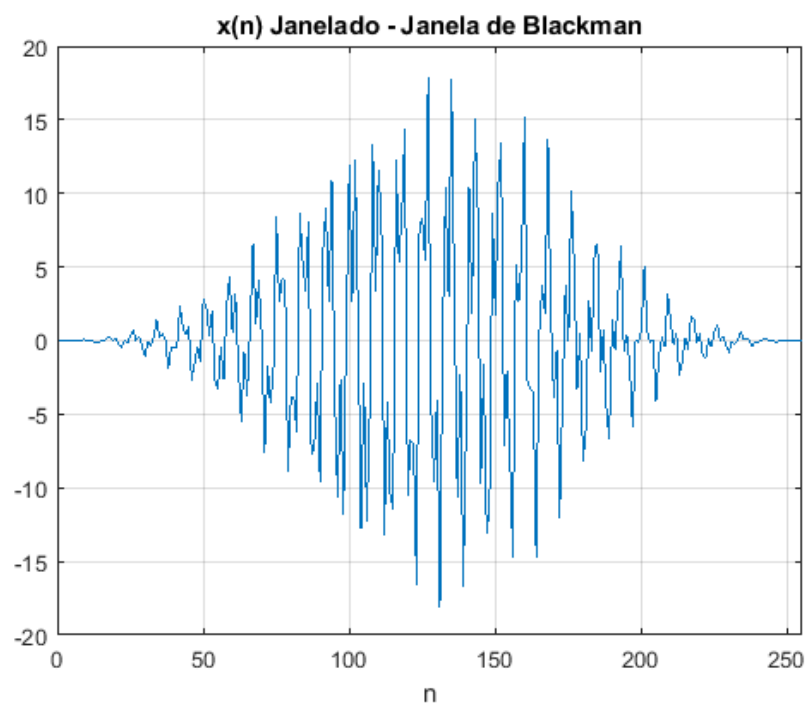


Figura 4. $x(n)$ Janelado - Janela de Blackman.

Módulo das TFDs em escala Linear e Logarítmica para $M = N$ e $M = 2*N$

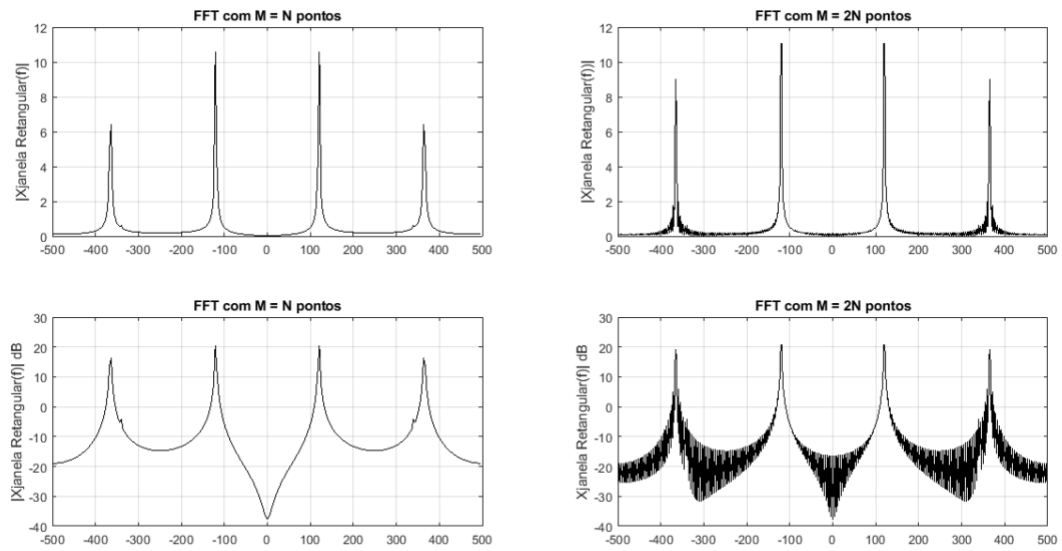


Figura 5. Módulo das TFDs com $M = N$ e $M = 2*N$ pontos - Janela Retangular.

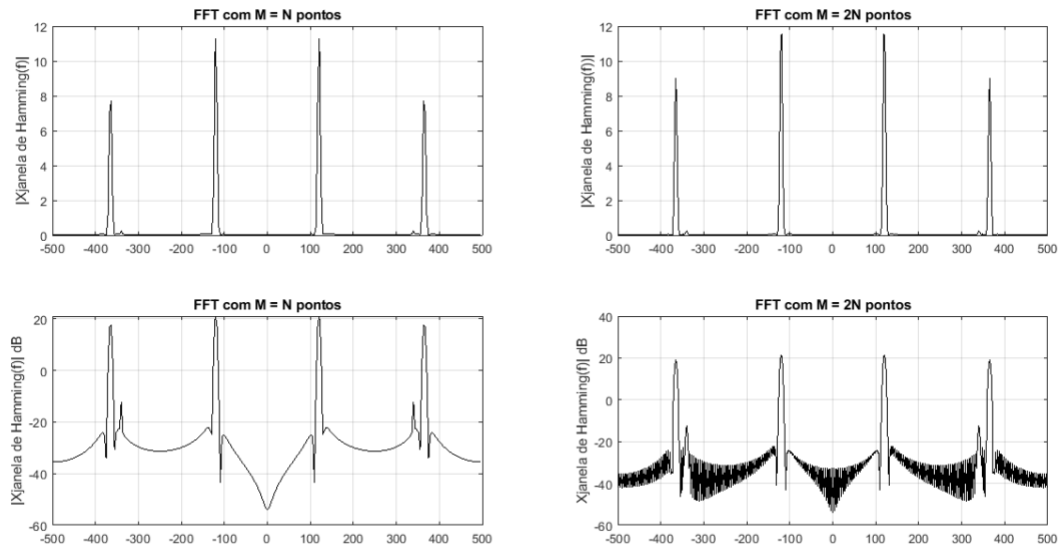


Figura 6. Módulo das TFDs com $M = N$ e $M = 2*N$ pontos - Janela de Hamming.

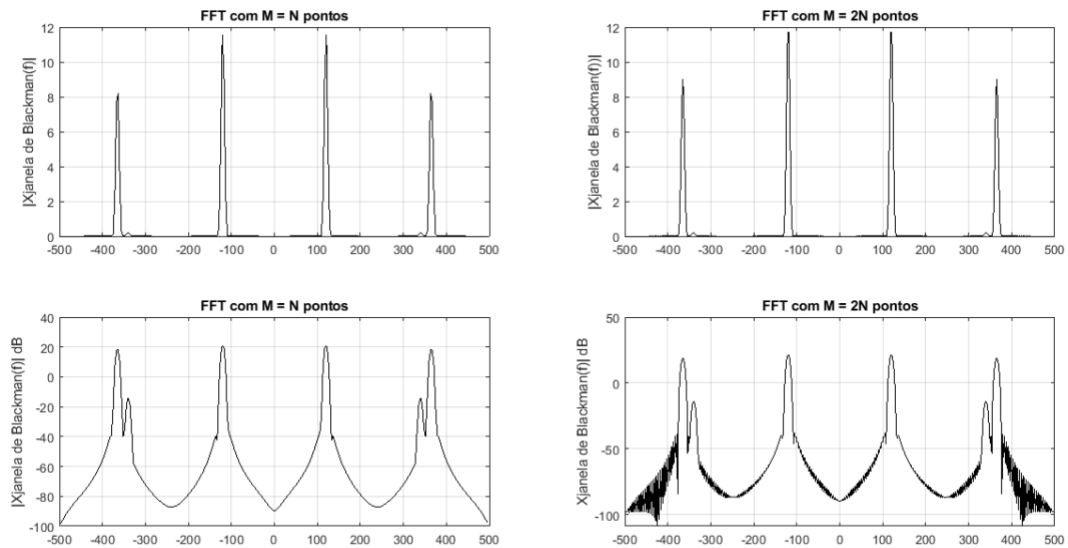


Figura 7. Módulo das TFDs com $M = N$ e $M = 2N$ pontos - Janela de Blackman.

*Tais figuras foram desenvolvidas com o script .m disponível [aqui](#) e no introito referente a questão 1 desse documento. Tais rotinas também foram transcritas aos apêndices. Importante ter disponível o arquivo referente ao sinal, [dadosprova2021.mat](#), no mesmo diretório de tal script para pleno funcionamento.

1-B)

Estimação dos Valores de A_1, A_2 e A_3 e das frequências f_1, f_2 e f_3 que formam o sinal de tempo contínuo $x_c(t)$; e escolha do melhor resultado.

Obs: Se extraiu tais variáveis pela leitura das 3 figuras anteriores.

É notável que a FFT do sinal tem 3 harmônicas, o que leva a três valores distintos para os A_s e f_s , devido as propriedades dos sinais senoidais para tal função. Com a Janela de *Blackman*, é possível nota-las explicitamente, fato esse menos acentuado para as demais Janelas (*Retangular* e *Hamming*). Como a Janela de *Blackman* possui maior largura do lóbulo principal, terá mais coeficientes (tornara N maior para um mesmo caso) isso possibilita um maior detalhamento do espectro do sinal analisado, não perdendo amostras, que se utilizado outro tipo de Janelamento, poderiam ser perdidas.

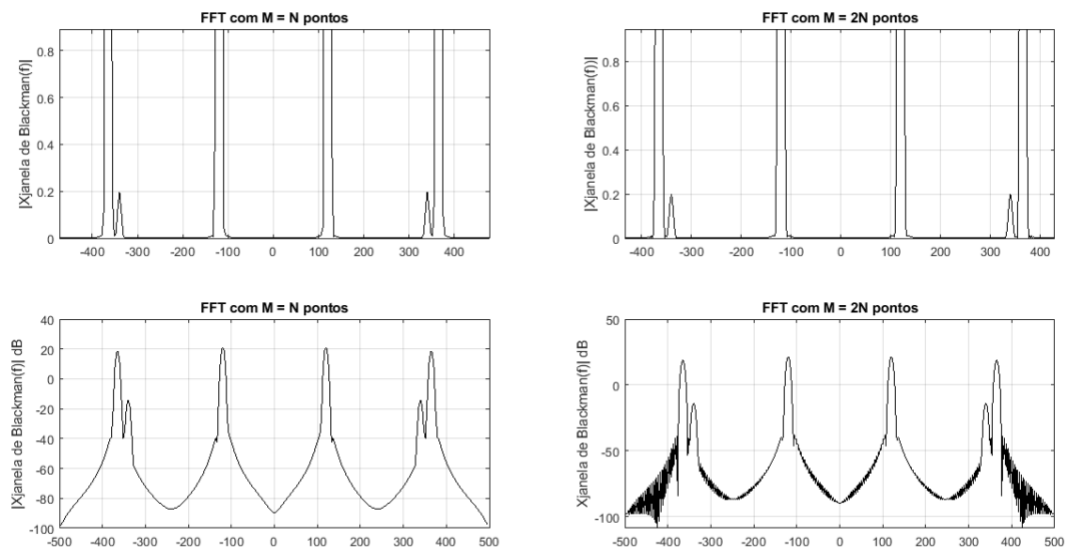


Figura 8. Zoom - Janela de Blackman – Exploração das três harmônicas referentes ao sinal.

Assim, notavelmente (com auxílio das Ferramentas Gráficas do *Matlab*, como *Zoom*, *Ponteiro*, etc.), e de posse dos conceitos teóricos apresentados anteriormente, chega-se em:

$$\begin{aligned} A_1 &\cong 11,5 \text{ e}; f_1 \cong 121 \text{ hz;} \\ A_2 &\cong 0,2 \text{ e}; f_2 \cong 340 \text{ hz.} \\ A_3 &\cong 8 \text{ e}; f_3 \cong 363 \text{ hz.} \end{aligned}$$

Tendo o melhor resultado a Janela de *Blackman*.

2-A)

Filtro A:

$$\begin{cases} |H(e^{j\omega})| \leq 0,003; & \text{se } 0 \leq |\omega| \leq 0,26\pi \\ 0,99 \leq |H(e^{j\omega})| \leq 1,01; & \text{se } 0,46\pi \leq |\omega| \leq 0,66\pi \\ |H(e^{j\omega})| \leq 0,003; & \text{se } 0,86\pi \leq |\omega| \leq \pi. \end{cases}$$

Filtro B:

$$\begin{cases} |H(e^{j\omega})| \leq 0,1; & \text{se } 0 \leq |\omega| \leq 0,24\pi \\ 0,9 \leq |H(e^{j\omega})| \leq 1,1; & \text{se } 0,26\pi \leq |\omega| \leq 0,66\pi \\ |H(e^{j\omega})| \leq 0,1; & \text{se } 0,68\pi \leq |\omega| \leq \pi. \end{cases}$$

De posse dos filtros acima definira-se seus *ripples* em escala linear e em dB nas faixas de passagem e rejeição, as larguras das faixas de transição e as frequências de corte do filtro ideal.

Obs: Tentara-se referenciar os cálculos para cada caso com identificações subscritas.

Filtro A:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta\omega_{A1}}{2} &= \frac{0,46 * \pi - 0,26 * \pi}{2} = \frac{0,20 * \pi}{2} = 0,1 * \pi \rightarrow \Delta\omega_{A1} = 0,2 * \pi \\ \omega_{CA1} &= 0,26 * \pi + \frac{\Delta\omega_{A1}}{2} = 0,26 * \pi + 0,1 * \pi = 0,36 * \pi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta\omega_{A2}}{2} &= \frac{0,86 * \pi - 0,66 * \pi}{2} = \frac{0,20 * \pi}{2} = 0,1\pi \rightarrow \Delta\omega_{A2} = 0,2 * \pi \\ \omega_{CA2} &= 0,66 * \pi + \frac{\Delta\omega_{A2}}{2} = 0,66 * \pi + 0,1 * \pi = 0,76 * \pi \end{aligned}$$

De posse de, para o Filtro A, $\delta_{As} = 0,003$ e $\delta_{Ap} = 0,01$ calculam-se os *ripples* em dB:

$$\begin{aligned} \delta_{As \text{ dB}} &= -20 * \log_{10}(\delta_{As}) = -20 * \log_{10}(0,003) = 50,457 \text{ dB} \\ \delta_{Ap \text{ dB}} &= -20 * \log_{10}(\delta_{Ap}) = -20 * \log_{10}(0,01) = 40 \text{ dB} \end{aligned}$$

Filtro B:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta\omega_{B1}}{2} &= \frac{0,26 * \pi - 0,24 * \pi}{2} = \frac{0,02 * \pi}{2} = 0,01 * \pi \rightarrow \Delta\omega_{B1} = 0,02 * \pi \\ \omega_{CB1} &= 0,24 * \pi + \frac{\Delta\omega_{B1}}{2} = 0,24 * \pi + 0,01 * \pi = 0,25 * \pi \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta\omega_{B2}}{2} = \frac{0,68 * \pi - 0,66 * \pi}{2} = \frac{0,02 * \pi}{2} = 0,01\pi \rightarrow \Delta\omega_{B2} = 0,02 * \pi$$

$$\omega_{CB2} = 0,66 * \pi + \frac{\Delta\omega_{B2}}{2} = 0,66 * \pi + 0,01 * \pi = 0,67 * \pi$$

De posse de, para o Filtro B, $\delta_{Bs} = 0,1$ e $\delta_{Bp} = 0,1$ calculam-se os *ripples* em dB:

$$\delta_{Bs \text{ dB}} = -20 * \log_{10}(\delta_{Bs}) = -20 * \log_{10}(0,1) = 20 \text{ dB}$$

$$\delta_{Bp \text{ dB}} = -20 * \log_{10}(\delta_{Bp}) = -20 * \log_{10}(0,1) = 20 \text{ dB}$$

Assim, completando a tabela referente ao item 2-A, tem-se:

| Filtro | δ_s | $\delta_s(\text{dB})$ | δ_p | $\delta_p(\text{dB})$ | $\Delta\omega_1$ | $\Delta\omega_2$ | ω_{c1} | ω_{c2} |
|--------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|
| A | 0,003 | 50,457 | 0,01 | 40 | $0,2 * \pi$ | $0,2 * \pi$ | $0,36 * \pi$ | $0,76 * \pi$ |
| B | 0,1 | 20 | 0,1 | 20 | $0,02 * \pi$ | $0,02 * \pi$ | $0,25 * \pi$ | $0,67 * \pi$ |

Tabela 1. Parâmetros Calculados para ambos os Filtros.

2-B)

Neste item, formalizara-se a Definição da resposta ao pulso unitário ideal para cada filtro, isto é $h_{A,d}(n)$ e $h_{B,d}(n)$; Além do esboço do Diagrama de Tolerâncias do Módulo da Resposta em Frequência.

Filtro A (Passa-faixas):

- $\Delta\omega_{A1} = 0,2 * \pi$;
- $\Delta\omega_{A2} = 0,2 * \pi$;
- $\omega_{CA1} = 0,36 * \pi$;
- $\omega_{CA2} = 0,76 * \pi$;

$$h_{A,d}(n) = 0,76 * \text{sinc}(0,76 * n) - 0,36 * \text{sinc}(0,36 * n)$$

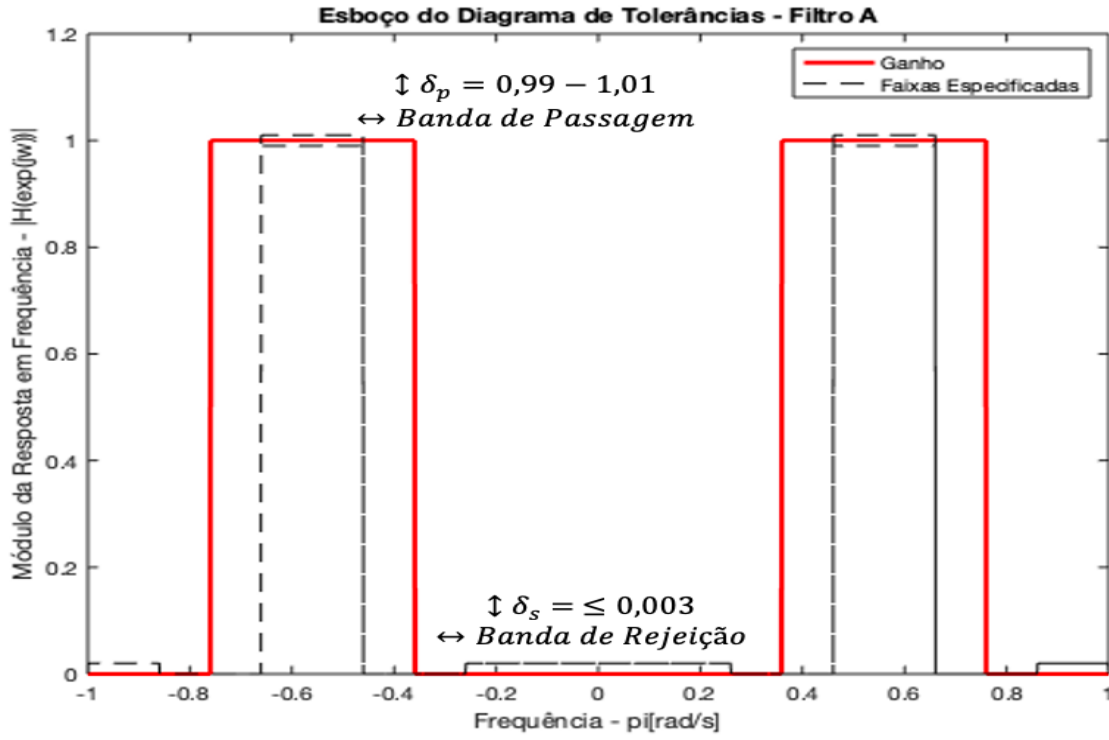


Figura 9. Diagrama de Tolerâncias - Filtro A. *Faixas Especificadas denotam o ripple na faixa de passagem e de rejeição.

Filtro B (Passa-faixas):

- $\Delta\omega_{B1} = 0,02 * \pi$;
- $\Delta\omega_{B2} = 0,02 * \pi$;
- $\omega_{CB1} = 0,25 * \pi$;
- $\omega_{CB2} = 0,67 * \pi$;

$$h_{B,a}(n) = 0,67 * \text{sinc}(0,67 * n) - 0,25 * \text{sinc}(0,25 * n)$$

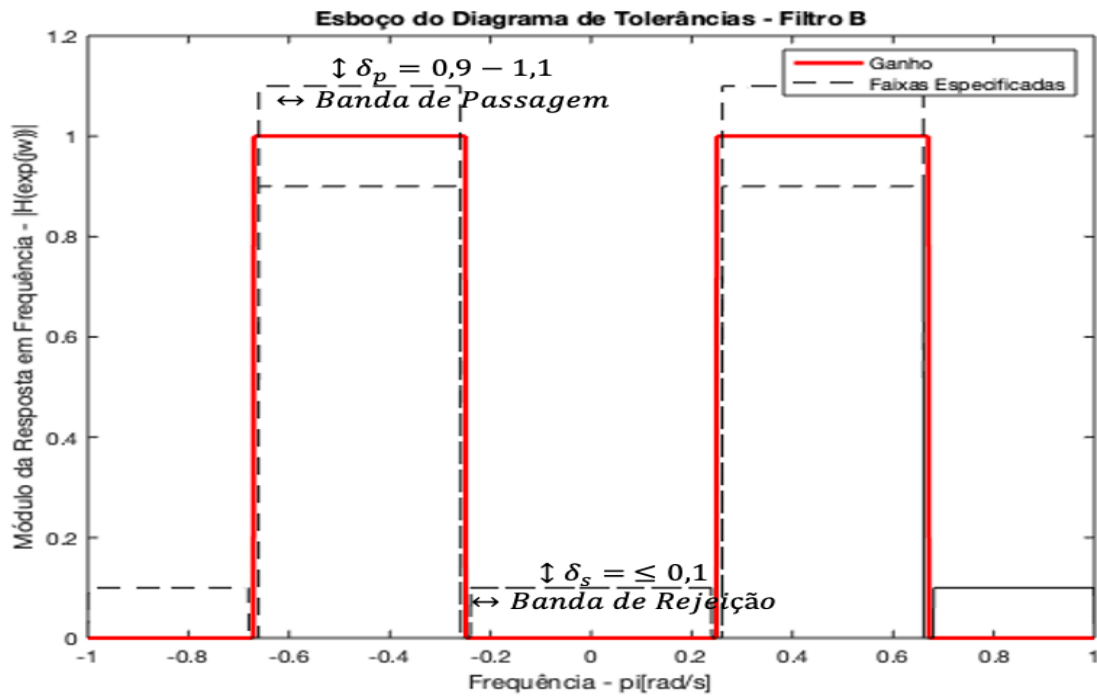


Figura 10. Diagrama de Tolerâncias - Filtro B. *Faixas Especificadas denotam o ripple na faixa de passagem e de rejeição.

Comparação do Módulo da Resposta em Frequência dos Filtros para faixa $-\pi$ a π .

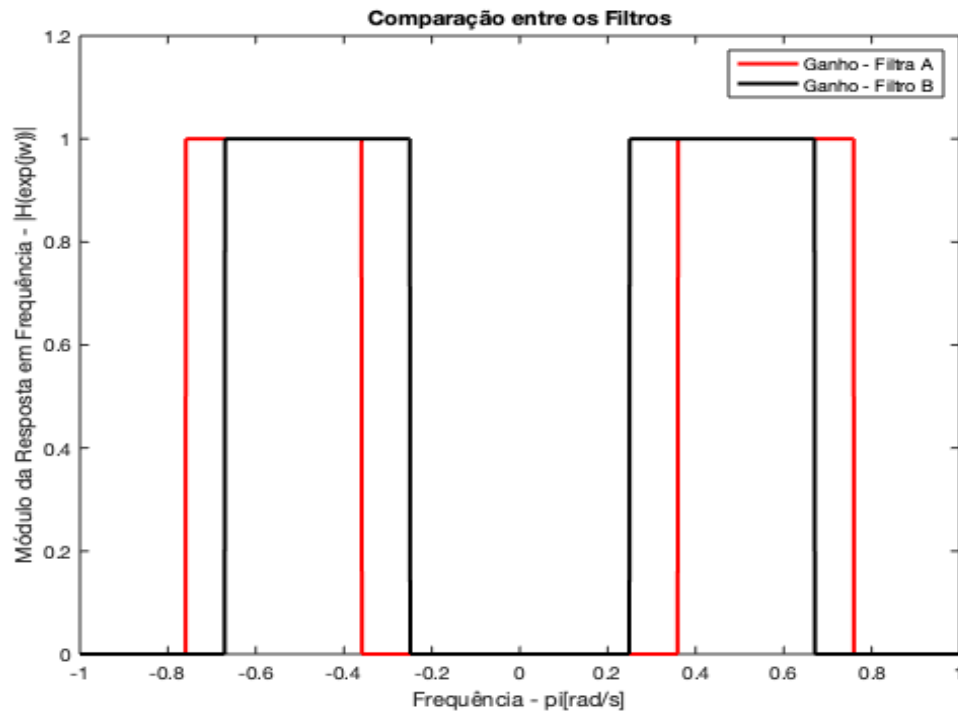


Figura 11. Comparação do Módulo da Resposta em Frequência dos Filtros.

2-C)

Tomando por base apenas as propriedades nominais (como atenuação do filtro em dB e largura do lóbulo principal) das Janelas **Retangular**, de **Hamming** e de **Blackman**, respondeu-se:

- i. Quais janelas podem ser usadas para atender às especificações dadas para o Filtro A? Determine o número de coeficientes necessários em cada caso.

Respondeu-se à questão segundo a tabela que caracteriza os tipos de Janelas Senoidais, sendo essa:

| Janela | Atenuação do lób. lateral (dB) | Atenuação do filtro (dB) | Largura do lób. principal |
|------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Retangular | 13,3 | 20,9 | $4\pi/N$ |
| Hanning | 31,5 | 43,9 | $8\pi/N$ |
| Hamming | 42,7 | 54,5 | $8\pi/N$ |
| Blackman | 58,1 | 75,3 | $12\pi/N$ |
| Plana | ≈ 70 | ≈ 89 | $16\pi/N$ |

Tabela 2. Propriedades Nominais das Janelas Senoidais.

Nota-se que para o Filtro A é necessária uma atenuação de aproximadamente 50,457 dB, desta forma, por utilizar-se a atenuação do filtro, chega-se em que os tipos de Janelas Senoidais que atendem tais especificações são:

A Janela de **Hamming**, com número de coeficientes sendo:

$$NA_{Hamming} = \frac{8 * \pi}{\Delta\omega_{A1} = \Delta\omega_{A2}} = \frac{8 * \pi}{0,2 * \pi} \rightarrow NA_{Hamming} = 40$$

E, a Janela de **Blackman**:

$$NA_{Blackman} = \frac{12 * \pi}{\Delta\omega_{A1} = \Delta\omega_{A2}} = \frac{12 * \pi}{0,2 * \pi} \rightarrow NA_{Blackman} = 60$$

ii. Quais janelas podem ser usadas para atender às especificações dadas para o filtro B? Determine o número de coeficientes necessários em cada caso.

De posse das mesmas considerações e pressupostos do item anterior, para o Filtro B é necessária uma atenuação de 20dB, permitindo-se assim o projeto com:

A Janela **Retangular**:

$$NB_{Retangular} = \frac{4 * \pi}{\Delta\omega_{B1} = \Delta\omega_{B2}} = \frac{4 * \pi}{0,02 * \pi} \rightarrow NB_{Retangular} = 200$$

A Janela de **Hamming**, sendo seu número de coeficientes igual a:

$$NB_{Hamming} = \frac{8 * \pi}{\Delta\omega_{B1} = \Delta\omega_{B2}} = \frac{8 * \pi}{0,02 * \pi} \rightarrow NB_{Retangular} = 400$$

E, a Janela de **Blackman**:

$$NB_{Blackman} = \frac{12 * \pi}{\Delta\omega_{B1} = \Delta\omega_{B2}} = \frac{12 * \pi}{0,02 * \pi} \rightarrow NB_{Retangular} = 600$$

iii.

Janelas – Filtro A:

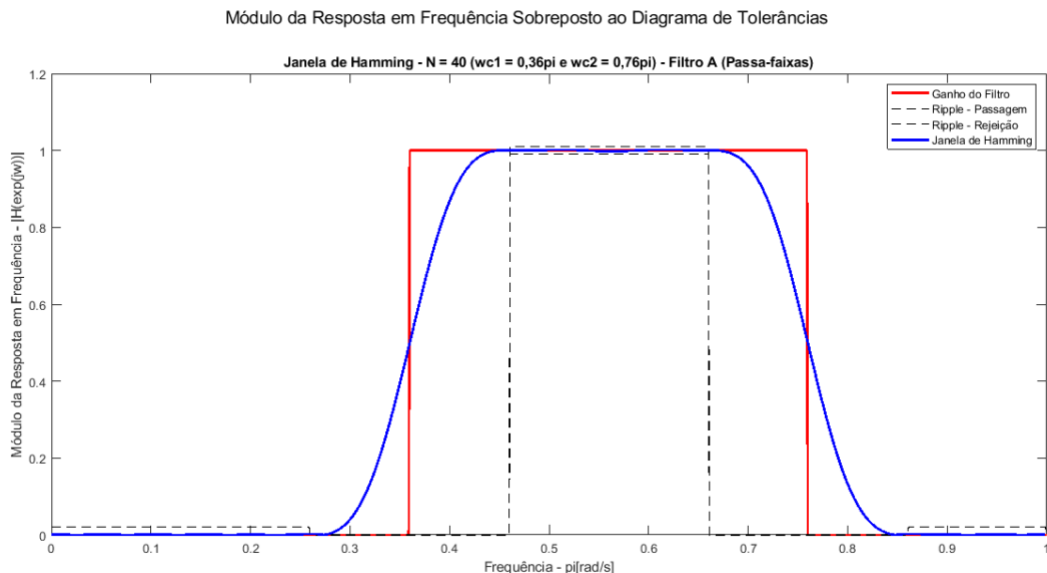


Figura 12. Filtro A - Janela de Hamming.

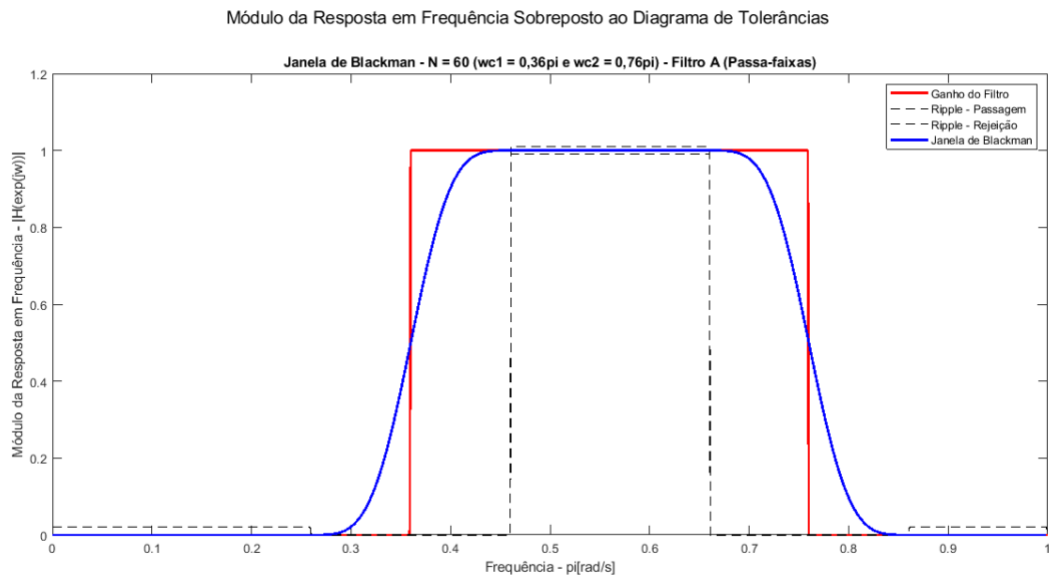


Figura 13. Filtro A - Janela de Blackman.

Janelas – Filtro B:

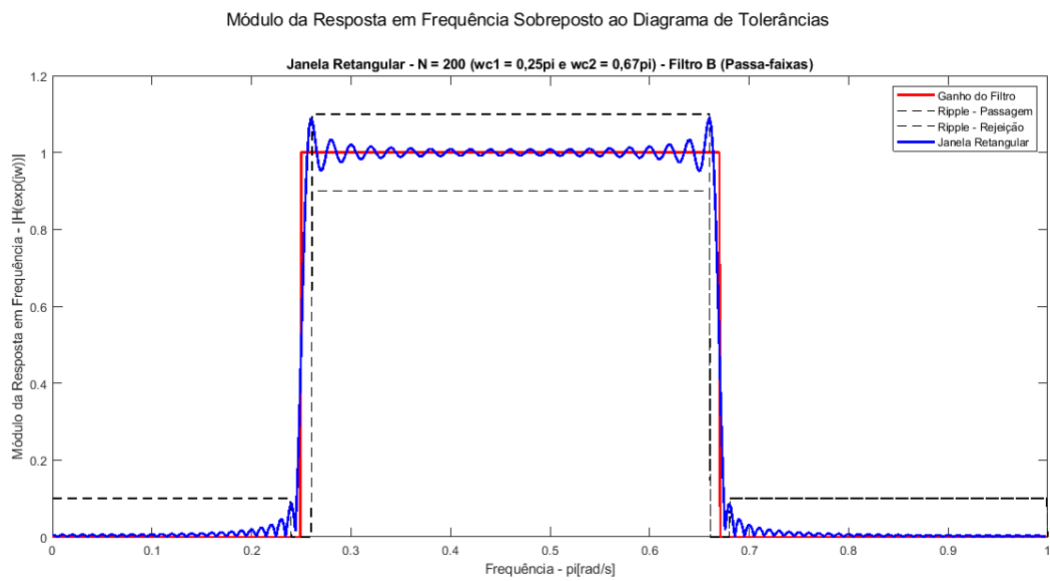


Figura 14. Filtro B - Janela Retangular.

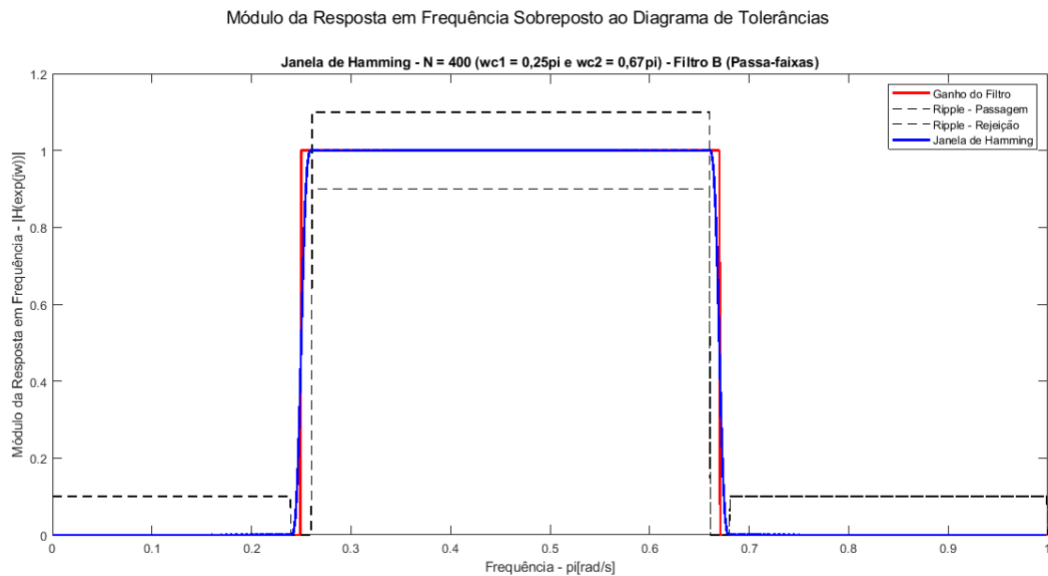


Figura 15. Filtro B - Janela de Hamming.

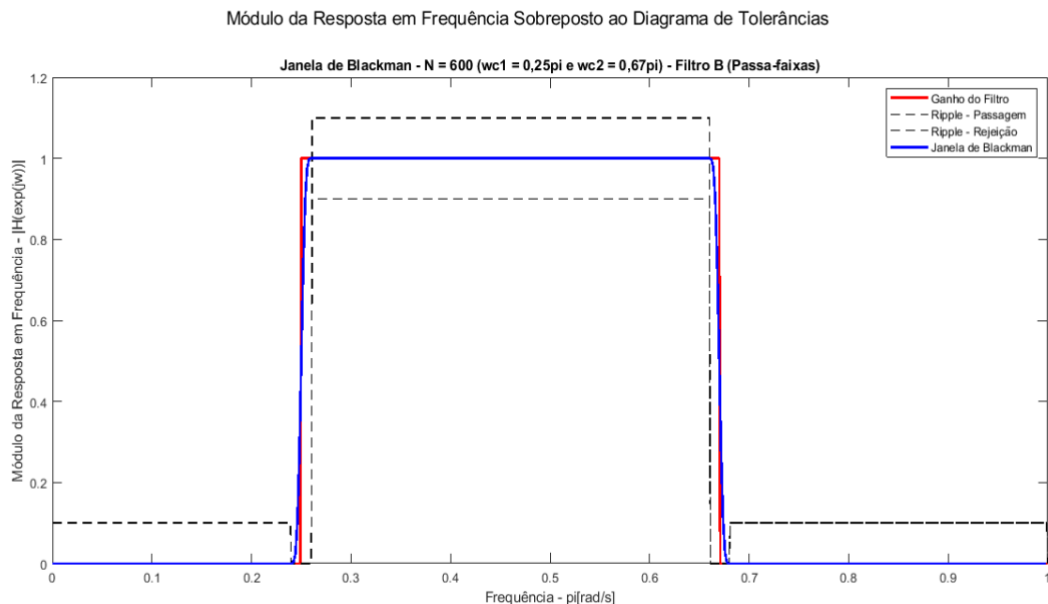


Figura 16. Filtro B - Janela de Blackman.

Observações e escolha das Janelas:

A partir da observação dos Gráficos, é notável como todas as Janelas escolhidas não ultrapassam o *ripple* tolerado, seja na Banda de Passagem ou na Banda de Rejeição, para ambos os Filtros. Dessa forma, por ter a Janela *Retangular* o menor N para o Filtro B, ainda sendo capaz de lhe propor a atenuação dos lóbulos laterais necessária, minimizar a energia do erro de truncamento e não superando sua faixa de tolerância mesmo próximo a região de transição (devido ao efeito de *Gibbs* em tal ponto se é observada maior oscilação), ela é a escolhida para o projeto do Filtro B.

Já para o filtro A, por ter, esse, maior restrição de truncamentos devido a sua alta atenuação necessária, foi escolhida para seu projeto a Janela capaz de respeitar tal condição além de ter menor número de coeficientes, tornando mais estreita a faixa de passagem e tendo seu *ripple* (mesmo na faixa que ocorre o efeito de *Gibbs*) dentro das tolerâncias estipuladas; sendo essa a Janela de *Hamming*.

Filtro A – Janela de *Hamming*;

Filtro B – Janela *Retangular*.

2-D)

- i. Determinou-se o número de coeficientes necessários para satisfazer as especificações de cada um dos filtros a partir do Janelamento com a Janela de *Kaiser*.

Número de Coeficientes - Filtro A (Janela de Kaiser):

$$a = -20 * \log_{10}[\min\{\delta_{As}, \delta_{Ap}\}] \rightarrow a = -20 * \log_{10}(0,003) \rightarrow a = 50,457$$

$$D = \frac{a - 7,95}{14,36} = \frac{50,457 - 7,95}{14,36} = \frac{42,507}{14,36} = 2,96$$

$$\beta_{(a>50dB)} = 0,1102 * (a - 8,7) = 0,1102 * (50,457 - 8,7) = 4,601$$

$$L = \frac{\pi * D}{\Delta\omega_{A1} = \Delta\omega_{A2}} = \frac{2,96 * \pi}{0,2 * \pi} = 14,8$$

Sendo o número de Coeficiente necessários para o Filtro A:

$$N = \text{round}(2 * L + 1)$$

$$N = \text{round}(2 * 14,8 + 1) \rightarrow N = 31$$

Número de Coeficientes - Filtro B (Janela de Kaiser):

$$a = -20 * \log_{10}[\min\{\delta_{Bs}, \delta_{Bp}\}] \rightarrow a = -20 * \log_{10}(0,1) \rightarrow a = 20$$

$$D = \frac{a - 7,95}{14,36} = \frac{20 - 7,95}{14,36} = \frac{12,05}{14,36} = 0,839$$

$$\beta_{(a<21dB)} = 0$$

$$L = \frac{\pi * D}{\Delta\omega_{A1} = \Delta\omega_{A2}} = \frac{0,839 * \pi}{0,02 * \pi} = 41,95$$

Sendo o Número de Coeficiente necessários para o Filtro B:

$$N = \text{round}(2 * L + 1)$$

$$N = \text{round}(2 * 41,95 + 1) \rightarrow N = 85$$

- ii. Gráfico do Módulo da Resposta em Frequência sobre o Diagrama de Tolerâncias para Janela de *Kaiser* – Filtro A:

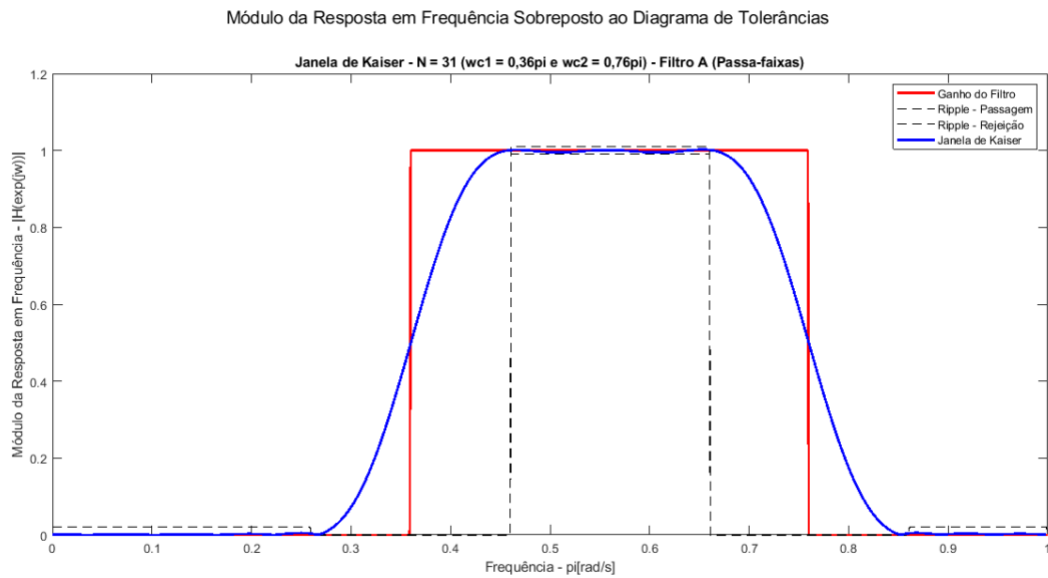


Figura 17. Filtro A - Janela de Kaiser.

Gráfico do Módulo da Resposta em Frequência sobre o Diagrama de Tolerâncias para Janela de Kaiser – Filtro B:

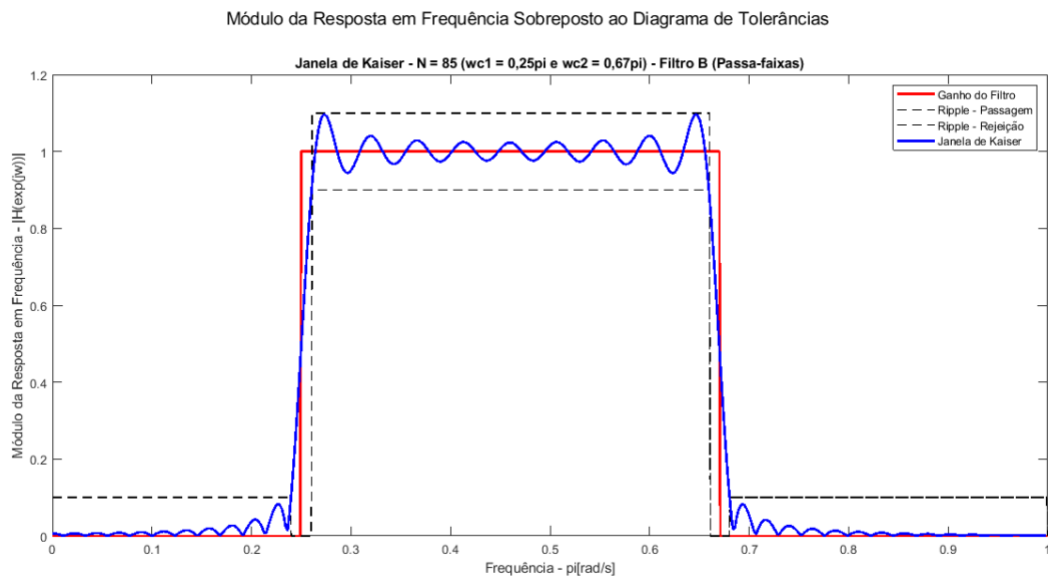


Figura 18. Filtro B - Janela de Kaiser.

Primeiramente fez-se um deslocamento da resposta ao pulso unitário ideal, ficando ela para cada um dos dois Filtros:

$$h_{AKaiser,d}(n) = 0,76 * \text{sinc}(0,76 * (n - L)) - 0,36 * \text{sinc}(0,36 * (n - L))$$

$$h_{BKaiser,d}(n) = 0,67 * \text{sinc}(0,67 * (n - L)) - 0,25 * \text{sinc}(0,25 * (n - L))$$

Onde L denota o valor calculado no item anterior; De posse disso gerou-se as figuras 17 e 18 que correspondem ao Janelamento de Kaiser para cada um dos Filtros, sobreposto ao Diagrama de Tolerâncias.

iii. Comparação entre a Janela de *Kaiser* e Janelas Senoidais – Filtro A

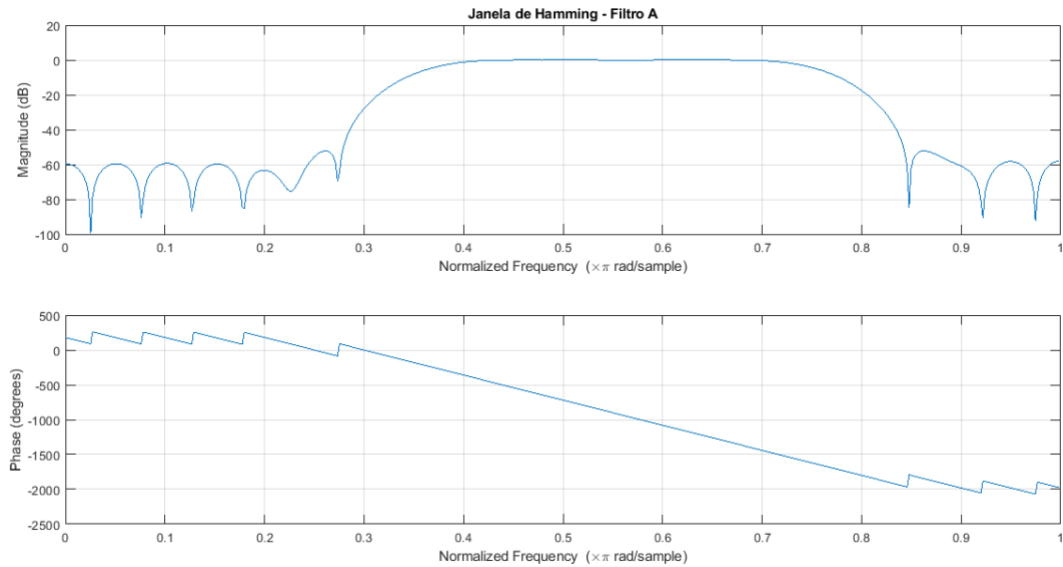


Figura 19. Módulo e Fase - Janela de Hamming - Filtro A.

Como evidenciado nos Gráficos de Módulo e Fase da Janela Senoidal escolhida para o projeto do Filtro A (Janela de *Hamming*) e da Janela de *Kaiser*, a Janela de *Hamming* apresenta atenuação levemente superior dos lóbulos laterais, valor na faixa de 90dB, enquanto a Janela de *Kaiser*, embora tenha menor número de coeficientes, 31 frente aos 40 de *Hamming*, o que é algo positivo e fator relevante na maiorias das escolhas entre janelas, fica atrás nesse quesito, apresentando atenuação dos lóbulos secundários em torno de 80 dB. A defasagem que ambas são muito parecidas e linear.

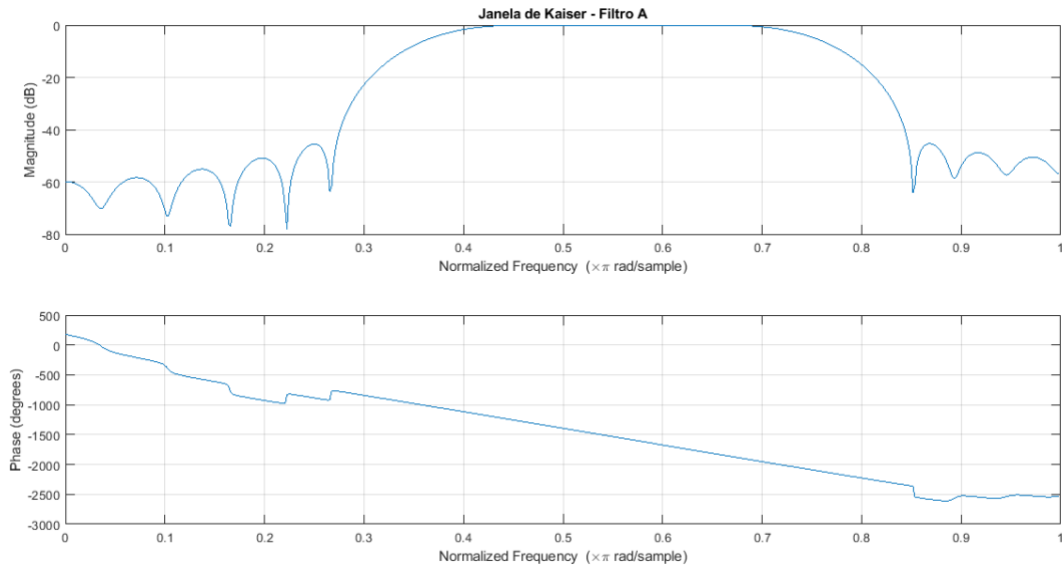


Figura 20. Módulo e Fase - Janela de Kaiser - Filtro A.

iv. Comparação entre a Janela de *Kaiser* e Janelas Senoidais – Filtro B

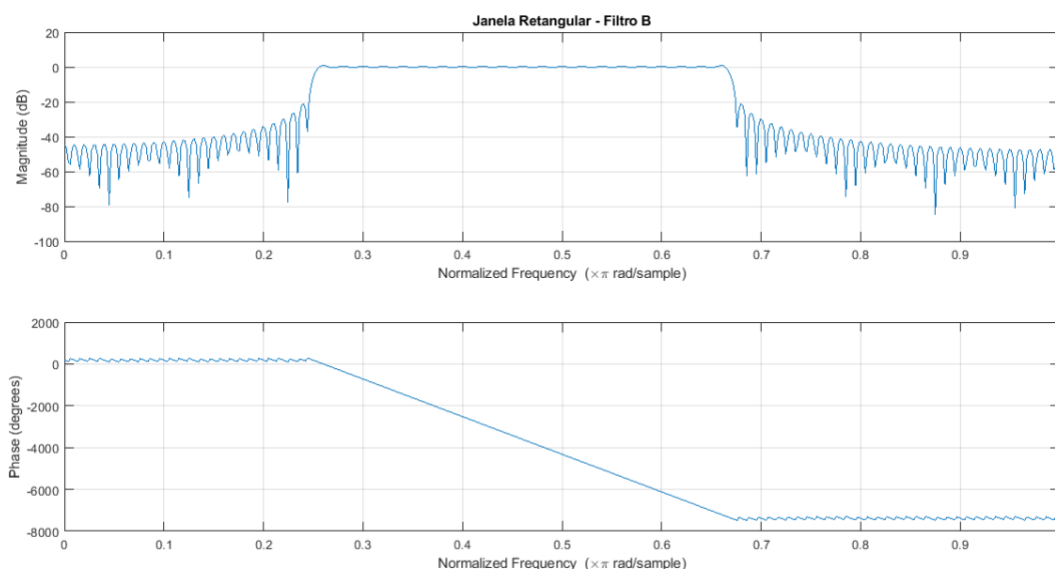


Figura 21. Módulo e Fase - Janela Retangular - Filtro B.

Partindo do pressuposto explicitado no item D-iii, por ter tido melhor resultado a Janela *Retangular* entre as Senoidais que atendem as especificações do Filtro B, e comparando com a de *Kaiser*, notamos que a atenuação dos lóbulos laterais da Janela *Retangular* é um pouco superior. Por outro lado, a Janela de *Kaiser* possui N drasticamente menor, sendo isso algo muito positivo frente a opção anterior. O comportamento da defasagem é aproximado, mas a Janela *Retangular* demonstra menor oscilação.

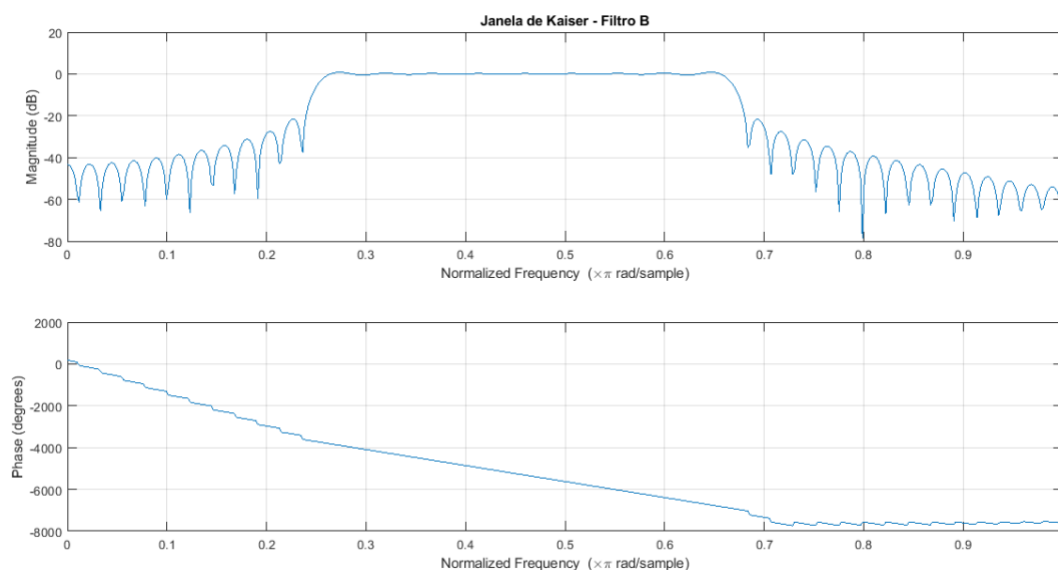


Figura 22.. Módulo e Fase - Janela de Kaiser – Filtro B.

Obs: Decidiu-se comparar a Janela Senoidal com melhor resultado para cada Filtro frente a Janela de *Kaiser* nesse item, preservando assim concisão e organização, visto que as desvantagens das outras seriam maiores, assim também referenciando o que ocorreria na prática em um Projeto de Filtro Digital de Fase Linear Generalizada.

Script .m referente a geração das figuras da questão 1

```
%Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | PTC3424 - Processamento
Digital de Sinais
%Docente: Maria D. Miranda
%Nome: Vinicius Bueno de Moraes - NUSP: 10256432

%Referente a Quetão 1 da Prova Computacional (P2)

%%%Script para Gráfico das FFTs e afins%%%

clear all;

%Carrega o sinal fornecido
load dadosprova2021.mat;
N = length(x);
n = [0:N-1];

%Define os Ms, M1 = N e M2 = 2*N
M1 = N;
M2 = 2*N;

%Frequência de amostragem utilizando periodo de amostragem dado no
%enunciado.
fa = 1/10^-3;

%Janela Retangular - Sinal x(n);
janelaR = rectwin(N)';
XjanelaRetangular = x.*janelaR;

%Janela de Hamming - Sinal x(n);
janelaH = hamming(N)';
XjanelaHamming = x.*janelaH;

%Janela de Blackman - Sinal x(n);
janelaB = blackman(N)';
XjanelaBlackman = x.*janelaB;

%Comando fftshift - TFD no intervalo de -pi a pi rad - Janela Retangular
%M = N
TFDNXjanelaRetangular1 = fftshift(fft(XjanelaRetangular, M1));
TFDNXjanelaHamming1 = fftshift(fft(XjanelaHamming, M1));
TFDNXjanelaBlackman1 = fftshift(fft(XjanelaBlackman, M1));
%M = 2*N
TFDNXjanelaRetangular2 = fftshift(fft(XjanelaRetangular, M2));
TFDNXjanelaHamming2 = fftshift(fft(XjanelaHamming, M2));
TFDNXjanelaBlackman2 = fftshift(fft(XjanelaBlackman, M2));

%Correções de Escala - Janela Retangular
%M = N
TFDNXjanelaRetangular1 = 2*TFDNXjanelaRetangular1/sum(rectwin(N));
TFDNXjanelaHamming1 = 2*TFDNXjanelaHamming1/sum(hamming(N));
TFDNXjanelaBlackman1 = 2*TFDNXjanelaBlackman1/sum(blackman(N));
%M = 2N
TFDNXjanelaRetangular2 = 2*TFDNXjanelaRetangular2/sum(rectwin(N));
TFDNXjanelaHamming2 = 2*TFDNXjanelaHamming2/sum(hamming(N));
TFDNXjanelaBlackman2 = 2*TFDNXjanelaBlackman2/sum(blackman(N));
%Correção de Escala
ff1 = fa*((0:M1-1)-ceil((M1-1)/2))/M1;
ff2 = fa*((0:M2-1)-ceil((M2-1)/2))/M2;
```

```

% Janela Retangular
figure(1);
subplot(221);
plot(ff1, abs(TFDNXjanelaRetangular1), 'k');
title(['FFT com M = N pontos']);
ylabel('|Xjanela Retangular(f)|');
grid on;
%
subplot(223);
plot(ff1, 20*log10(abs(TFDNXjanelaRetangular1)), 'k');
title(['FFT com M = N pontos']);
ylabel('|Xjanela Retangular(f)| dB');
grid on;
%
subplot(222);
plot(ff2, abs(TFDNXjanelaRetangular2), 'k');
title(['FFT com M = 2N pontos']);
ylabel('|Xjanela Retangular(f)|');
grid on;
%
subplot(224);
plot(ff2, 20*log10(abs(TFDNXjanelaRetangular2)), 'k');
title(['FFT com M = 2N pontos']);
ylabel('|Xjanela Retangular(f)| dB');
grid on;

% Janela de Hamming
figure(2);
subplot(221);
plot(ff1, abs(TFDNXjanelaHamming1), 'k');
title(['FFT com M = N pontos']);
ylabel('|Xjanela de Hamming(f)|');
grid on;
%
subplot(223);
plot(ff1, 20*log10(abs(TFDNXjanelaHamming1)), 'k');
title(['FFT com M = N pontos']);
ylabel('|Xjanela de Hamming(f)| dB');
grid on;
%
subplot(222);
plot(ff2, abs(TFDNXjanelaHamming2), 'k');
title(['FFT com M = 2N pontos']);
ylabel('|Xjanela de Hamming(f)|');
grid on;
%
subplot(224);
plot(ff2, 20*log10(abs(TFDNXjanelaHamming2)), 'k');
title(['FFT com M = 2N pontos']);
ylabel('|Xjanela de Hamming(f)| dB');
grid on;

% Janela de Blackman
figure(3);
subplot(221);
plot(ff1, abs(TFDNXjanelaBlackman1), 'k');
title(['FFT com M = N pontos']);
ylabel('|Xjanela de Blackman(f)|');
grid on;
%
subplot(223);
plot(ff1, 20*log10(abs(TFDNXjanelaBlackman1)), 'k');
title(['FFT com M = N pontos']);
ylabel('|Xjanela de Blackman(f)| dB');

```

```
grid on;  
%  
subplot(222)  
plot(ff2, abs(TFDNXjanelaBlackman2), 'k');  
title(['FFT com M = 2N pontos']);  
ylabel('|Xjanela de Blackman(f)|');  
grid on;  
%  
subplot(224)  
plot(ff2, 20*log10(abs(TFDNXjanelaBlackman2)), 'k');  
title(['FFT com M = 2N pontos']);  
ylabel('Xjanela de Blackman(f) | dB');  
grid on;
```