

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais

ANÁLISE DE SINAL

Análise de um sinal modulado e demodulado

Jádyla Maria Cesário Firmino

Maria Clara Sanchez de Mira

Poços de Caldas - MG

2022

1. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho da matéria Princípios de Comunicação é realizar a análise do sinal produzido através de uma gravação feita pelas integrantes da dupla. O sinal em questão passará pelo processo de modulação e demodulação, e após isso deverá ser analisado os efeitos destes sobre o sinal original.

Será necessário averiguar o impacto que cada operação possui sobre o sinal, sendo possível visualizar através dos gráficos gerados em cada ponto, que representam o estado do sinal ao ser influenciado.

Após isso, será observado então a diferença entre o sinal original e o sinal que passou pelos processos, chegando à conclusão da influência do sistema.

2. CÓDIGO FONTE COMENTADO

```
% *****  
% PROGRAMA-: Este programa faz a leitura de um sinal de música stereo, %  
%           obtem a correspondente transformada de Fourier.           %  
%           Este gera o gráfico de um dos canais no domínio do tempo %  
%           e no domínio da frequência. E tem também a modulação e %  
%           desmodulação do sina, e todas as etapas tem seus respectivos %  
%           gráficos. %  
% *****  
  
clear;  
clc;  
close all;  
  
##### Passo 1: Acessar o arquivo #####  
  
[sinal,Fs]=audioread('audio.wav'); % Recebendo o sinal  
canal = sinal(:,1);                 % Canal do som  
N = length(canal);                  % Tamanho do canal  
  
##### Passo 2: Gerar gráfico de um dos canais #####  
  
tempo = (0:1/Fs:1/Fs*(N-1));        % Vetor com o tempo  
  
figure(1)                            % Definindo uma tela para cada subplot  
subplot(211);                        % Para deixar 2 gráficos na mesma figura  
plot(tempo,canal);                   % Plotar o Canal  
title('Análise temporal do sinal m(t)'); % Título do gráfico  
xlabel('Tempo (s)');                 % Texto do eixo X  
ylabel('Amplitude');                % Texto do eixo Y  
  
##### Passo3: Análise Espectral #####  
  
M = fft(canal);                      % Transformada de Fourier do sinal  
w = 2*pi*Fs*(-round(N/2)+1:round(N/2))/N; % Frequência  
y = ifft(M);                        % Inversa da transformada  
  
subplot(212);                        % Plotar o espectro  
plot(w,fftshift(abs(M)));            % Título do gráfico  
title('Espectro de Fourier do sinal m(t)'); % Título do gráfico  
xlabel('Frequência (rad/s)');        % Texto do eixo X  
ylabel('Módulo |X(\omega)|');        % Texto do eixo Y
```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Passo 4 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
wc = 2*pi*1187.41; % frequência de corte
pontoA = canal'.*2.*cos(wc .* tempo); % Modulação ponto A
A = fft(pontoA); % Transformada Fourier do ponto A

%Plotagem Análise temporal do sinal no ponto a
figure(2)
subplot(211);
plot(tempo,pontoA);
title('Análise temporal do sinal ponto A');
xlabel('Tempo (s)');
ylabel('Amplitude');

%Plotagem Espectro de Fourier do sinal no ponto a
subplot(212);
plot(w,fftshift(abs(A)));
title('Espectro de Fourier do sinal m(t) no ponto A');
xlabel('Frequência (rad/s)');
ylabel('Módulo |X(\omega)|');

%Ponto B:
% No ponto b como a primeira parte desconsidera o ruído
% temos que : pontoB = pontoA

%Ponto C:
pontoC = pontoA .*cos(wc * tempo); % Modulação ponto C
C = fft(pontoC); %Transformada Fourier do ponto C

%Plotagem Análise temporal do sinal no ponto c
figure(3)
subplot(211);
plot(tempo,pontoC);
title('Análise temporal do sinal no ponto C m(t)');
xlabel('Tempo (s)');
ylabel('Amplitude');

%Plotagem Espectro de Fourier do sinal no ponto c
subplot(212);
plot(w,fftshift(abs(C)));
title('Espectro de Fourier do sinal m(t) no ponto C');
xlabel('Frequência (rad/s)');
ylabel('Módulo |X(\omega)|');

```

```

##### Passo 5 e 6: Filtro #####
k = 1.5; % Ganho do filtro
n = 3; % Ordem do filtro
wo = 7064; % Frequência do filtro

aux = (wo./(1.*w+wo)); % Parte da conta do filtro
FPB = k .* pow2((aux),n); % Função transferência do filtro

X = (fftshift(FPB)).*C; % O sinal demodulado passando pelo filtro
x = real(iff(X)); % Transformada Fourier do sinal filtrado

%Plotagem do filtro na frequência
figure(4);
plot(w,FPB);
title('Espectro de Fourier do filtro');
xlabel('Frequência (rad/s)');
ylabel('Módulo |X(\omega)|');

%Plotagem Análise temporal do sinal no ponto d
figure(5);
subplot(211);
plot(tempo,x);
title('Análise temporal do sinal m(t) após o filtro');
xlabel('Tempo (s) ');
ylabel('Amplitude');

%Plotagem Espectro de Fourier do sinal no ponto d
subplot(212);
plot(w,fftshift(abs(X)));
title('Espectro de Fourier do sinal m(t) após o filtro');
xlabel('Frequência (rad/s)');
ylabel('Módulo |X(\omega)|');

```

%% Passo 7: Ruídos %%%

```
f = max(canal); % O valor máximo do canal

% Gerando ruído baixo aleatório
ruído_baixo = pontoA + (f/500 * randi([-100 100],1,N));
Y_BAIXO = fft(ruído_baixo); % Transformada do sinal com ruído baixo

% Gerando ruído alto aleatório
ruído_alto = pontoA + (f/200 * randi([-100 100],1,N));
Y_ALTO = fft(ruído_alto); % Transformada do sinal com ruído alto

%Plotagem Análise temporal do sinal com ruído baixo
figure(6);
subplot(211);
plot(tempo,ruído_baixo);
title('Análise temporal do sinal m(t) com ruído baixo');
xlabel('Tempo (s) ');
ylabel('Amplitude');

%Plotagem Espectro de Fourier do sinal com ruído baixo
subplot(212);
plot(w,abs(fftshift(Y_BAIXO)));
title('Espectro de Fourier do sinal m(t) com ruído baixo');
xlabel('Frequência (rad/s)');
ylabel('Módulo |X(\omega)|');

%Plotagem Análise temporal do sinal com ruído alto
figure(7);
subplot(211);
plot(tempo,ruído_alto);
title('Análise temporal do sinal m(t) com ruído alto');
xlabel('Tempo (s) ');
ylabel('Amplitude');

%Plotagem Espectro de Fourier do sinal com ruído alto
subplot(212);
plot(w,fftshift(abs(Y_ALTO)));
title('Espectro de Fourier do sinal m(t) com ruído alto');
xlabel('Frequência (rad/s)');
ylabel('Módulo |X(\omega)|');
```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Passo 8: Sinal Demodulador com ruído alto %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Demodulação com ruído alto ponto B
pontoB_ruído_alto = pontoA + ruído_alto;
% Transformada do sinal com ruído alto ponto B
B_RUIDO_ALTO = fft(pontoB_ruído_alto);

%Plotagem Análise temporal do sinal com ruído alto ponto B
figure(8)
subplot(211);
plot(tempo,pontoB_ruído_alto);
title('Análise temporal do sinal m(t) no ponto B com ruído alto');
xlabel('Tempo (s)');
ylabel('Amplitude');

%Plotagem Espectro de Fourier do sinal com ruído alto ponto B
subplot(212);
plot(w,fftshift(abs(B_RUIDO_ALTO)));
title('Espectro de Fourier do sinal m(t) no ponto B com ruído alto');
xlabel('Frequência (rad/s)');
ylabel('Módulo |X(\omega)|');

%Ponto C - RUIDO ALTO:
% Demodulação com ruído alto ponto C
pontoC_ruído_alto = pontoB_ruído_alto .*cos(wc * tempo);
% Transformada do sinal com ruído alto ponto C
C_RUIDO_ALTO = fft(pontoC_ruído_alto);

%Plotagem Análise temporal do sinal com ruído alto ponto C
figure(9)
subplot(211);
plot(tempo,pontoC_ruído_alto);
title('Análise temporal do sinal m(t) no ponto C com ruído alto');
xlabel('Tempo (s)');
ylabel('Amplitude');

%Plotagem Espectro de Fourier do sinal com ruído alto ponto C
subplot(212);
plot(w,fftshift(abs(C_RUIDO_ALTO)));
title('Espectro de Fourier do sinal m(t) no ponto C com ruído alto');
xlabel('Frequência (rad/s)');
ylabel('Módulo |X(\omega)|');

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Filtro %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Transformada Fourier do sinal com ruído alto filtrado
X_RUIDO_ALTO = (fftshift(FPB))' .* C_RUIDO_ALTO;

% O sinal original com ruído alto passando pelo filtro
x_ruído_alto = real(ifft(X_RUIDO_ALTO));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Voltando o sinal original %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Plotagem Análise temporal do sinal demodulado com ruído alto
figure(10);
subplot(211);
plot(tempo, x_ruído_alto);
title('Análise temporal m(t) com ruído alto após o filtro');
xlabel('Tempo (s) ');
ylabel('Amplitude');

%Plotagem Espectro de Fourier do sinal demodulado com ruído alto
subplot(212);
plot(w, fftshift(abs(X_RUIDO_ALTO)));
title('Espectro de Fourier sinal m(t) com ruídoalto após o filtro');
xlabel('Frequência (rad/s)');
ylabel('Módulo |X(\omega)|');

```

```

##### Passo 8: Sinal Demodulador com ruído baixo #####
% Demodulação com ruído baixo ponto B
pontoB_ruído_baixo = pontoA + ruído_baixo;
% Transformada do sinal com ruído baixo ponto B
B_RUIDO_BAIXO = fft(pontoB_ruído_baixo);

%Plotagem Análise temporal do sinal com ruído baixo ponto B
figure(11)
subplot(211);
plot(tempo,pontoB_ruído_baixo);
title('Análise temporal do sinal m(t) no ponto B com ruído baixo');
xlabel('Tempo (s)');
ylabel('Amplitude');

%Plotagem Espectro de Fourier do sinal com ruído baixo ponto B
subplot(212);
plot(w,fftshift(abs(B_RUIDO_BAIXO)));
title('Espectro de Fourier do sinal m(t) no ponto B com ruído baixo');
xlabel('Frequência (rad/s)');
ylabel('Módulo |X(\omega)|');

%Ponto C - RUIDO BAIXO:

% Demodulação com ruído baixo ponto C
pontoC_ruído_baixo = pontoB_ruído_baixo .*cos(wc * tempo);
% Transformada do sinal com ruído baixo ponto C
C_RUIDO_BAIXO = fft(pontoC_ruído_baixo);

%Plotagem Análise temporal do sinal com ruído baixo ponto C
figure(12)
subplot(211);
plot(tempo,pontoC_ruído_baixo);
title('Análise temporal do sinal m(t) no ponto C com ruído baixo');
xlabel('Tempo (s)');
ylabel('Amplitude');

%Plotagem Espectro de Fourier do sinal com ruído baixo ponto C
subplot(212);
plot(w,fftshift(abs(C_RUIDO_BAIXO)));
title('Espectro de Fourier do sinal m(t) no ponto C com ruído baixo');
xlabel('Frequência (rad/s)');
ylabel('Módulo |X(\omega)|');

```



```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Filtro %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Transformada Fourier do sinal com ruído baixo filtrado
X_RUIDO_BAIXO = (fftshift(FPB)).*C_RUIDO_BAIXO;

% O sinal original com ruído baixo passando pelo filtro
x_ruído_baixo = real(iff(X_RUIDO_BAIXO));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Voltando o sinal original %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Plotagem Análise temporal do sinal demodulado com ruído baixo
figure(13);
subplot(211);
plot(tempo,x_ruído_baixo);
title('Análise temporal do sinal m(t) com ruído baixo após o filtro');
xlabel('Tempo (s) ');
ylabel('Amplitude');

%Plotagem Espectro de Fourier do sinal demodulado com ruído baixo
subplot(212);
plot(w,fftshift(abs(X_RUIDO_BAIXO)));
title('Espectro de Fourier do sinal m(t) com ruído após o filtro');
xlabel('Frequência (rad/s)');
ylabel('Módulo |X(\omega)|');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Reprodução e Salvamento dos áudios %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% OBS: Para ouvir os áudios em cada momento é preciso apenas descomentar
% suas respectivas linhas

%sound(y,Fs); % audio Original

%sound(x,Fs); % audio sem ruidos

%audios com ruído
%sound(x_ruído_alto,Fs);
%sound(x_ruído_baixo,Fs);

%Salvando os novos áudios
audiowrite('audio_sem_ruído.wav',x,Fs);
audiowrite('ruído_baixo.wav',x_ruído_baixo,Fs);
audiowrite('ruído_alto.wav',x_ruído_alto,Fs);

```

3. GRÁFICOS CORRESPONDENTES

Abaixo estão os gráficos gerados em cada processo. Cada um possui uma breve explicação de como foi gerado e o que representa.

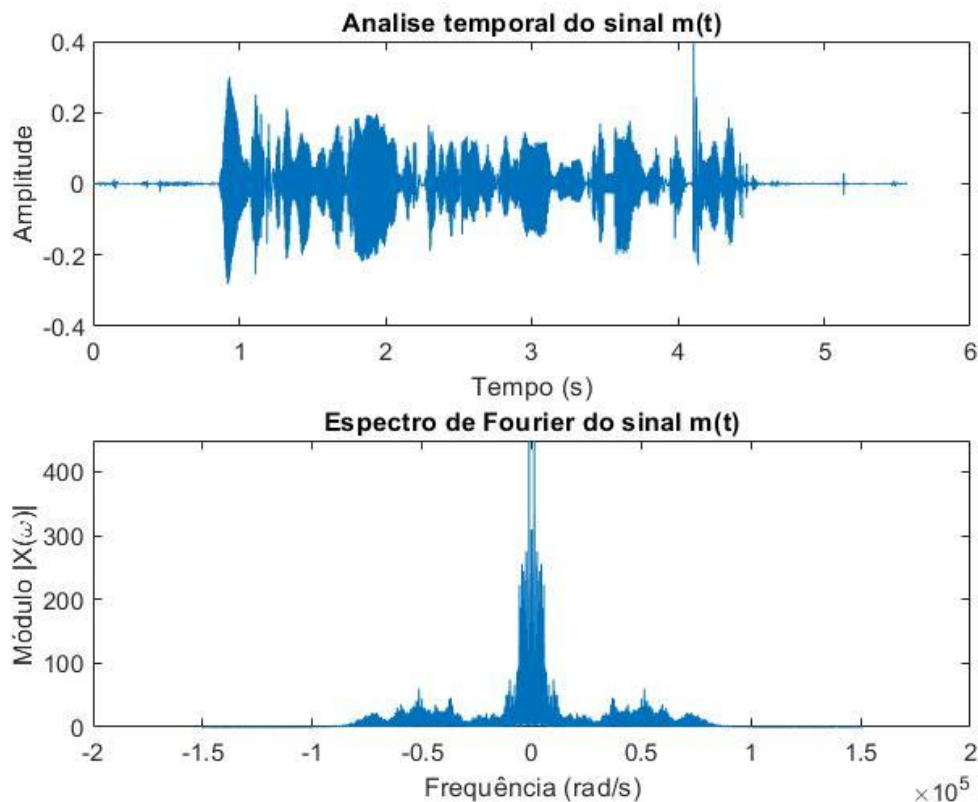


Gráfico 1 - Análise temporal do sinal m(t): representa o sinal produzido através do áudio gravado pela dupla;

Gráfico 2 - Espectro de Fourier do sinal m(t): representa o espectro do sinal de entrada, sinal representado pelo gráfico 1;

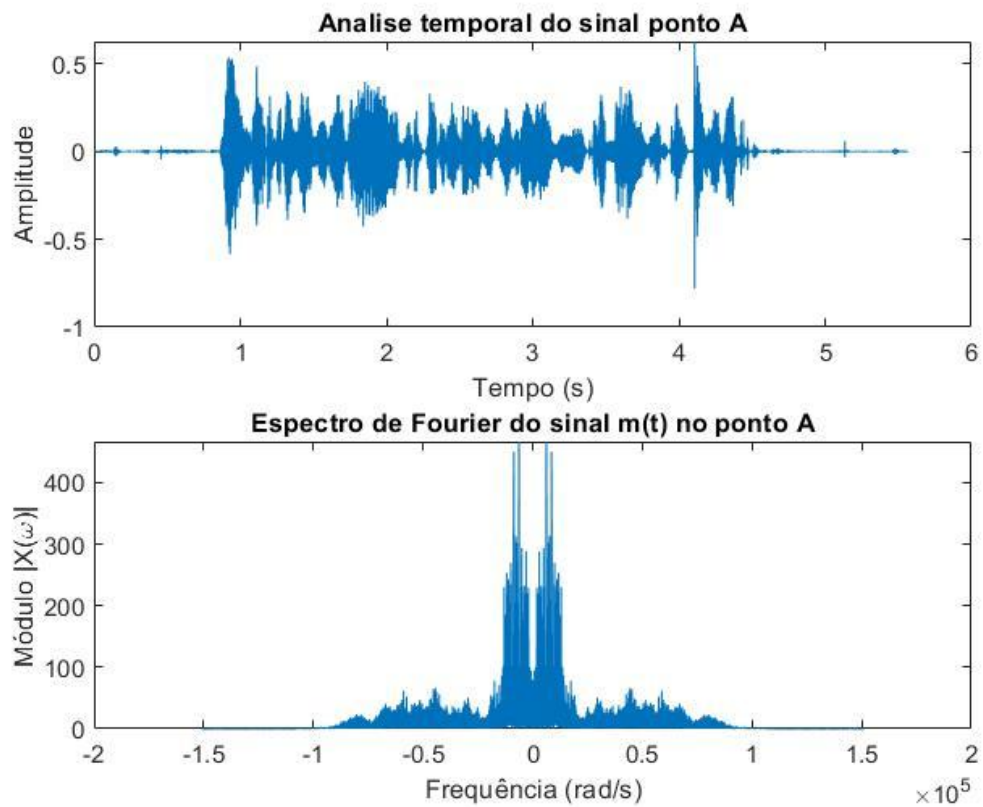


Gráfico 3 - Análise temporal do sinal ponto A: representa o sinal no ponto A, que é o sinal multiplicado pelo cosseno;

Gráfico 4 - Espectro de Fourier do sinal m(t): representa o espectro do sinal no ponto A;

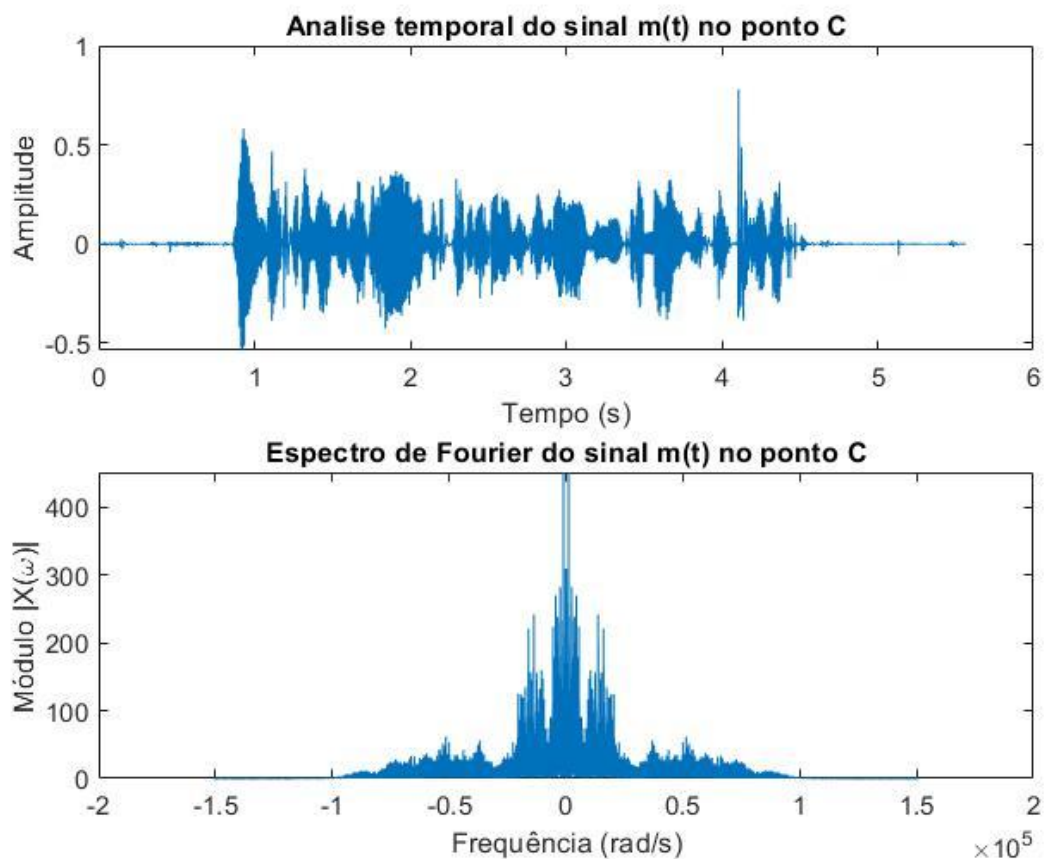


Gráfico 5 - Análise temporal do sinal $m(t)$ no ponto C: representa o sinal após passagem pelo demodulador, que é representado pelo ponto C;

Gráfico 6 - Espectro de Fourier do sinal $m(t)$ no ponto C: apresenta o espectro de Fourier do sinal no ponto C, que é o sinal após passagem pelo demodulador;

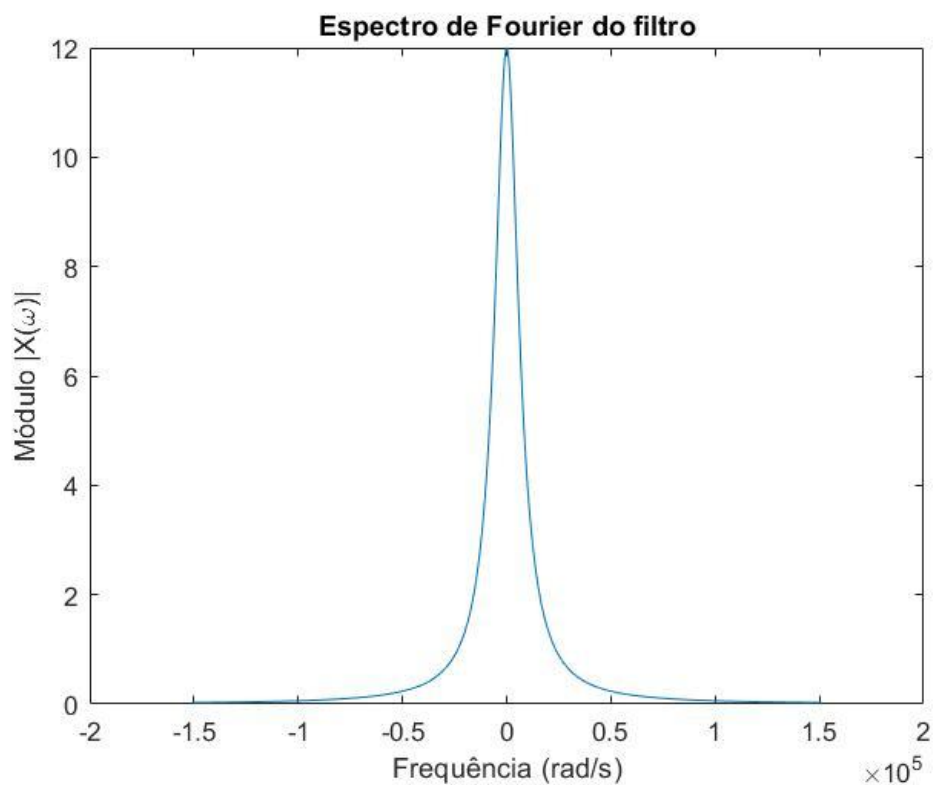


Gráfico 7 - Espectro de Fourier do filtro: representação do sinal do filtro;

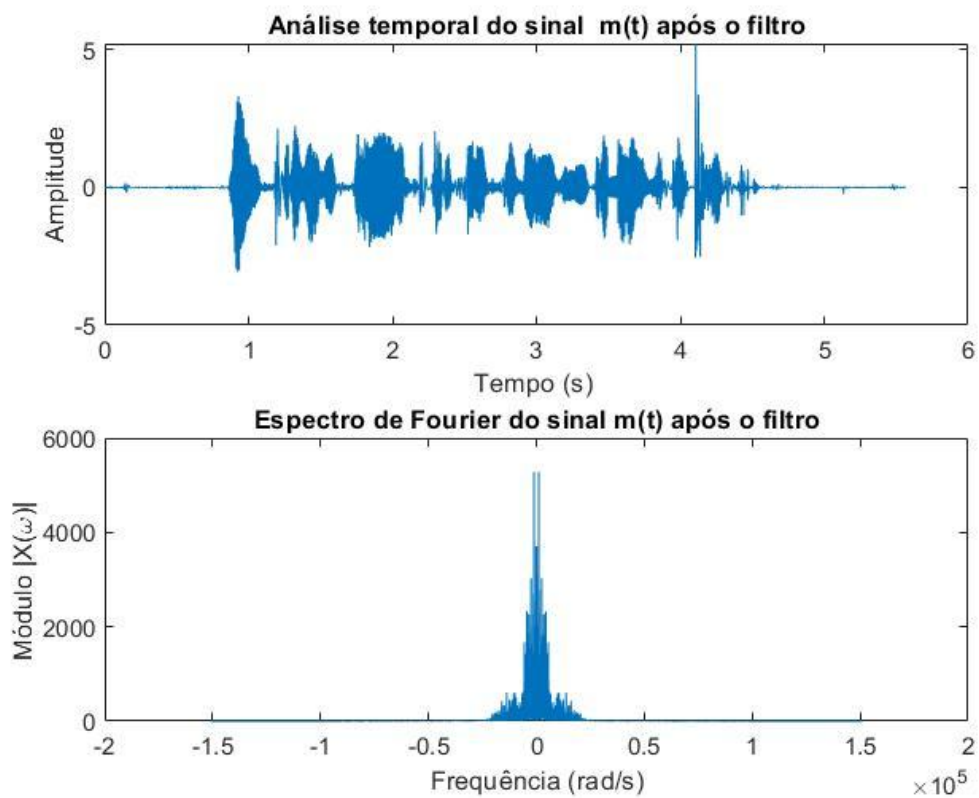


Gráfico 8 - Análise temporal do sinal $m(t)$ após o filtro: sinal que foi gerado após a passagem pelo filtro;

Gráfico 9 - Espectro de Fourier do sinal $m(t)$ após o filtro: representação do espectro do sinal do filtro, que apresenta o sinal concentrado ao meio, barrando os sinais delimitados pelo filtro, como apresentado na imagem;

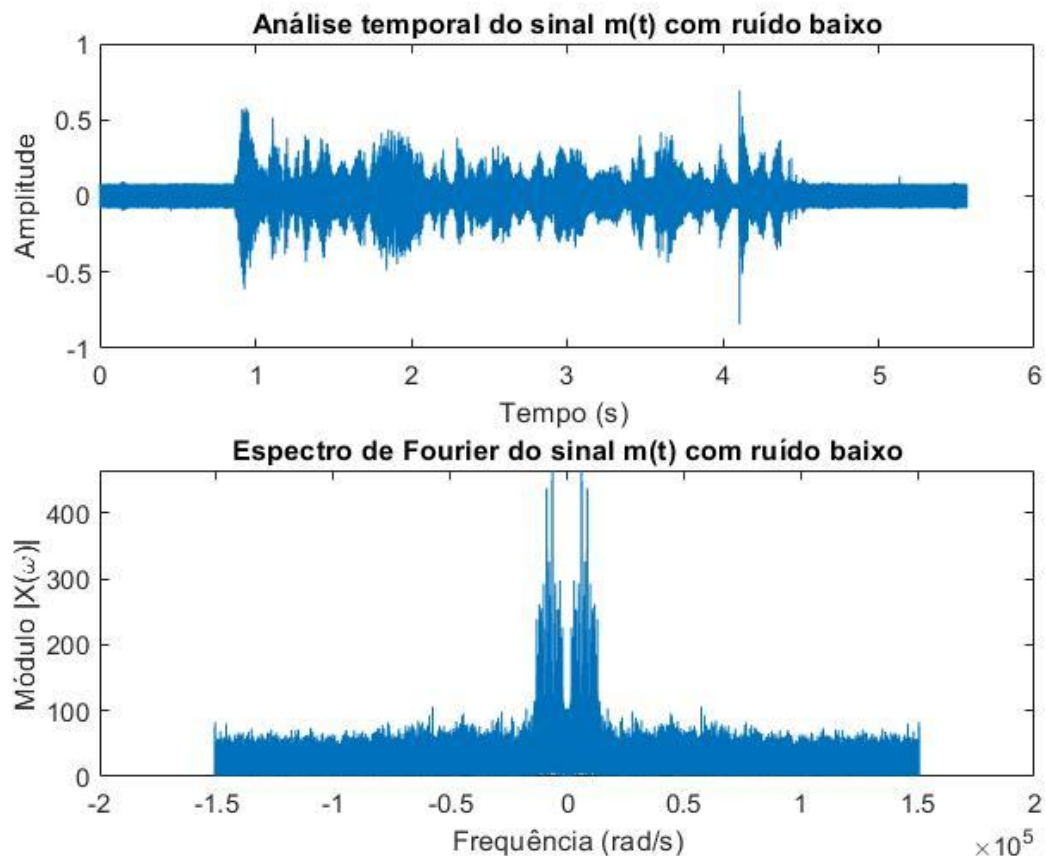


Gráfico 10 - Análise temporal do sinal $m(t)$ com ruído baixo: sinal após aplicação de um ruído baixo;

Gráfico 11 - Espectro de Fourier do sinal $m(t)$ com ruído baixo: espectro gerado após a aplicação de um ruído baixo;

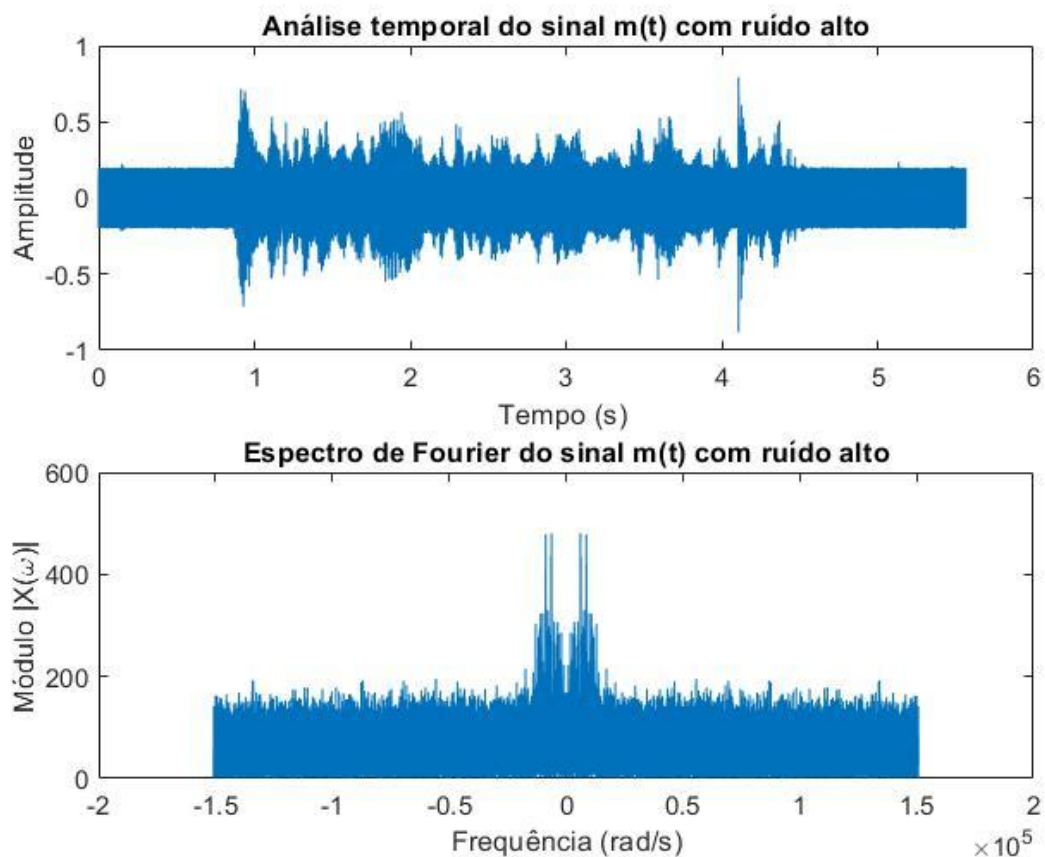


Gráfico 12 - Análise temporal do sinal $m(t)$ com ruído alto: aplicação de um ruído alto. É possível notar que o ruído possui grande influência, sendo notório principalmente com o aumento do ruído;

Gráfico 13 - Espectro de Fourier do sinal $m(t)$ com ruído alto: espectro gerado após a aplicação de um ruído alto. Possui as mesmas observações do gráfico 12;

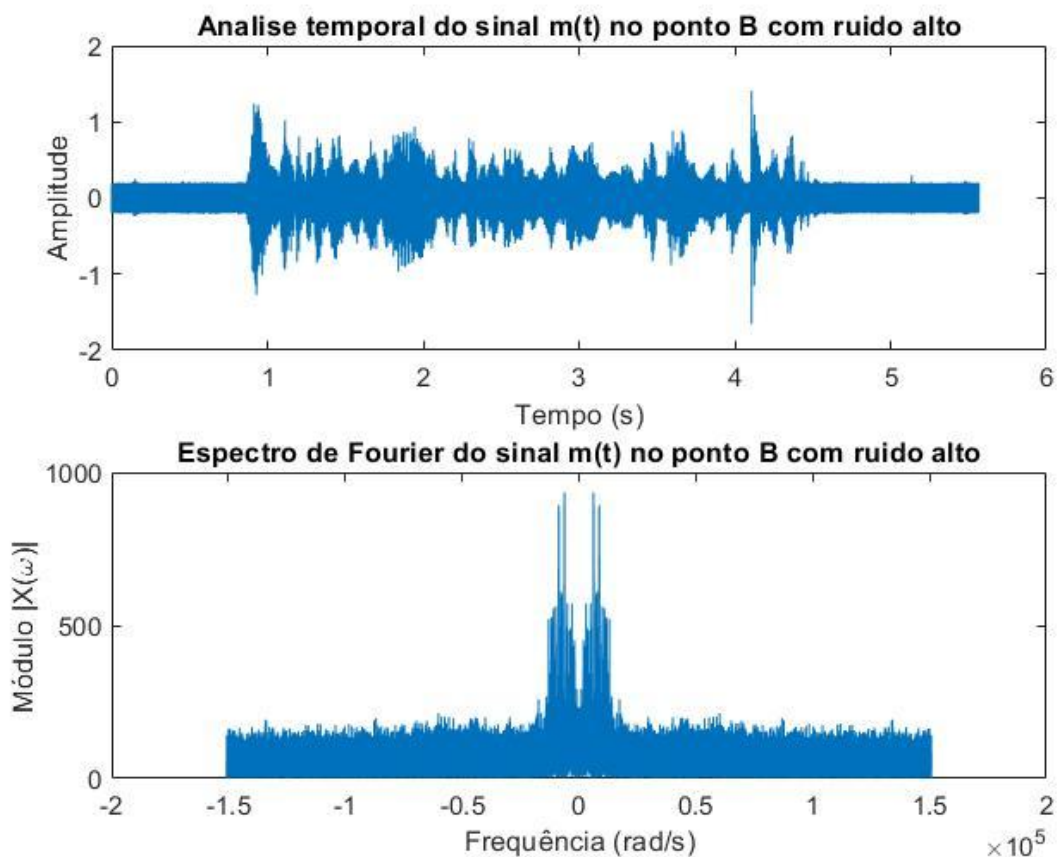


Gráfico 14 - Análise temporal do sinal $m(t)$ no ponto B com ruído alto:
com a aplicação do ruído foi possível analisar o ponto B;

Gráfico 15 - Espectro de Fourier do sinal $m(t)$ no ponto B com ruído alto:
representação do espectro do sinal B com o ruído alto;

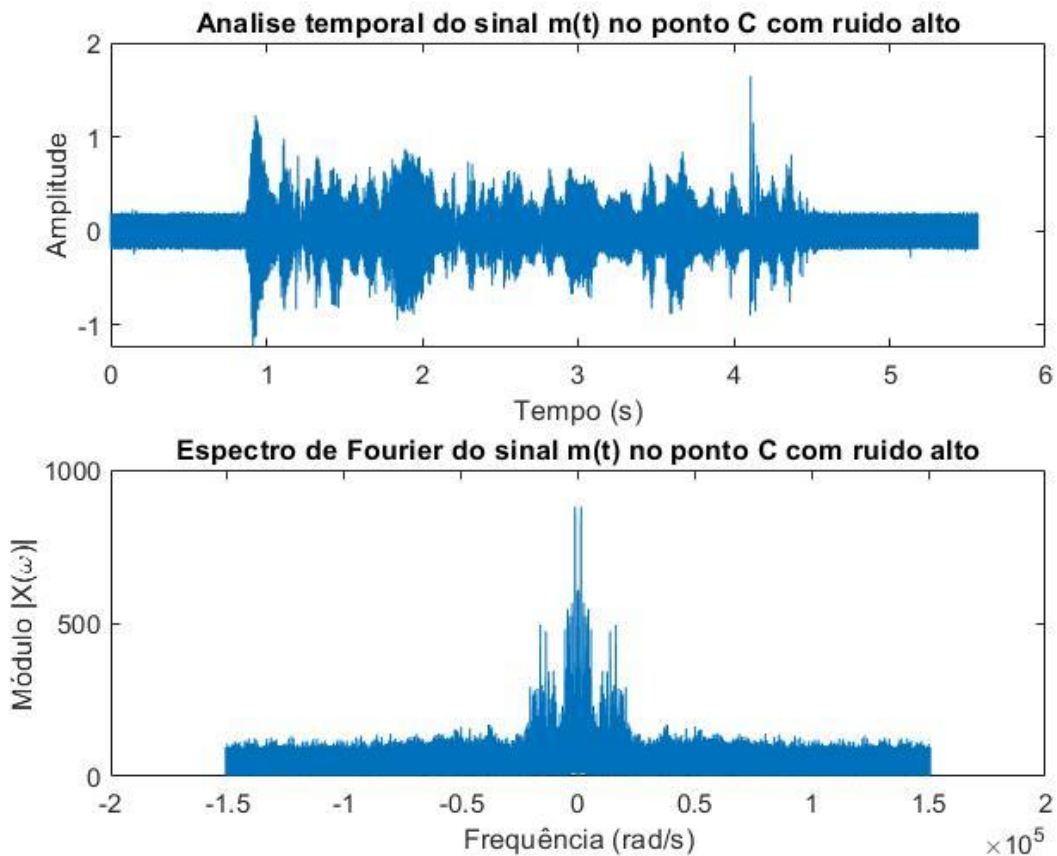


Gráfico 16 - Análise temporal do sinal $m(t)$ no ponto C com ruído alto:
aplicação do ruído alto no ponto C;

Gráfico 17 - Espectro de Fourier do sinal $m(t)$ no ponto C com ruído alto:
representação do espectro do sinal C com o ruído alto;

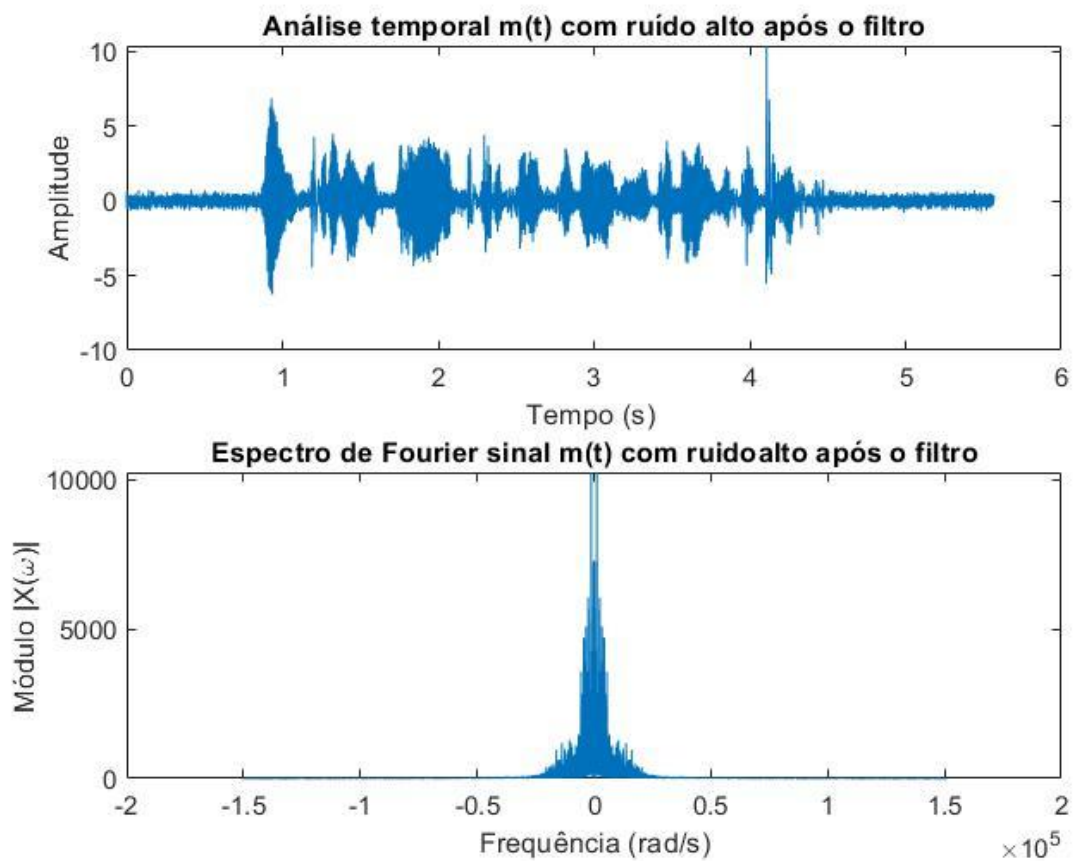


Gráfico 18 - Análise temporal $m(t)$ com ruído alto após o filtro: com a aplicação de um ruído alto após saída;

Gráfico 19 - Espectro de Fourier sinal $m(t)$ com ruído alto após o filtro: representação do espectro do sinal após aplicação do ruído depois do filtro;

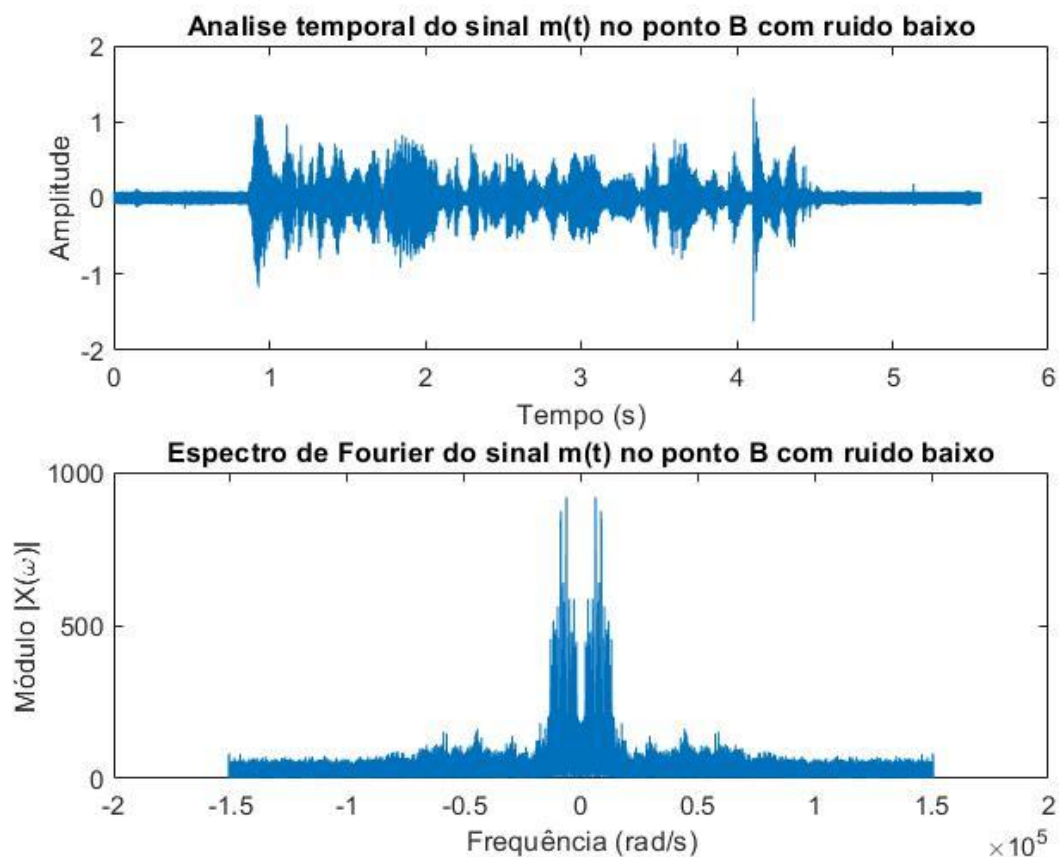


Gráfico 20 - Análise temporal do sinal $m(t)$ no ponto B com ruído baixo: representação do sinal no ponto B com o ruído baixo;

Gráfico 21 - Espectro de Fourier do sinal $m(t)$ no ponto B com ruído baixo: representação do espectro do sinal no ponto B com ruído baixo;

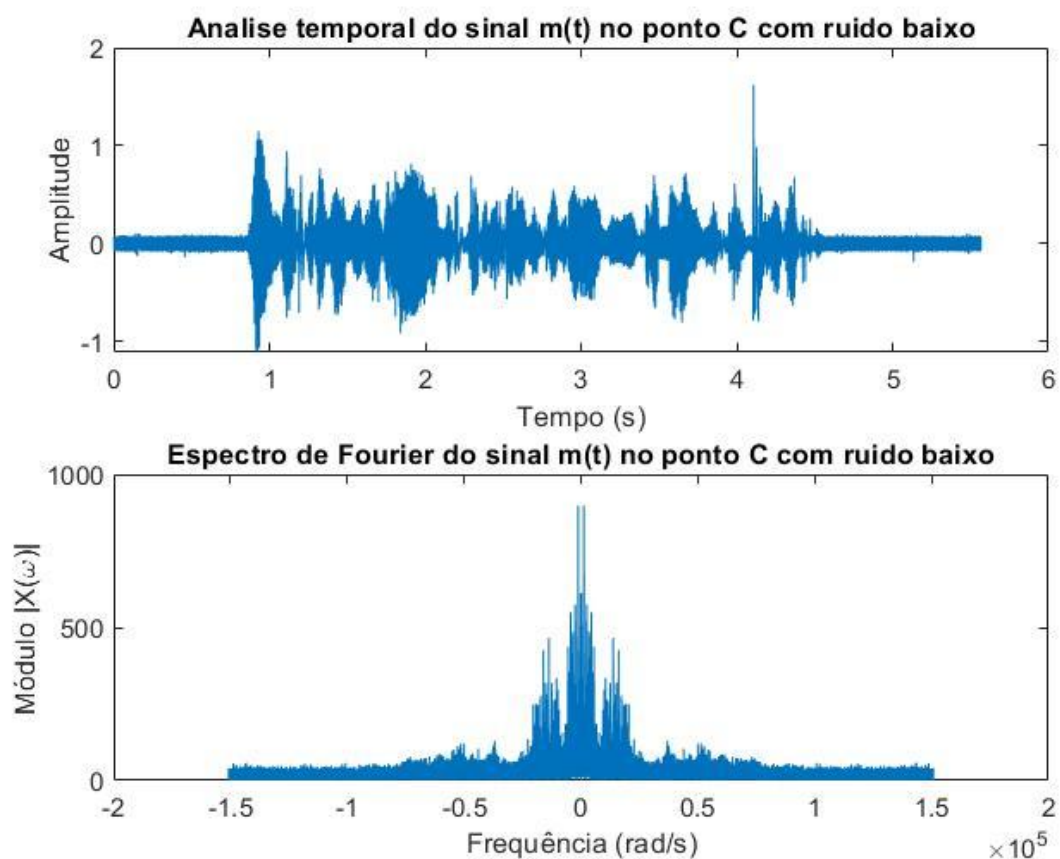


Gráfico 22 - Análise temporal do sinal m(t) no ponto C com ruído baixo:
representação do espectro do sinal C com o ruído baixo;

Gráfico 23 - Espectro de Fourier do sinal m(t) no ponto C com ruído baixo:
representação do espectro do sinal C com o ruído baixo;

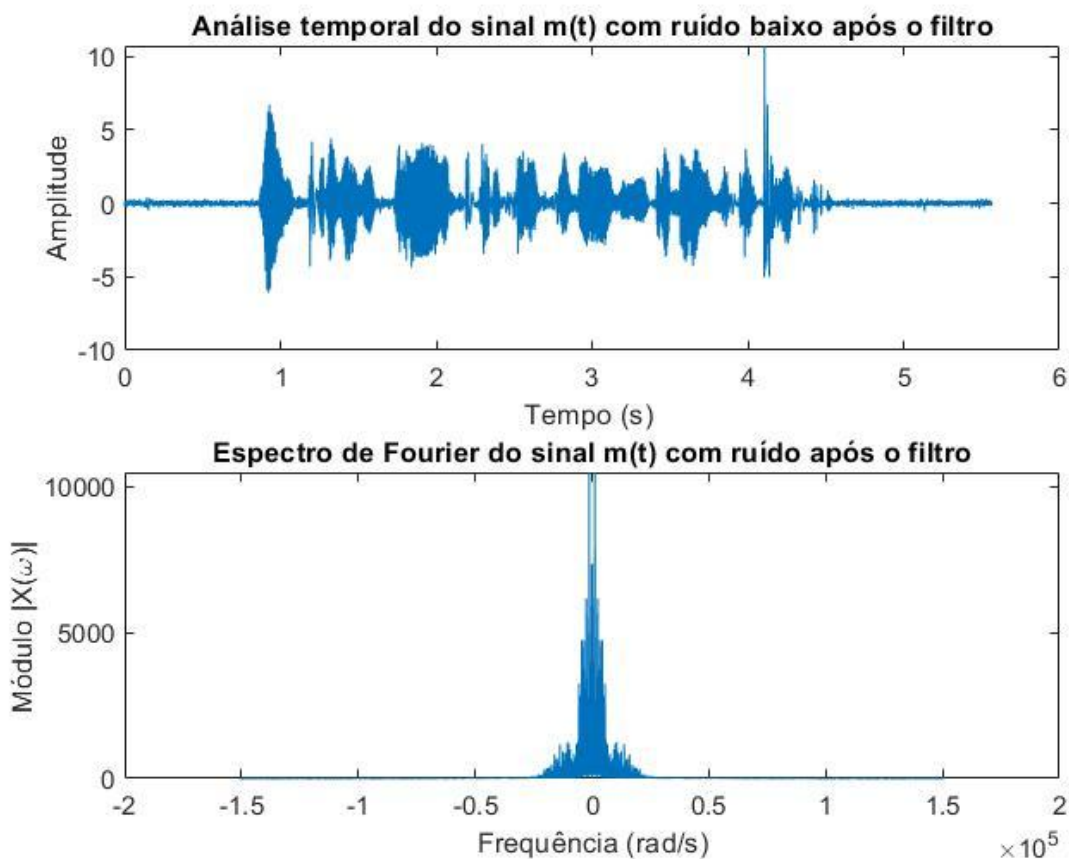


Gráfico 24 - Análise temporal do sinal $m(t)$ com ruído baixo após o filtro: saída final do sistema, após a aplicação do ruído após a saída do filtro;

Gráfico 25 - Espectro de Fourier do sinal $m(t)$ com ruído após o filtro: representação do espectro do sinal após aplicação do ruído na saída.

4. CONCLUSÃO

Após analisar todos os gráficos gerados em todos os processos foi possível concluir que, mesmo sem ruído o áudio final apresenta-se distorcido, não representando de fato o áudio original. Mas, ao adicionar-se um ruído, que causa uma interferência no sinal, é possível visualizar uma maior interferência causando uma distorção ainda maior no áudio e sinal finais.