



Filtro

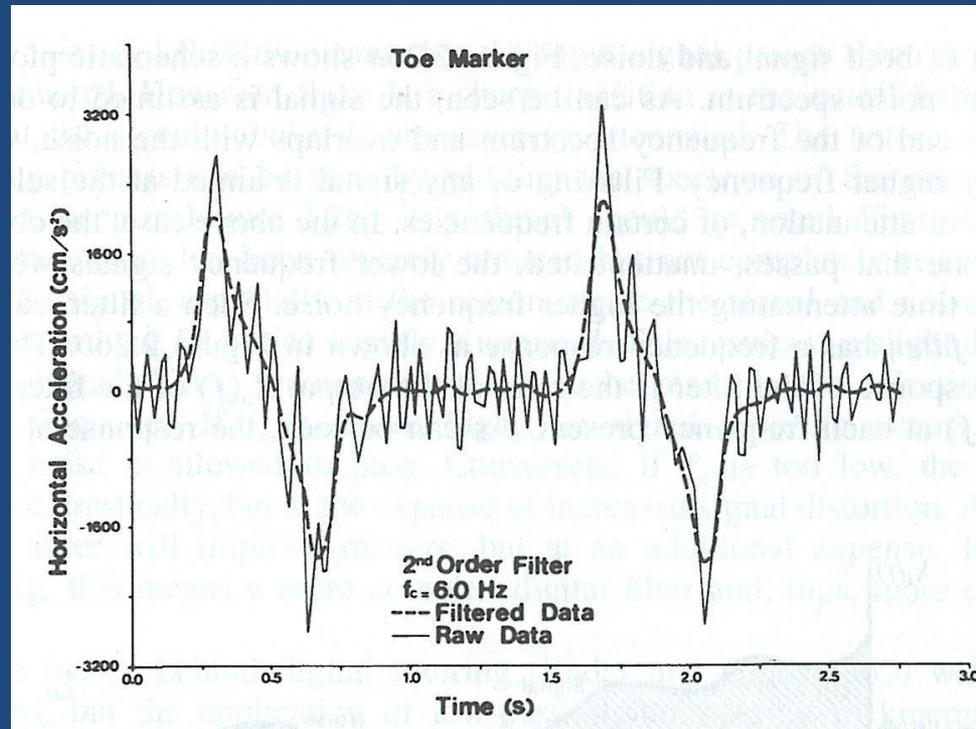
*Processamento de Sinais e Instrumentação
para a Análise do Movimento Humano*

Prof. Dr. Renato de Moraes

Ruído

- Termo usado para descrever os componentes de um sinal final que não são devidos ao processo em si (i.e., movimento analisado)
- Fontes de ruído:
 - Eletrônico
 - Movimento da pele
 - Erro humano
- Erro aleatório
 - Usualmente é um componente de alta frequência

Dado bruto e dado filtrado



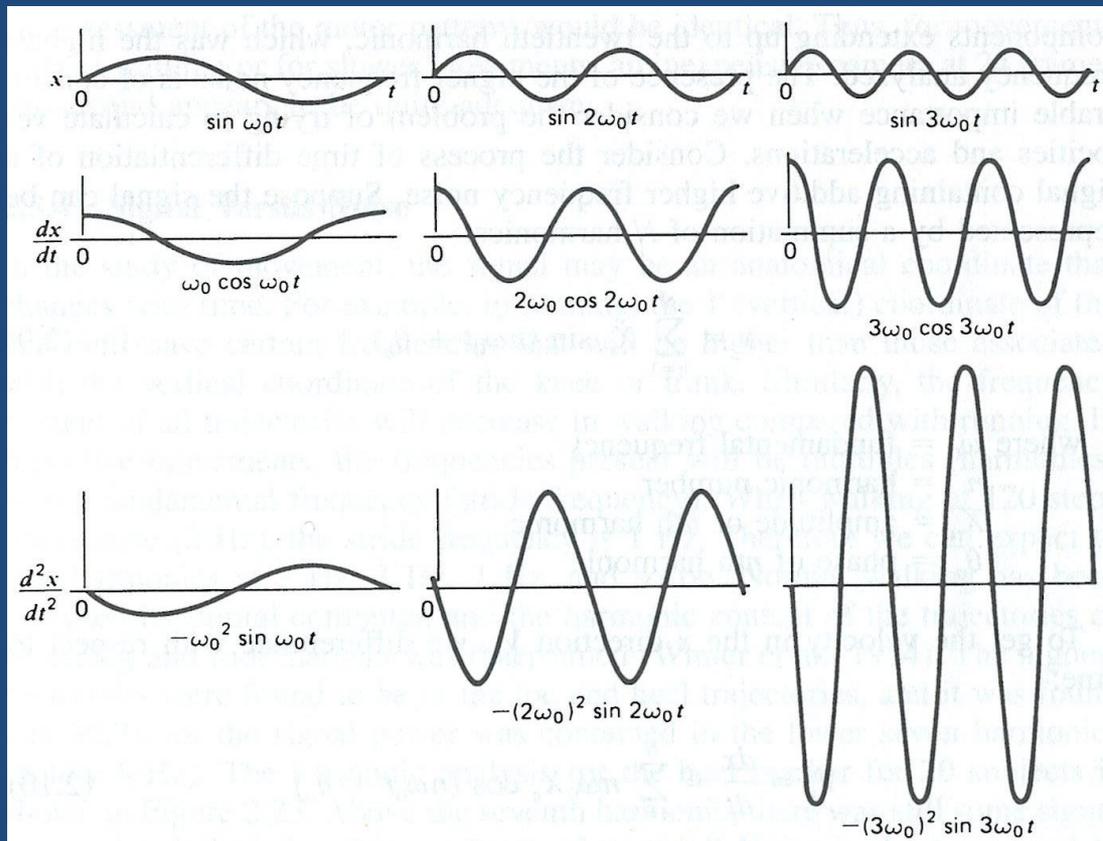
Dado bruto: sinal coletado e armazenado sem ter sido processado

Ruído e cálculo de velocidade e aceleração

Frequência Fundamental

2º Harmônico

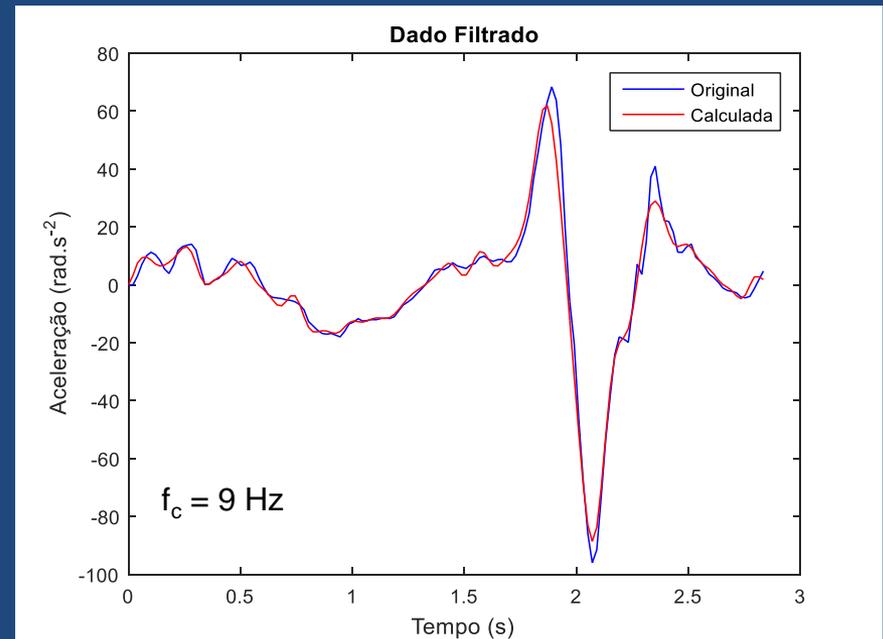
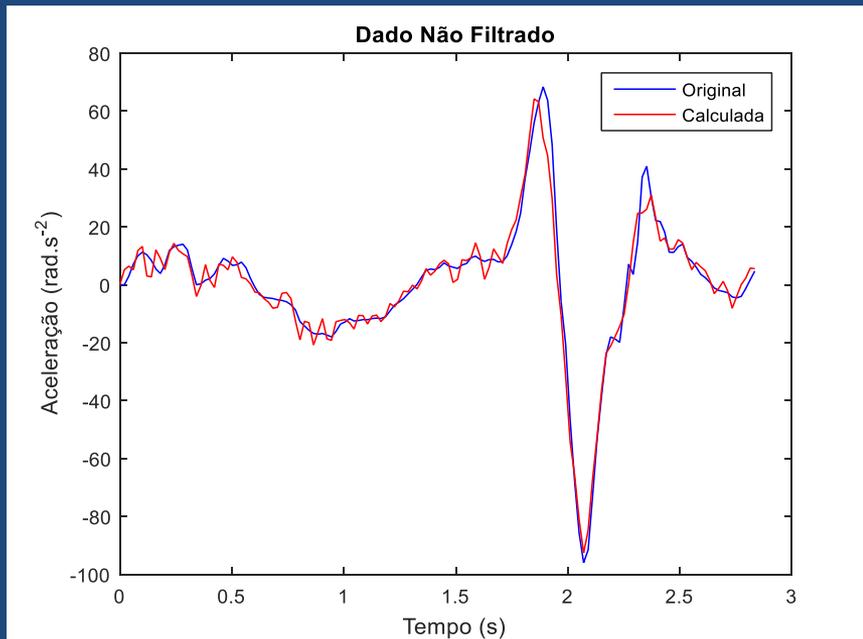
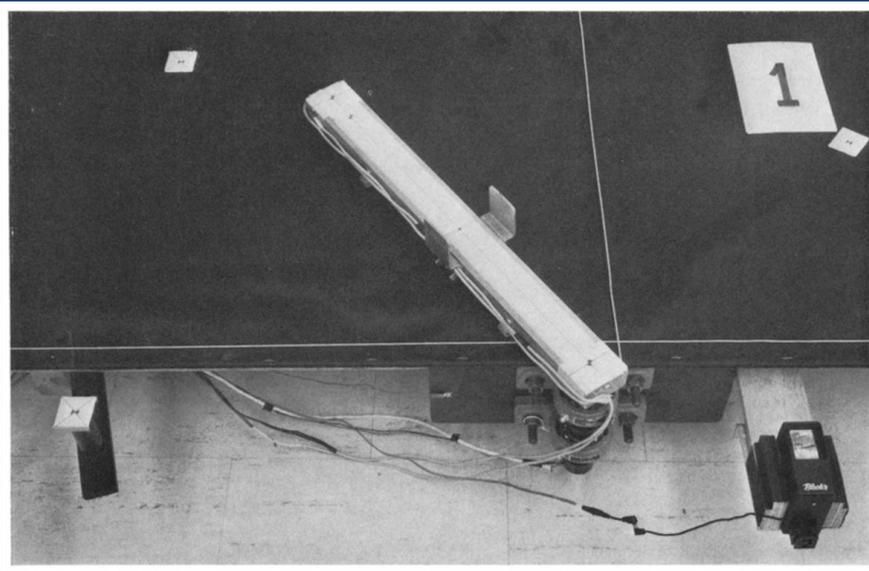
3º Harmônico



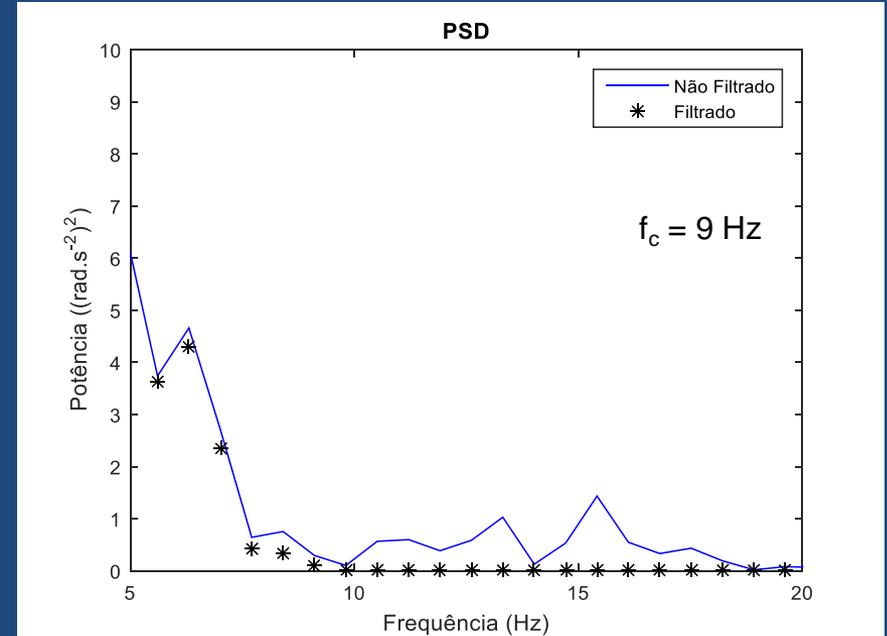
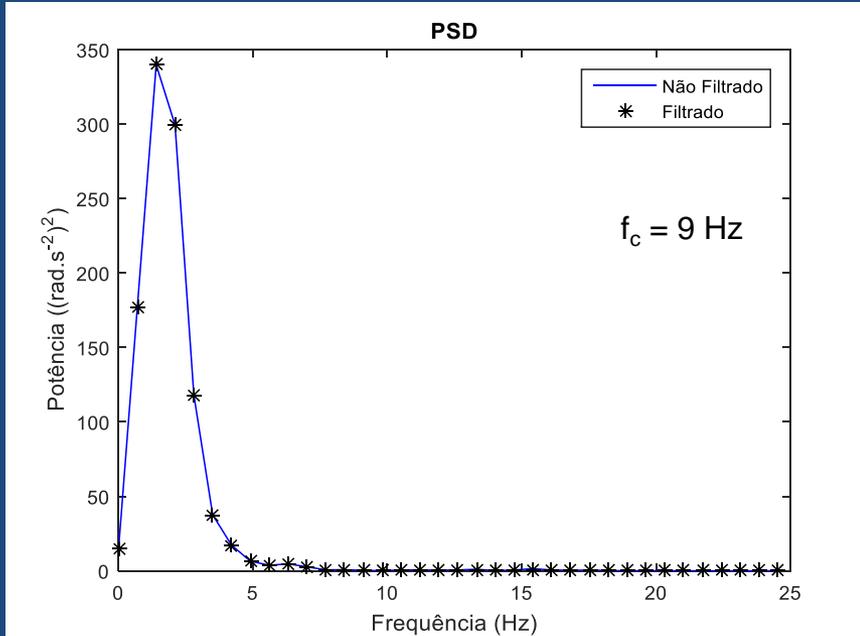
O aumento da frequência, aumenta a amplitude da velocidade e da aceleração

Velocidade: linear
Aceleração: exponencial

Efeito do filtro no cálculo da aceleração



PSD – Sinal filtrado e não filtrado

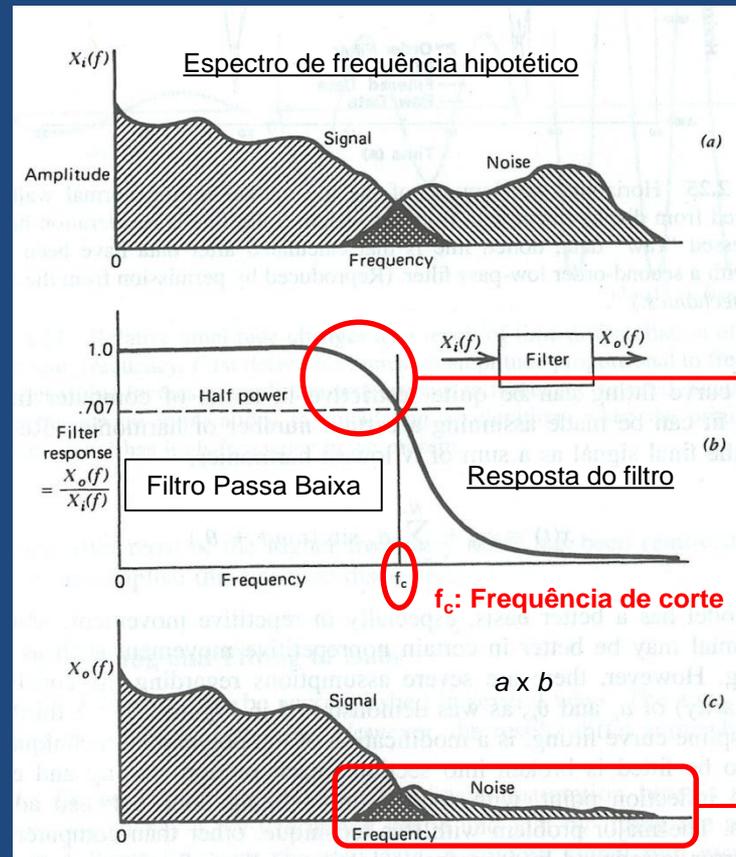


Técnicas para remoção de ruído

- Ajuste de curva
 - Ajuste de um polinômio
 - Reconstrução do sinal usando harmônicos
 - Spline
- Filtros Digitais
 - Butterworth
 - Chebyshev

Relação sinal/ruído

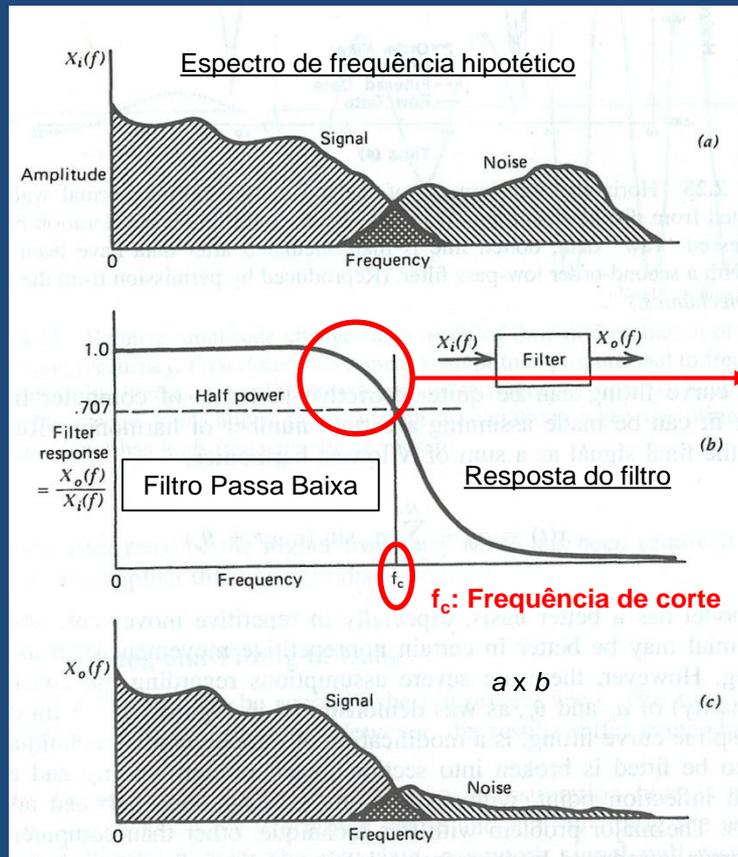
$X_i(f)$: input para o filtro
 $X_o(f)$: output do filtro



Distorção do sinal

Ruído de alta frequência foi severamente reduzido, mas não completamente rejeitado

Relação sinal/ruído

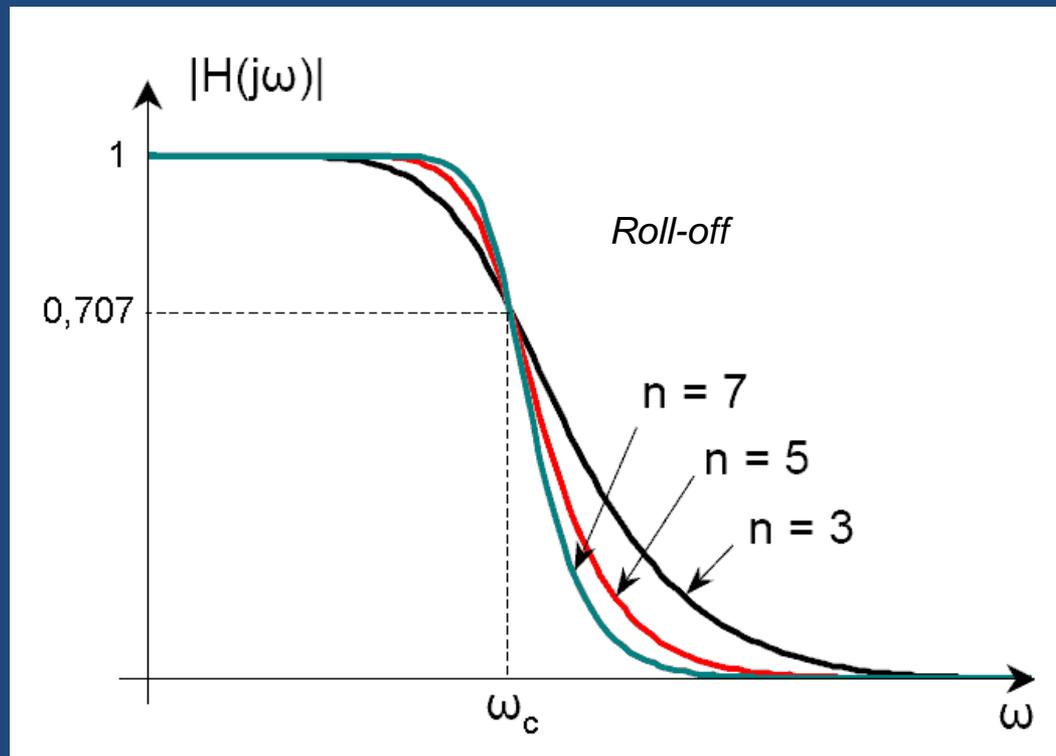


Distorção do sinal

Se f_c for muito alta \rightarrow \downarrow distorção do sinal, mas passa muito ruído.

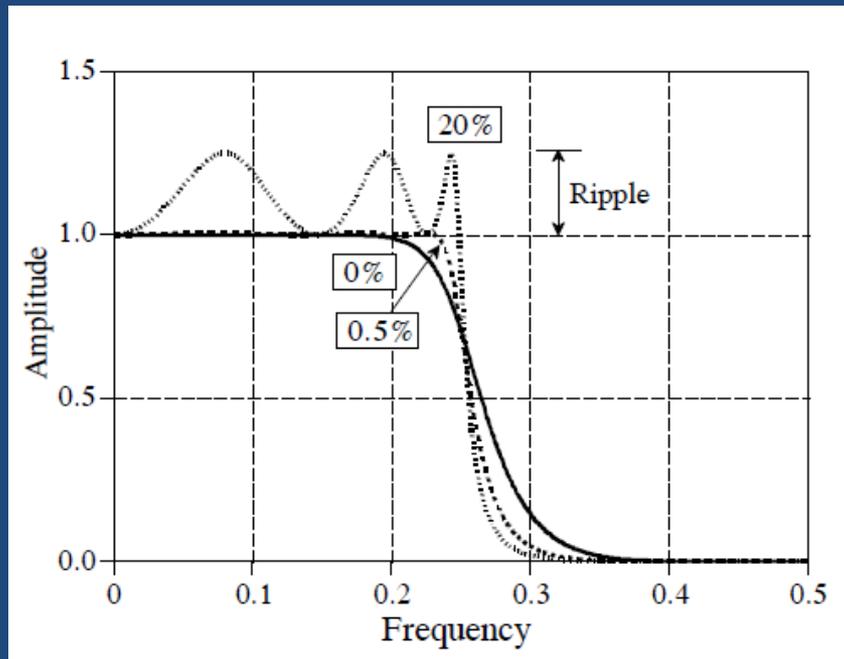
Se f_c for muito baixa \rightarrow \uparrow distorção do sinal, mas passa pouco ruído.

Resposta do filtro – Ordem do filtro



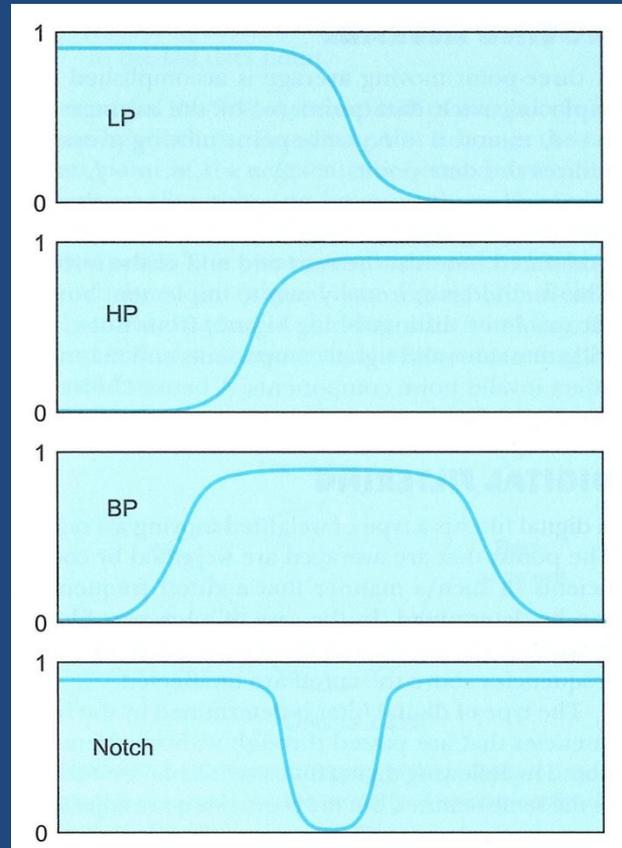
Roll-off: razão de atenuação acima da frequência de corte

Resposta do filtro



Chebyshev: *roll-off* mais rápido, porém produz ondulação (*ripple*)

Tipos de Filtro



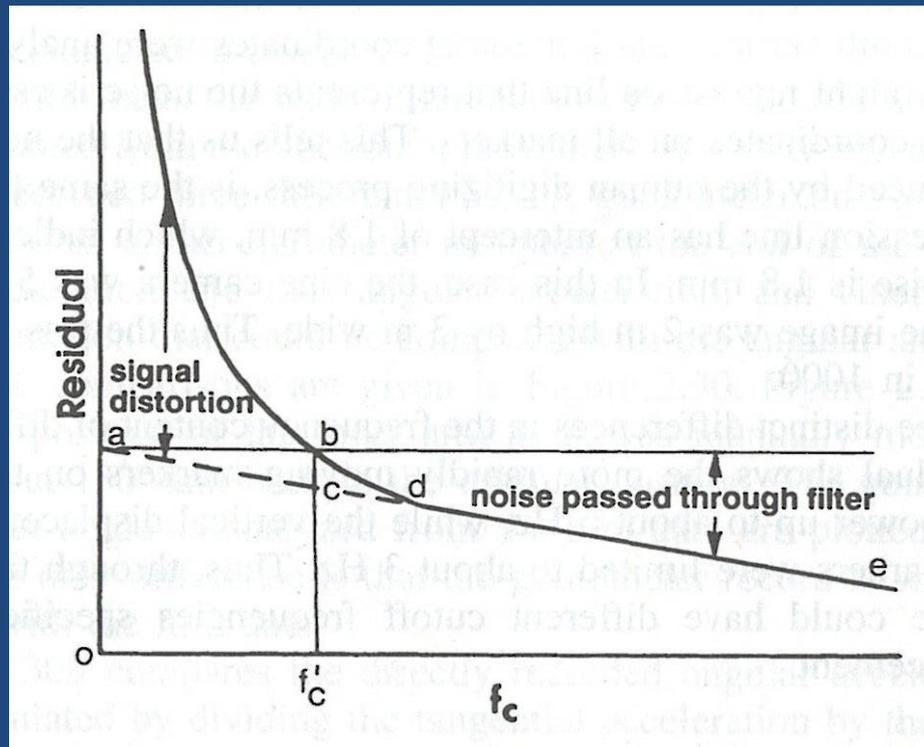
Low-pass

High-pass

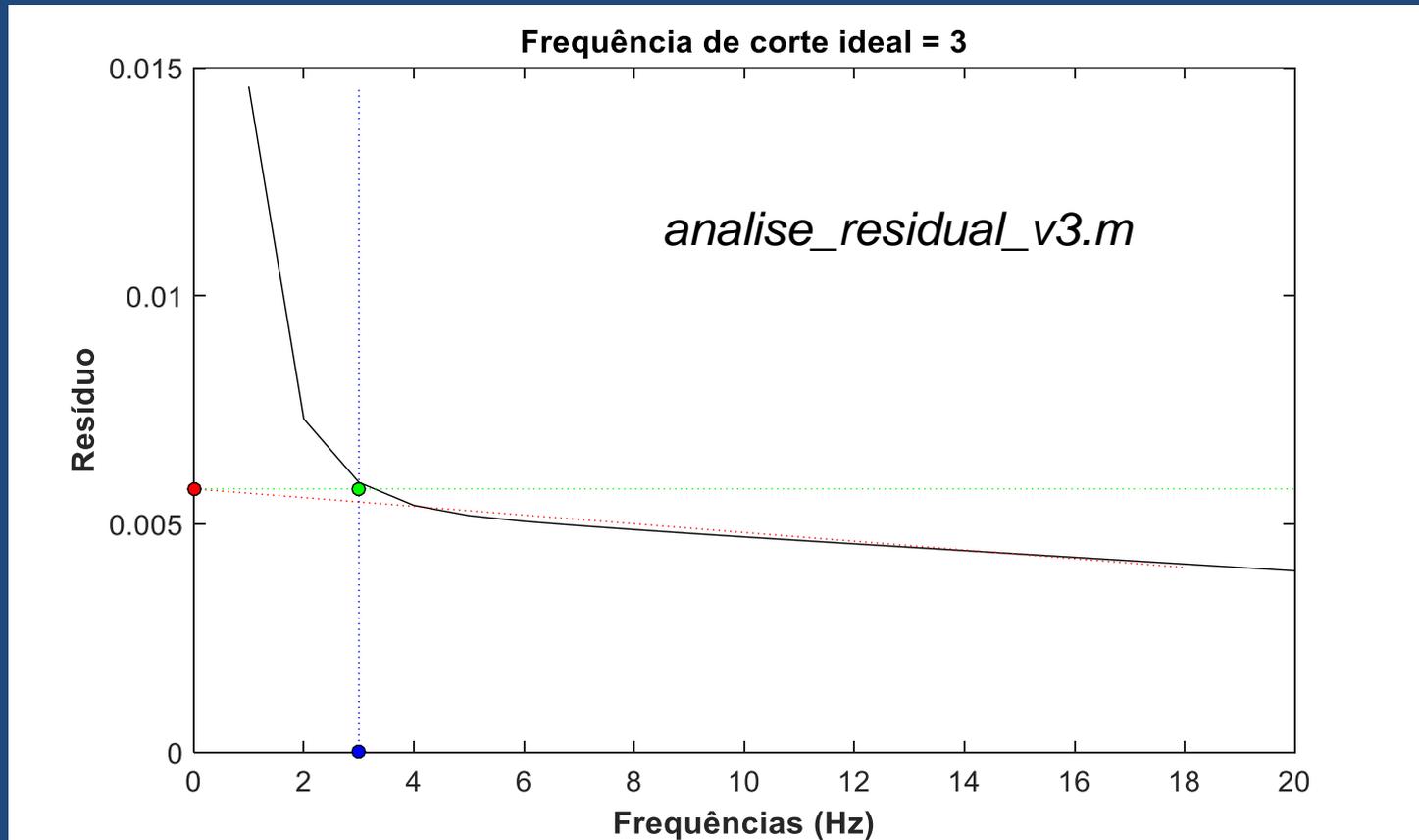
Band-pass

Análise de resíduo para determinar a frequência de corte (f_c)

Análise residual da diferença entre sinais filtrados e não filtrados em uma ampla faixa de frequências de corte



Exemplo – Centro de Pressão



Comandos Matlab

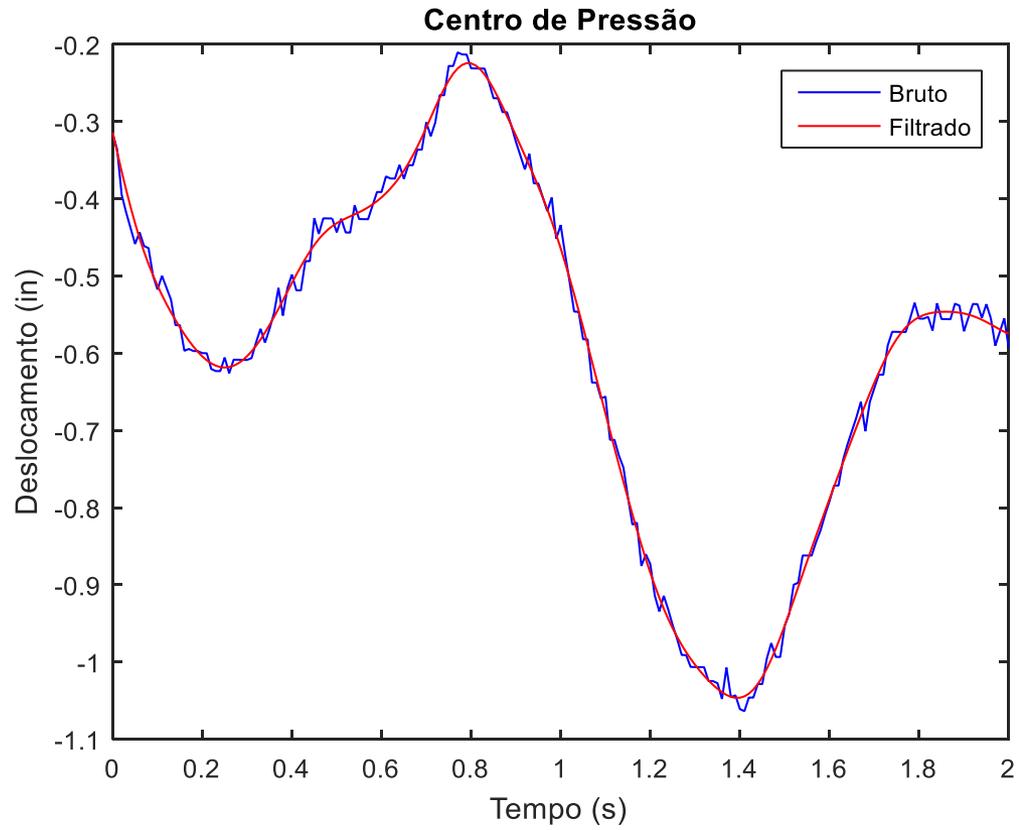
butter.m e filtfilt.m

- butter.m
 - Determina os coeficientes do filtro
- filtfilt.m
 - Filtra o sinal com base nos coeficientes obtidos na função butter.m.

Implementando um filtro passa baixa

```
n = 4; % ordem do filtro
Wn = 5/(freq/2); % Fc = 5 Hz
[b,a] = butter(n,Wn); % Coeficientes do filtro
data = filtfilt(b,a,data);
```

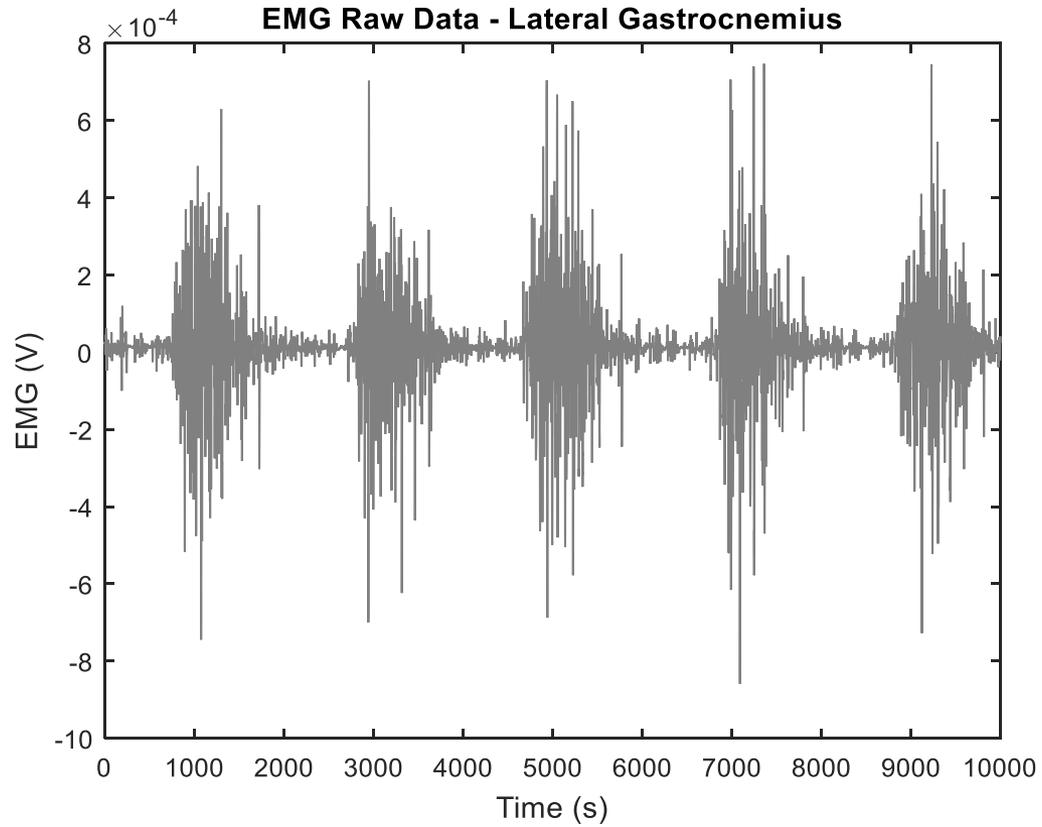
cop.txt



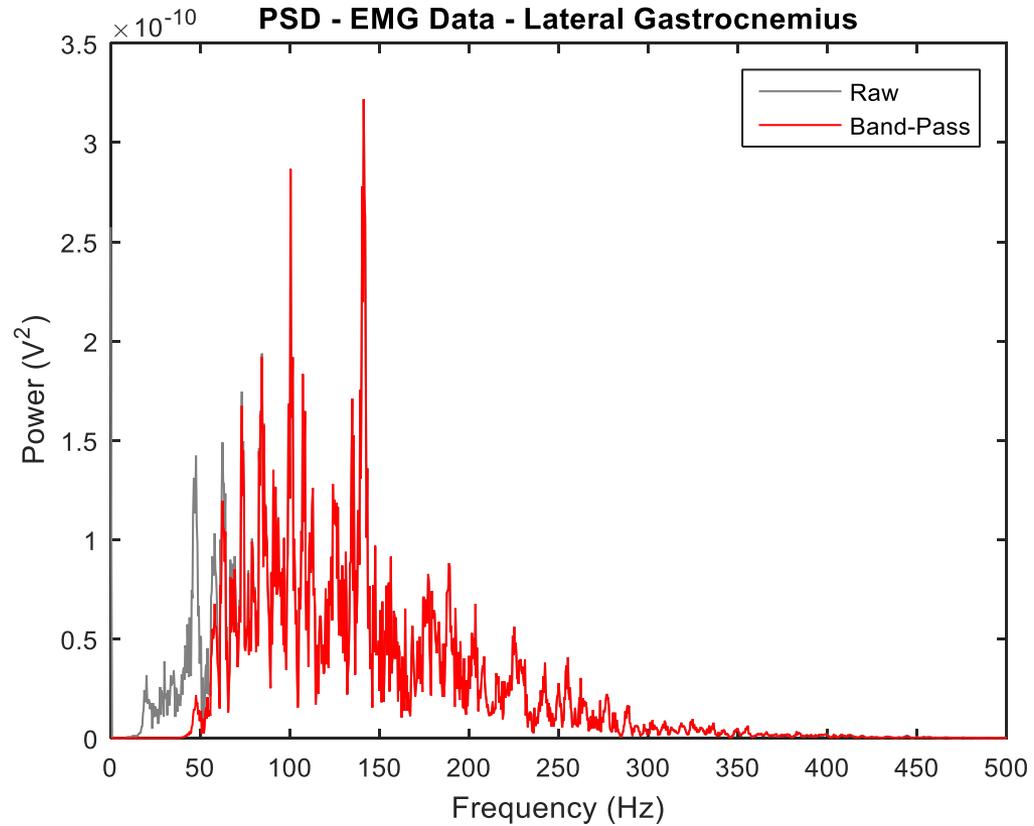
Implementando um filtro passa banda

```
n = 4; % ordem do filtro
Wn = [50 500] / (freq/2);
[b,a] = butter(n,Wn,'bandpass');
EMG = filtfilt(b,a,data);
```

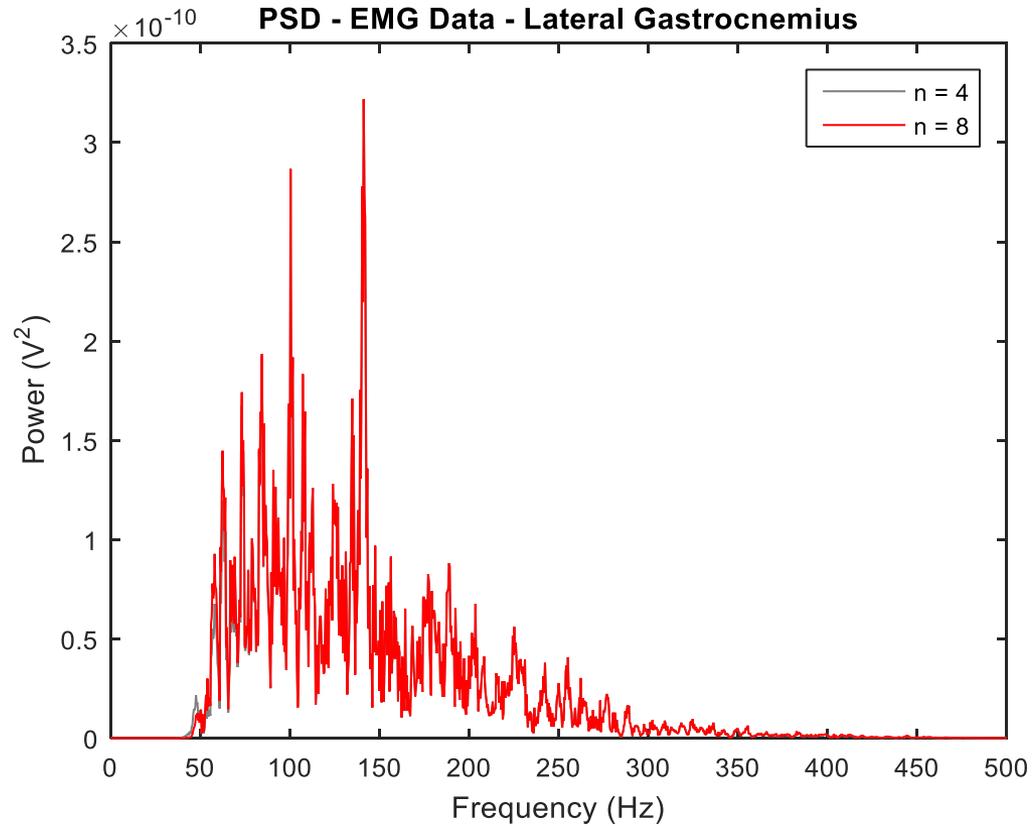
EMG.txt



Filtro Passa-Banda

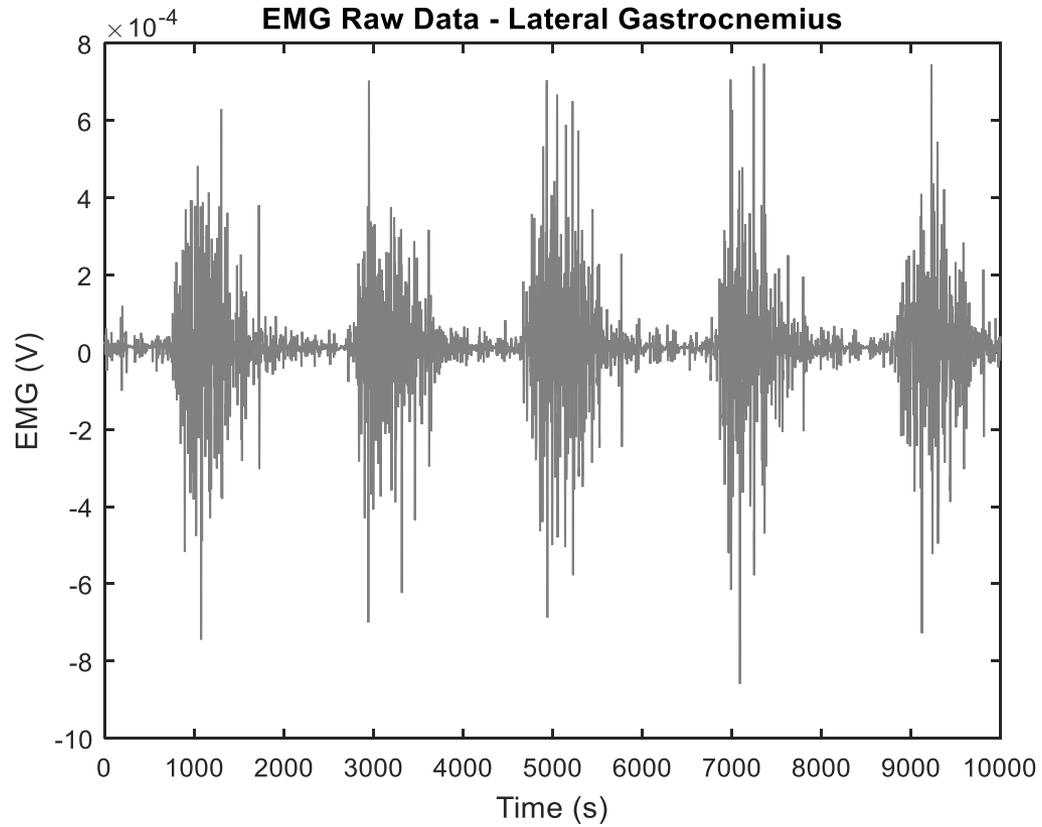


Ordem do filtro



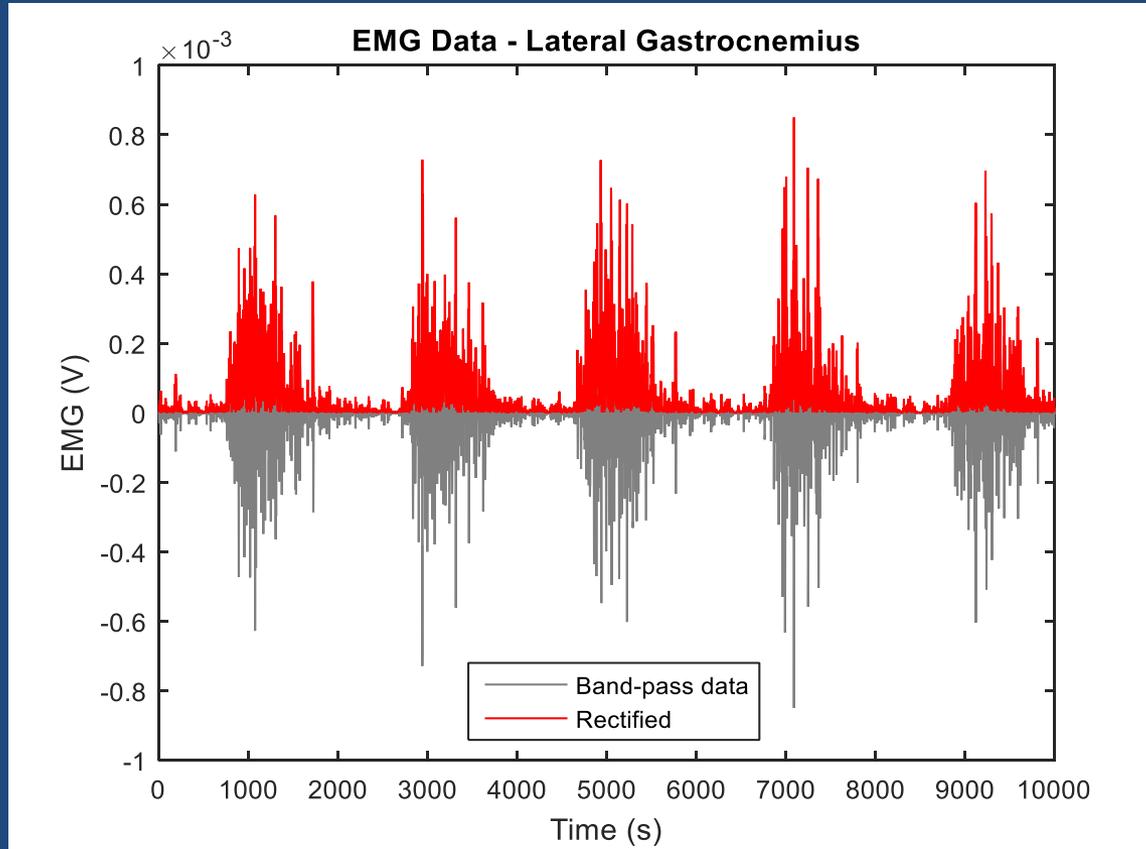
Envelope linear - EMG

EMG.txt



Envelope Linear – Passo 1

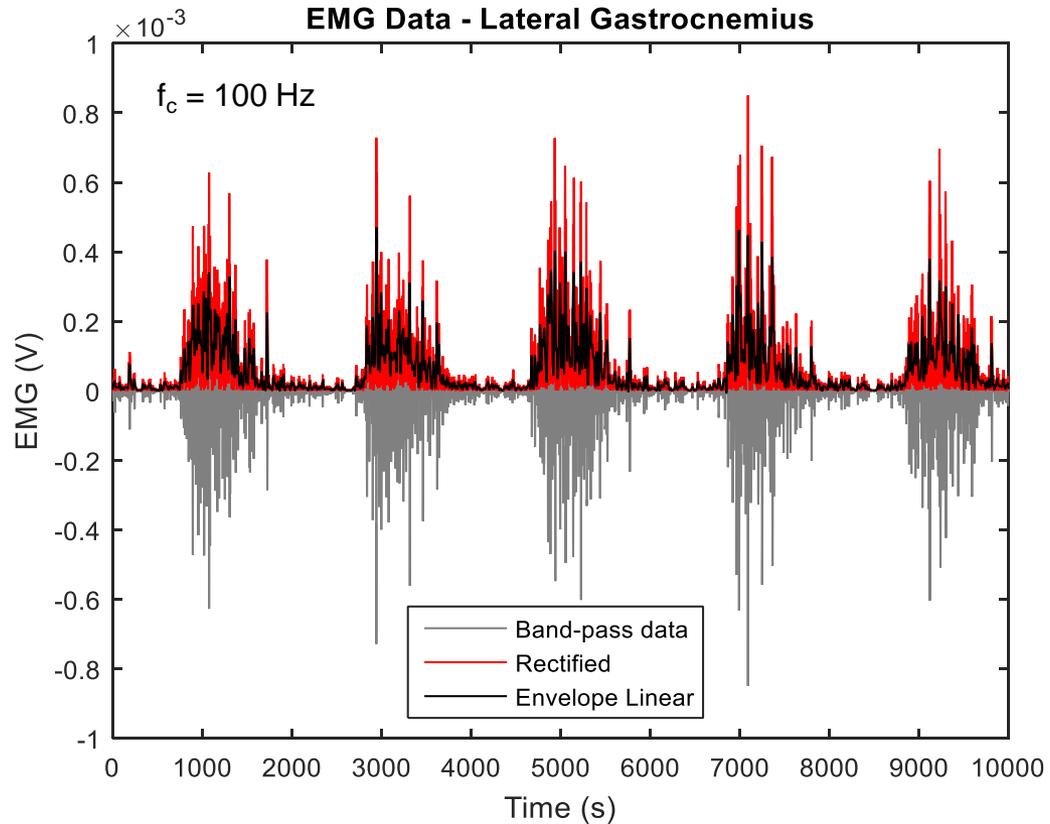
$$\text{EMG} = \text{abs}(\text{EMG})$$



Envelope Linear – Passo 2

```
% Filtro Passa Baixa  
n = 4; % ordem do filtro  
Wn = 100/(freq/2); % Fc = 100 Hz  
[b,a] = butter(n,Wn,'low'); % Coeficientes do filtro  
data = filtfilt(b,a,data);
```

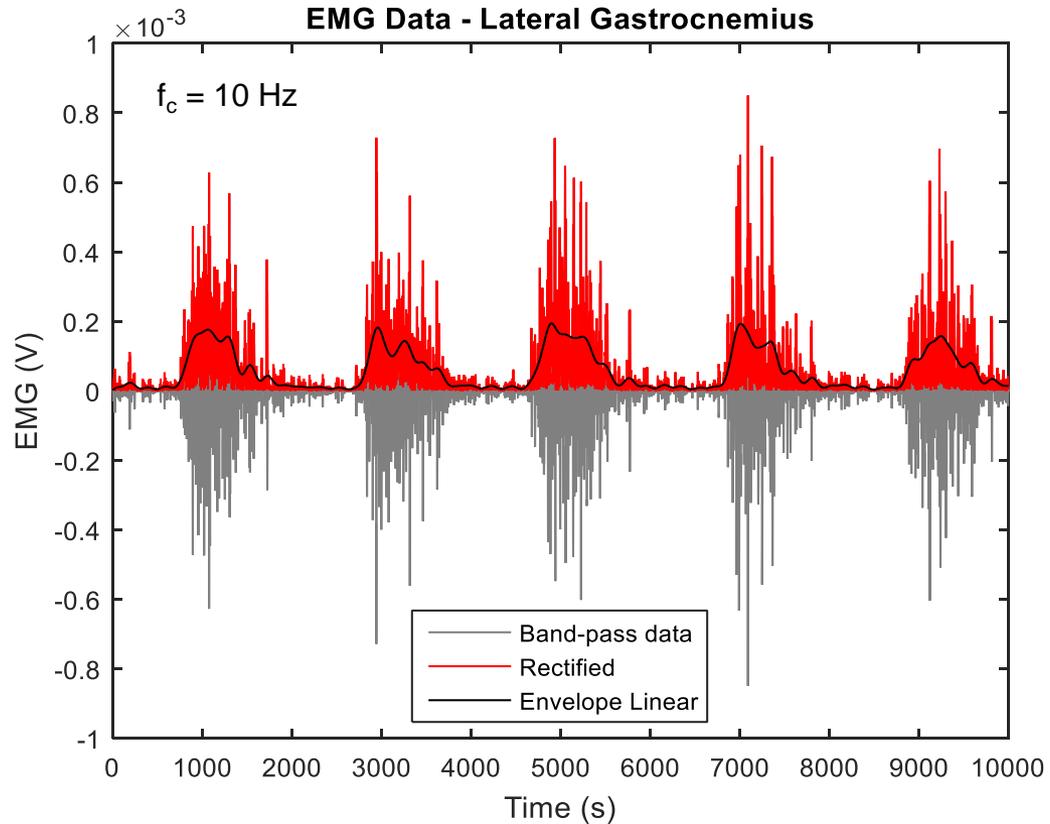
Envelope Linear – Passo 2



Envelope Linear – Passo 2

```
% Filtro Passa Baixa  
n = 4; % ordem do filtro  
Wn = 10/(freq/2); % Fc = 10 Hz  
[b,a] = butter(n,Wn,'low'); % Coeficientes do filtro  
data = filtfilt(b,a,data);
```

Envelope Linear – Passo 2



Integral EMG (iEMG)

iEMG

```
time = linspace(1/freq,length(data)/freq,length(data));  
iEMG = cumtrapz(time,data);  
iEMG = iEMG(end)
```