

# Análise de Sinais para Detecção de Falhas

Alunos:

Israel Monteiro Dias (RA: 0039011)

Rodrigo de Souza Gonçalves (RA:0038236)



**INSTITUTO FEDERAL**  
Minas Gerais

# Introdução

Sempre os primeiros sinais de falha de um equipamento se dá pela mudança do padrão de vibração, ruído, temperatura, pressão dentre outros, seguidos por uma perda de desempenho.

A Autoclave é um equipamento hospitalar que esta presente na maioria dos grandes Hospitais.



O objetivo deste equipamento é esterilizar todo o material utilizado em procedimentos médicos, abrange desde materiais avançados de alta complexidade até procedimentos menos invasivos.



Durante seu funcionamento é necessário o uso de uma bomba de vácuo, e esta utiliza água para que seja criado vácuo dentro da câmara interna da autoclave.

Se em um dado momento falta água o ruído provocado pela bomba de vácuo é notoriamente diferente.



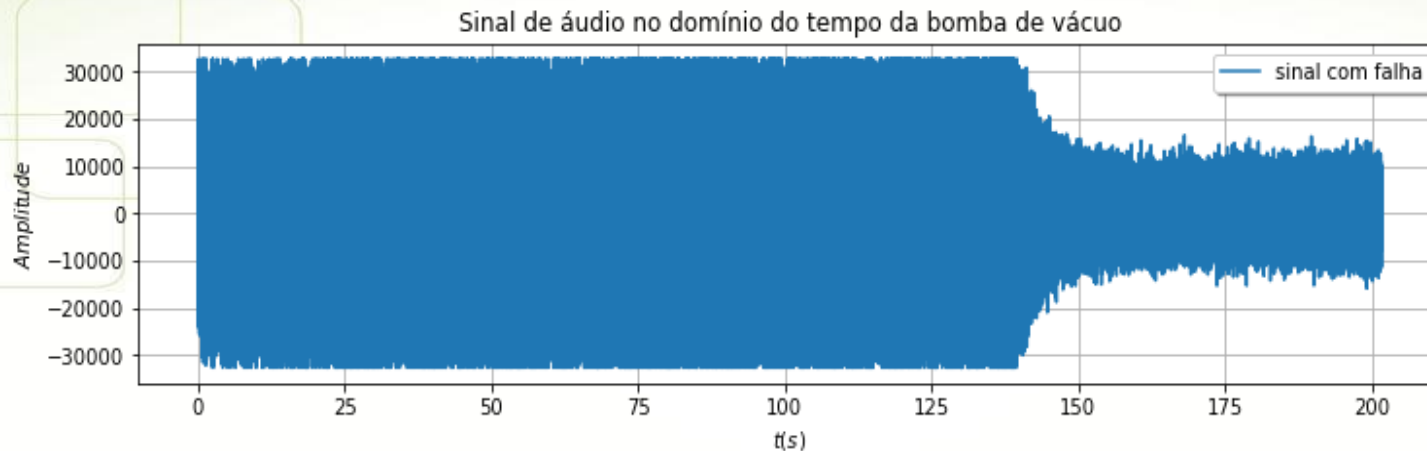
# Objetivo

Objetivo é evidenciar a falha a partir da análise no domínio da frequência. A partir dos dados foram coletados através de um celular, gravando o ruído emitido pela bomba de vácuo.

Para tal análise, utilizamos técnicas de **Processamento de Sinais** como ferramenta, sendo uma delas a **transformada de Fourier**.



# Plot do ruído no domínio do tempo

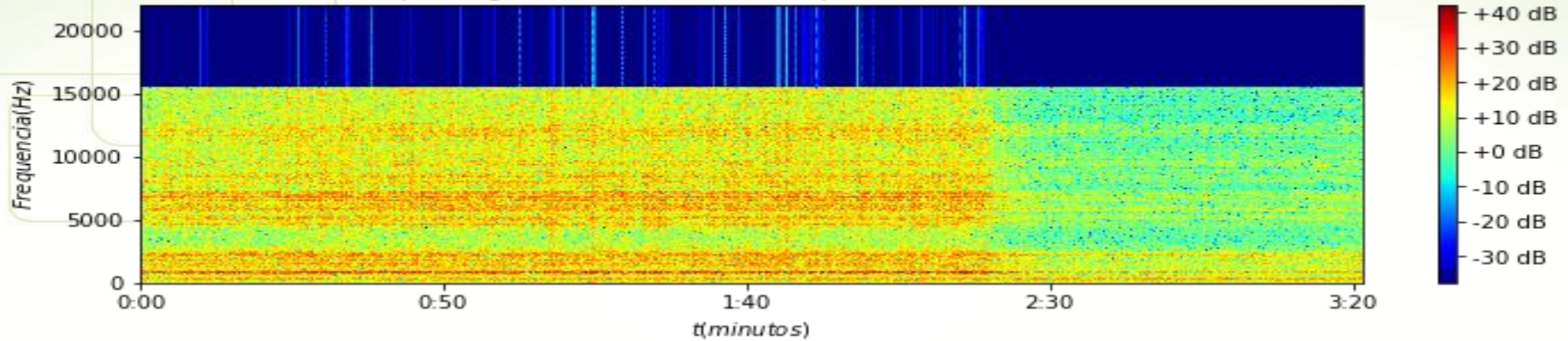


- Bomba falhou do instante 0s até aproximadamente 139s
- Dos instante 150s até final operação normal
- Amplitude do sinal durante falha
- Amplitude do sinal durante operação normal



# Espectrograma

Espectrograma do ruído emitido pela Bomba com Falha

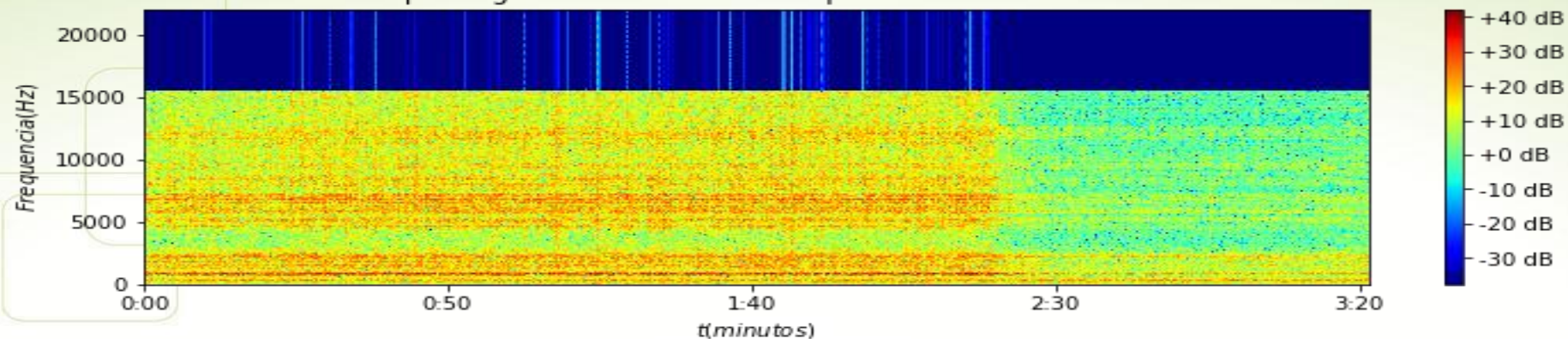


- O espectro de maior frequência ocorre entre 4500Hz e 15500Hz ,
- A faixa de operação normal da bomba de vácuo ocorre 0 Hz até 2500Hz,
- Tempo acima de 2:30 equipamento opera sem falha,
- Intensidade de energia .

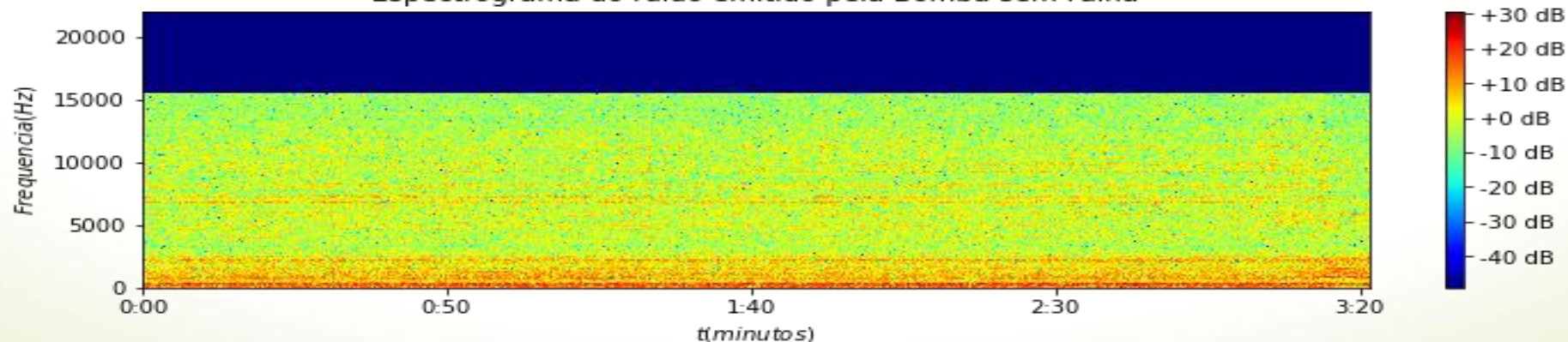




Espectrograma do ruído emitido pela Bomba com Falha

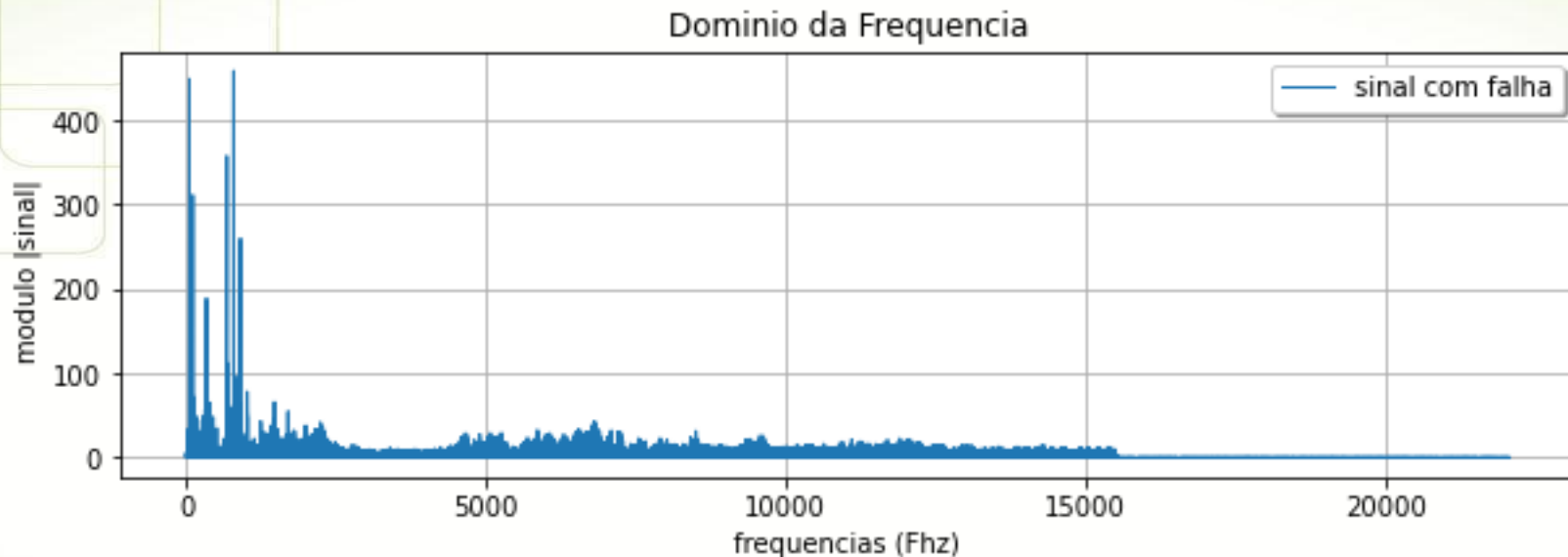


Espectrograma do ruído emitido pela Bomba sem Falha





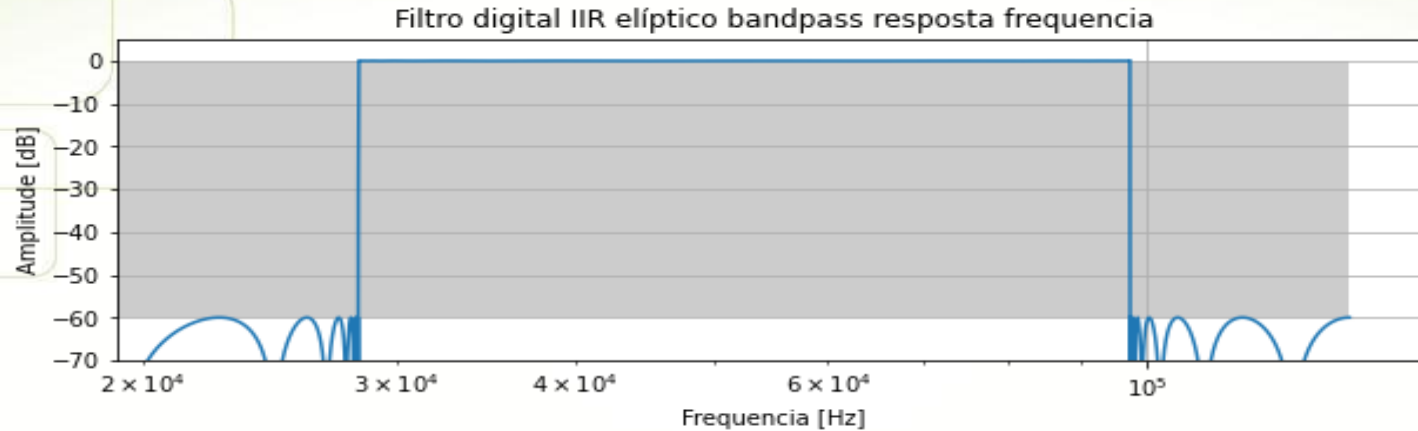
# TRANSFORMADA DE FOURIER (FFT)



- Conteúdo espectral que merece nossa atenção a partir de 4500Hz
- Projeto de um filtro passa faixa



# FILTRO DIGITAL IIR ELÍPTICO



##### Especificações do filtro #####

$A_p = 0.05$  # Atenuação na banda de passagem

$A_r = 60$  # Atenuação na banda de rejeição

ORDEM DO FILTRO = 18

# FREQUÊNCIA DE CORTE EM Hz

$f_{p1} = 4500$  # frequencia banda de passagem

$f_{p2} = 15500$  # frequencia banda de passagem

$f_{r1} = 4490$  # frequencia banda de rejeição

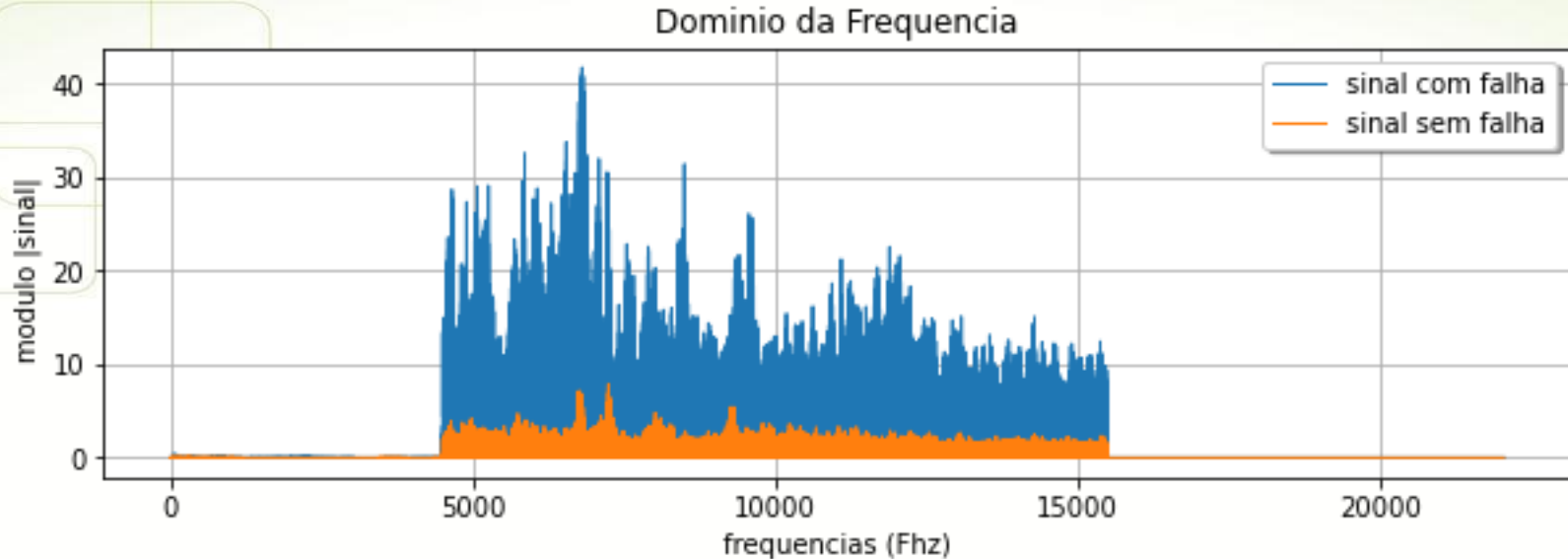
$f_{r2} = 15510$  # frequencia banda de rejeição

$f_s = 44100$  # frequencia amostragem



INSTITUTO FEDERAL  
Minas Gerais

# SINAL FILTRADO



- Filtro funcionou ,
- Frequências de análise estão presentes,
- Sinal com falha e o sinal sem falha só se diferenciam em modulo.



# CALCULO DA ENERGIA

```
Energia_sinal = (np.sum(np.abs(sinal_bomba-np.mean(sinal_bomba))**2))/(tempo[-1]-tempo[0])
Energia_sinal_normal = (np.sum(np.abs(sinal_bomba_normal-
np.mean(sinal_bomba_normal))**2))/(tempo[-1]-tempo[0])
print("Energia do sinal com falha :",Energia_sinal)
print("Energia do sinal sem falha :",Energia_sinal_normal)
diferença = Energia_sinal/Energia_sinal_normal
print("Numero de vezes sinal com falha e maior que sinal sem falha :",diferença)
```

Calculada a cada instante de tempo energia do sinal.

Numero de vezes que o sinal com falha e maior que sinal sem falha : 35.75257571831239



# CODIGO ABAIXO INFORMA A SITUAÇÃO DA BOMBA

```
Energia_bomba_sem_falha = (Energia_sinal_normal*0.05)+Energia_sinal_normal
```

```
if Energia_sinal >= Energia_bomba_sem_falha:
```

```
    print ("FALHA NA BOMBA DE VÁCUO")
```

```
else:
```

```
    print("BOMBA DE VÁCUO OPERANDO NORMAL")
```



# RESULTADOS

De forma automática, o algoritmo já informa se a bomba de vácuo apresentou falha ou se esta funcionando normal.

Note que no espectrograma visualizamos a intensidade da energia do sinal em falha que é muito superior do sinal da bomba sem falha.

E a partir do calculo da energia do sinal, evidenciarmos que a falha na bomba de vácuo realmente correu.

Para garantir exatidão, foi ajustado 5% para mais no sinal de referência. Dessa forma garantimos confiabilidade na análise.







# Obrigado!



**INSTITUTO FEDERAL**  
Minas Gerais