

Descrição de Processos e Termos Utilizados com Ferramentas de Medição FFT

1 FORMA BÁSICA DE UMA FUNÇÃO SENOIDAL

$$f(t) = A \sin(\omega t + \phi)$$

Onde :

| | |
|----------|--|
| A | Amplitude |
| t | tempo |
| ω | frequência angular (rad/s) ou $\omega = 2 \pi f$ |
| f | frequência (Hz) |
| ϕ | ângulo de fase (rad) |

2 SÉRIE DE FOURIER

$$F(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \cos\left(\frac{n\omega t}{N}\right) + b_n \sin\left(\frac{n\omega t}{N}\right) \right]$$

Onde :

| | |
|-----------|---------------------------------|
| a e b | amplitudes no ponto n |
| N | (meio) período da forma de onda |
| t | tempo |
| n | ponto qualquer |

3 SÉRIE DE FOURIER PARA NÚMEROS COMPLEXOS

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n e^{j \frac{n\omega t}{N}}$$

Onde :

| | |
|-------|---------------------------------|
| a | amplitude no ponto n |
| N | (meio) período da forma de onda |
| t | tempo |
| n | ponto qualquer |
| e^x | função exponencial |

4 PAR DE TRANSFORMADA DE FOURIER PARA NÚMEROS COMPLEXOS

$$S_x(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi f t} dt \quad x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S_x(f) e^{j2\pi f t} df \quad e^{\pm j2\pi f t} = \cos(2\pi f t) \pm j \sin(2\pi f t)$$

Onde :

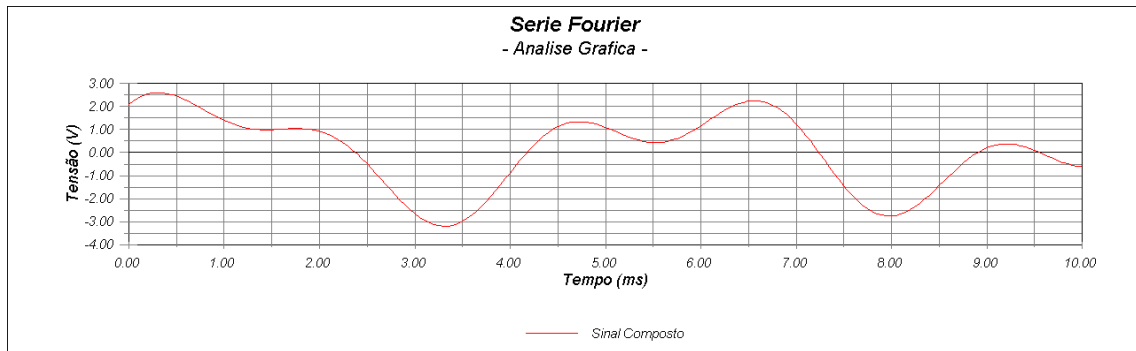
| | |
|---------------------|---------------------------------|
| $S_x(f)$ | Transformada Direta de FOURIER |
| $x(t)$ | Transformada Inversa de FOURIER |
| $e^{\pm j2\pi f t}$ | Núcleo (kernel) da Transformada |

5 TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER

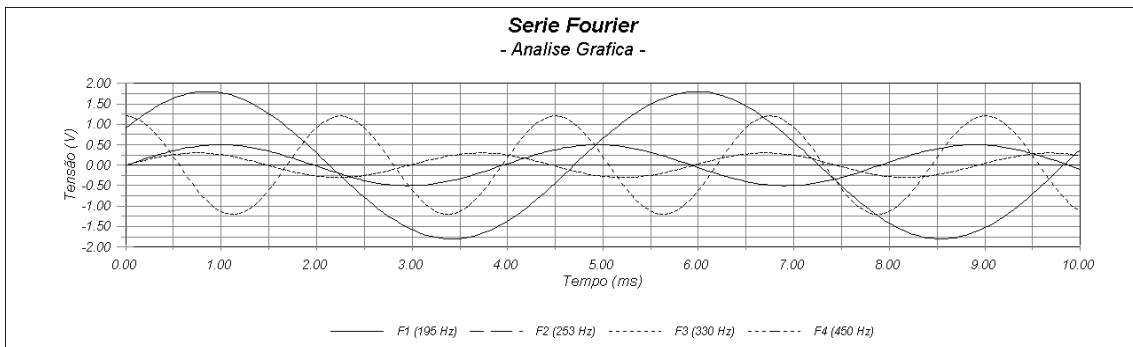
$$F_k = \sum_{j=0}^{N-1} x_j e^{-j 2\pi f_j t} \quad \text{e} \quad F_k = \sum_{j=0}^{N-1} x_j e^{-j 2\pi f_j t}$$

$$F_k = F_{par}^k + j F_{impar}^k$$

5.1 FORMA DE ONDA COMPOSTA



5.2 TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER



6 ANÁLISE DA FORMA DE ONDA

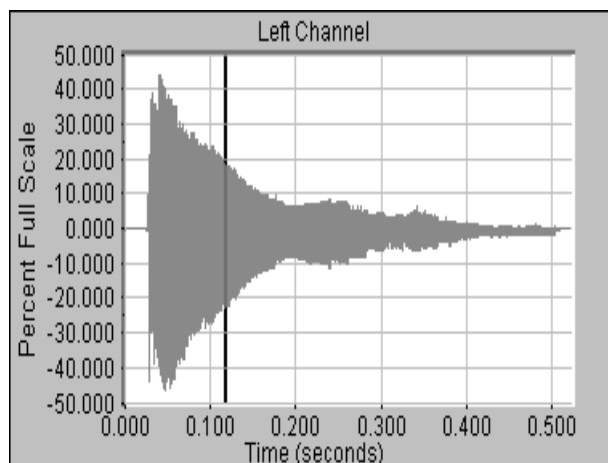


Fig. 01 Séries de Tempo

7 **NUMERO DE AMOSTRAS** dado por : $N = \frac{T}{t}$

8 **RESOLUÇÃO DE FREQUÊNCIAS** dado por : $\Delta f = \frac{2f_{\max}}{N}$

9 **SÉRIE DE FREQUENCIAS**

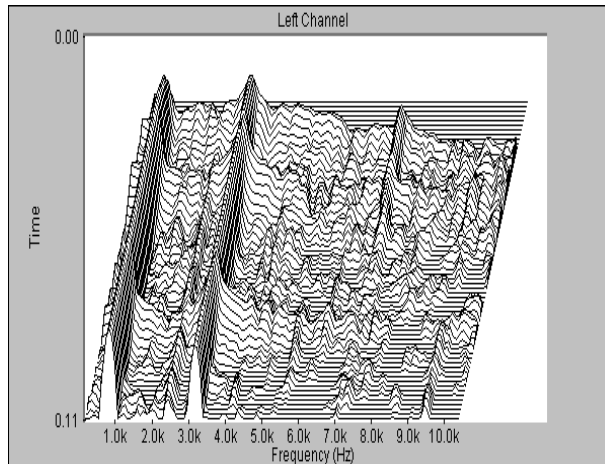


Fig. 02 Vista 3D da Séries da Fig. 01

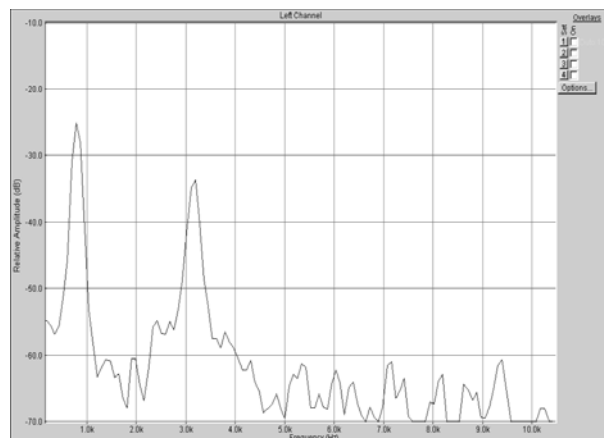


Fig. 03 Séries de Freq. em T=0.115 s

10 PROCESSO DE SUAVIZAÇÃO (Smoothing)

Algumas funções :

| Processo de Suavização | Função |
|------------------------|---|
| Retangular ou Uniforme | 1 |
| Hanning | $0.5 \left[1 - \cos \left(\frac{n-1}{m} \right) \right]$ |
| Hamming | $0.54 - 0.46 \cos \left(\frac{2(n-1)}{m} \right)$ |
| Blackman | $0.42 - 0.5 \cos \left(\frac{2(n-1)}{m} \right) + 0.08 \cos \left(\frac{4(n-1)}{m} \right)$ |
| Kaiser | $I_0 \left(\sqrt{1 - \frac{n^2}{m^2}} \right) / I_0 \left(0 \right)$ |

11 CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DAS JANELAS DE SUAVIZAÇÃO

| Tipo de Janela | Resolução de Frequência | Resolução de Amplitude | Supressão de Vazamentos | Aplicação Típica |
|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Bartlett | Boa | Boa | Moderada | Genérica |
| Blackman | Boa | Fraca | Excelente | Medidas de distorção |
| Flatop | Fraca | Ótimo | Moderada | Medições de Amplitude Precisas |
| Hamming | Boa | Boa | Boa | Genérica |
| Hanning | Boa | Excelente | Excelente | Medidas de distorção e Ruído |
| Kaiser | Boa | Boa | Fraca | Genérica |
| Parzen | Boa | Boa | Fraca | Genérica |
| Triangular | Boa | Boa | Fraca | Genérica |
| Uniforme ou Retangular | Excelente | Fraca | Fraca | Alta resolução de frequência |

12 AMOSTRAGEM

Os valores descrito na tabela a seguir, estão vinculadas a uma taxa de amostragem de gravação da placa de **44.10 kHz** :

| <i>FFT Size Frame</i> | <i>Resolução de Frequência</i> | <i>Frequência Mínima (Hz)</i> | <i>Frequência Máxima (Hz)</i> |
|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 65.386 | 0,677 | 1,346 | 22.050,0 |
| 32.768 | 1,346 | 2,692 | 22.050,0 |
| 16.384 | 2,692 | 5,383 | 22.050,0 |
| 8.192 | 5,383 | 10,767 | 22.050,0 |
| 4.096 | 10,767 | 21,533 | 22.050,0 |
| 2.048 | 21,533 | 43,066 | 22.050,0 |
| 1.024 | 43,066 | 86,133 | 22.050,0 |
| 512 | 86,133 | 172,265 | 22.050,0 |
| 256 | 172,266 | 344,531 | 22.050,0 |
| 128 | 344,531 | 689,062 | 22.050,0 |
| 64 | 689,062 | 1.378,425 | 22.050,0 |
| 32 | 1.378,125 | 2.756,250 | 22.050,0 |

Tabela 1 - Tabela de Cálculo de Velocidade do Som em função da Temperatura

| Temp em °C | Temp em °F | Velocidade do Som em m/s | Velocidade do Som em ft/s | Temp em °C | Temp em °F | Velocidade do Som em m/s | Velocidade do Som em ft/s |
|------------|------------|--------------------------|---------------------------|------------|------------|--------------------------|---------------------------|
| 10.00 | 50.00 | 337.27 | 1,106.60 | 25.00 | 77.00 | 346.09 | 1,135.53 |
| 11.00 | 51.80 | 337.87 | 1,108.55 | 26.00 | 78.80 | 346.67 | 1,137.43 |
| 12.00 | 53.60 | 338.46 | 1,110.50 | 27.00 | 80.60 | 347.25 | 1,139.33 |
| 13.00 | 55.40 | 339.06 | 1,112.45 | 28.00 | 82.40 | 347.83 | 1,141.23 |
| 14.00 | 57.20 | 339.65 | 1,114.39 | 29.00 | 84.20 | 348.41 | 1,143.12 |
| 15.00 | 59.00 | 340.24 | 1,116.33 | 30.00 | 86.00 | 348.98 | 1,145.01 |
| 16.00 | 60.80 | 340.83 | 1,118.26 | 31.00 | 87.80 | 349.56 | 1,146.90 |
| 17.00 | 62.60 | 341.42 | 1,120.19 | 32.00 | 89.60 | 350.13 | 1,148.78 |
| 18.00 | 64.40 | 342.01 | 1,122.12 | 33.00 | 91.40 | 350.71 | 1,150.66 |
| 19.00 | 66.20 | 342.59 | 1,124.05 | 34.00 | 93.20 | 351.28 | 1,152.54 |
| 20.00 | 68.00 | 343.18 | 1,125.97 | 35.00 | 95.00 | 351.85 | 1,154.42 |
| 20.25 | 68.45 | 343.33 | 1,126.45 | 36.00 | 96.80 | 352.42 | 1,156.29 |
| 20.50 | 68.90 | 343.47 | 1,126.93 | 37.00 | 98.60 | 352.99 | 1,158.16 |
| 20.75 | 69.35 | 343.62 | 1,127.41 | 38.00 | 100.40 | 353.56 | 1,160.02 |
| 21.00 | 69.80 | 343.76 | 1,127.89 | 39.00 | 102.20 | 354.13 | 1,161.89 |
| 21.25 | 70.25 | 343.91 | 1,128.37 | 40.00 | 104.00 | 354.69 | 1,163.75 |
| 21.50 | 70.70 | 344.06 | 1,128.85 | 41.00 | 105.80 | 355.26 | 1,165.60 |
| 21.75 | 71.15 | 344.20 | 1,129.33 | 42.00 | 107.60 | 355.82 | 1,167.46 |
| 22.00 | 71.60 | 344.35 | 1,129.80 | 43.00 | 109.40 | 356.39 | 1,169.31 |
| 22.25 | 72.05 | 344.49 | 1,130.28 | 44.00 | 111.20 | 356.95 | 1,171.15 |
| 22.50 | 72.50 | 344.64 | 1,130.76 | 45.00 | 113.00 | 357.51 | 1,173.00 |
| 22.75 | 72.95 | 344.78 | 1,131.24 | 46.00 | 114.80 | 358.07 | 1,174.84 |
| 23.00 | 73.40 | 344.93 | 1,131.72 | 47.00 | 116.60 | 358.63 | 1,176.68 |
| 24.00 | 75.20 | 345.51 | 1,133.63 | 48.00 | 118.40 | 359.19 | 1,178.52 |