CÓDIGO DA VAGA: 982
CARGO: ASSISTENTE DE PESQUISA TRAINEE
ÁREA: CENTRO DE ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA

QUESTÕES DISSERTATIVAS

Questão 1

A ponte de Wheatstone, mostrada na Figura 1, é um circuito que utiliza elementos resistivos, sendo formada por quatro resistores (R_1, R_2, R_3, R_4), também chamados de "braços da ponte".

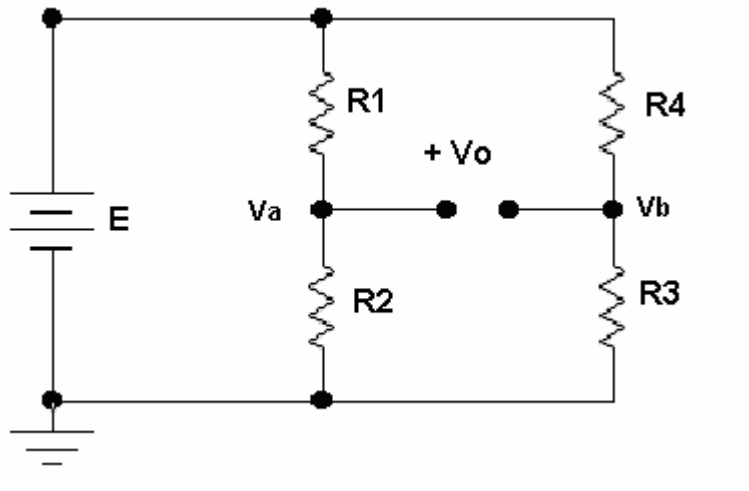


Figura 1 – Ponte de Wheatstone alimentada por uma tensão constante E

Perguntas a) e b):

a) Qual a tensão de saída, $V_o = V_a - V_b$, da ponte de Wheatstone da Figura 1, em função da tensão de excitação E e dos resistores R_1, R_2, R_3 e R_4?

b) Qual a condição de equilíbrio da ponte de Wheatstone da Figura 1, em função dos resistores R_1, R_2, R_3 e R_4 ?

Uma freqüente aplicação da ponte de Wheatstone é na extensometria. Extensômetros elétricos ("strain gages") são dispositivos resistivos, cuja resistência elétrica sofre mudança em resposta a uma deformação mecânica. Quando o objeto ao qual o extensômetro está fixado é sujeito a uma força de tração ou de compressão, a resistência do extensômetro aumenta ou diminui, proporcionalmente à deformação do objeto. Essa relação pode ser expressa por:

$$\Delta R/R = k\, \Delta L/L = k\, \varepsilon \qquad (1)$$

onde:

R = resistência elétrica do extensômetro

ΔR = variação da resistência elétrica do extensômetro

L = comprimento inicial do objeto

ΔL = alongamento ou encurtamento do objeto

ε = deformação específica = $\Delta L/L$

k = coeficiente que expressa a sensibilidade do extensômetro, também conhecido como "gage factor"

Supondo que os resistores da ponte de Wheatstone sejam extensômetros e admitindo que as variações de resistência ΔR sejam muito pequenas, quando comparadas ao valor de R, que de fato é o caso de extensômetros ("strain-gages"), chega-se à seguinte expressão simplificada, em função da tensão excitação E, dos resistores R_1, R_2, R_3 e R_4 e das variações de resistência ΔR_1, ΔR_2, ΔR_3 e ΔR_4 :

$$V_o = (E/4)\ (-\Delta R_1/R_1 + \Delta R_2/R_2 - \Delta R_3/R_3 + \Delta R_4/R_4) \qquad (2)$$

Utilizando as expressões (1) e (2), a tensão de saída (V_o) pode ser escrita como:

$$V_o = (E\ k/4)\ (-\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_4) \qquad (3)$$

A ponte de Wheatstone permite, então, combinando extensômetros, montar diversos esquemas de medida de deformação.

Perguntas c) e d):

c) Considere a viga em balanço mostrada na Figura 2, a seguir. Sendo **Ra** e **Rb** extensômetros instalados na direção longitudinal da viga, faça um esboço com base na ponte da Figura 1, mostrando em que braços da ponte os extensômetros **Ra** e **Rb** devem ser conectados para medir a deformação devida à tração da viga sujeita apenas à força horizontal $\mathbf{F_h}$. Nesse caso, qual será a tensão de saída da ponte V_o, utilizando a expressão (3), sendo ε_a a deformação medida pelo extensômetro **Ra** e ε_b a deformação medida pelo extensômetro **Rb**?

d) Considere a mesma viga em balanço mostrada na Figura 2, a seguir. Faça um esboço com base na ponte da Figura 1, mostrando em que braços da ponte os extensômetros **Ra** e **Rb** devem ser conectados para medir a deformação devida à flexão da viga sujeita apenas à força

vertical **F_v**. Nesse caso, qual será a tensão de saída da ponte V_o, utilizando a expressão (3), sendo ε_a a deformação medida pelo extensômetro **Ra** e ε_b a deformação medida pelo extensômetro **Rb**?

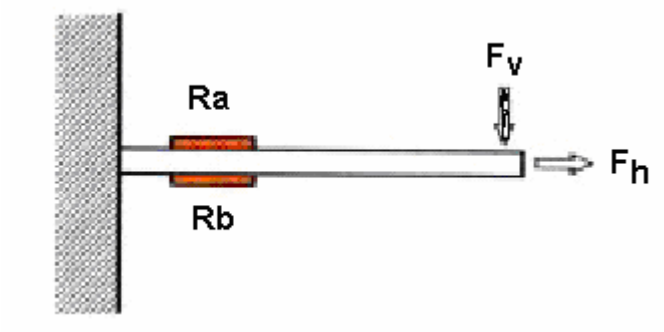


Figura 2 – Viga em balanço, instrumentada com os extensômetros Ra e Rb , ambos no sentido longitudinal da viga, e sujeita à força vertical **F_v** e à força horizontal **F_h**

Questão 2

O termo ruído é usado, geralmente, para sinais indesejados, eventualmente presentes no ambiente de medição, e que podem interferir no sinal sendo medido. Em muitas situações é necessária a utilização de filtros, que podem ser passa-baixas, passa-altas, passa-banda ou rejeita-banda, para eliminar ou minimizar os sinais indesejáveis.

A Figura 1, a seguir, apresenta o gráfico simplificado da relação entre a tensão de saída e a tensão de entrada de um filtro passa-baixas em função da freqüência do sinal

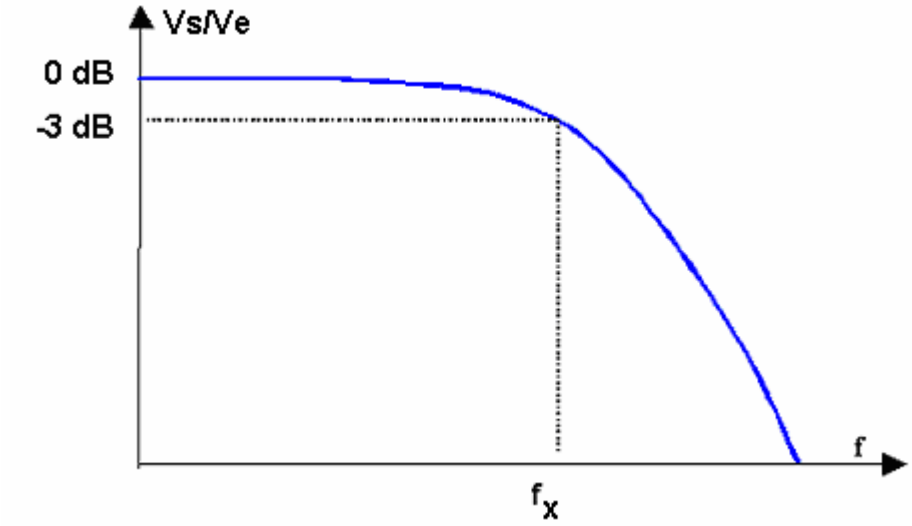


Figura 1 – Gráfico simplificado, não em escala, da relação entre as amplitudes da tensão de saída e da tensão de entrada de um filtro, em função da freqüência do sinal

Perguntas:

a) Explique o que é um filtro passa-baixas. Faça um esboço do gráfico (não precisa estar em escala) da relação entre a amplitude da tensão de saída e a amplitude da tensão de entrada de um filtro passa-baixas, em função da freqüência do sinal. Mostre, no gráfico, a freqüência de corte e o respectivo valor da relação entre as amplitudes da tensão de saída e da tensão de entrada para a freqüência de corte.

b) Explique o que é freqüência de corte de um filtro passa-baixas.

Questão 3

A vibração do eixo de uma turbina operando com potência de 80 MW foi registrada em duas condições. No gráfico A é apresentada a forma de onda da vibração medida no mancal antes da manutenção. No gráfico B é apresentada a forma de onda da vibração no mesmo ponto após manutenção do mancal, que resultou na redução da severidade de vibração.

Gráfico A - Forma de onda da vibração do eixo, antes da manutenção

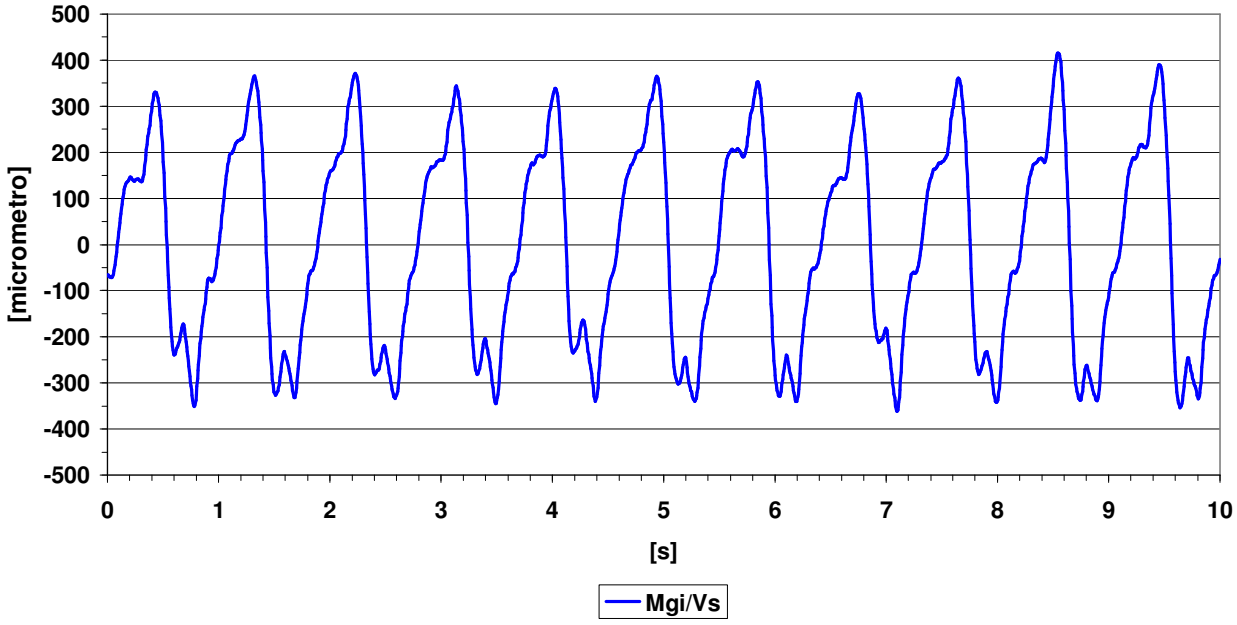
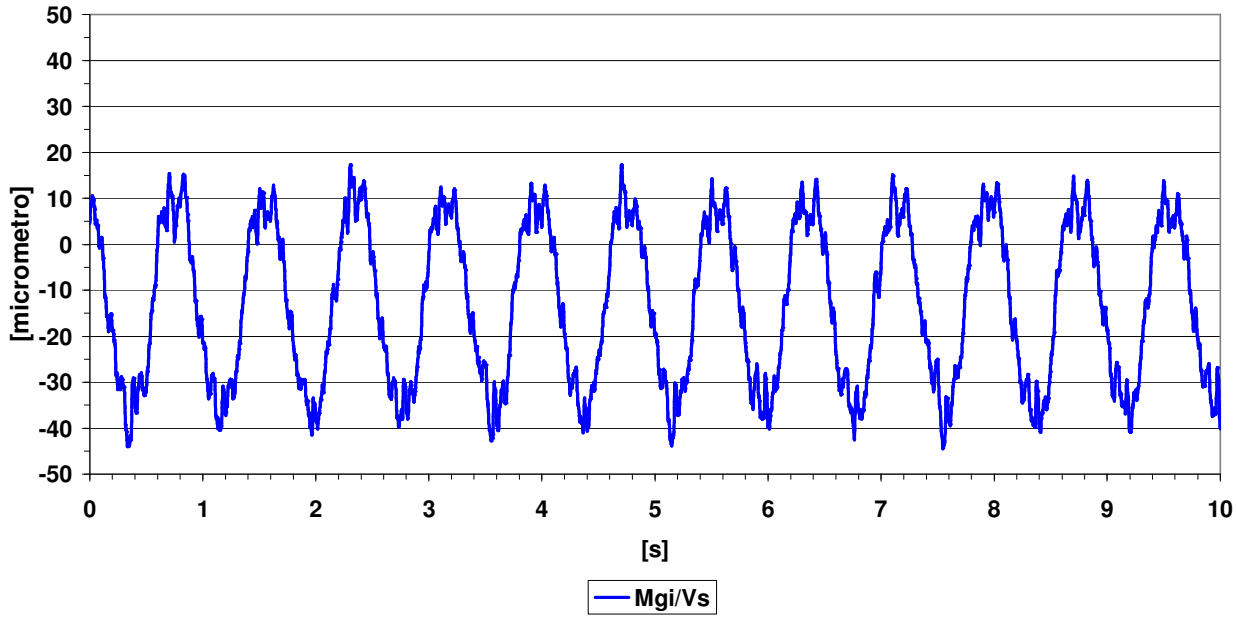


Gráfico B - Forma de onda da vibração do eixo, após manutenção



Perguntas:

a) O espectro de freqüência mostrado no gráfico 1, a seguir, corresponde a qual condição, A ou B? E o espectro de freqüência mostrado no gráfico 2 a seguir, corresponde a qual condição, A ou B? Explique porque.

b) Estime o valor de pico-a-pico X_{pp} da vibração, nas condições A e B, dado por:

$$X_{pp} = máx\{x(t)\} - mín\{x(t)\}$$

onde x(t) é o sinal da vibração registrada.

c) Observando o espectro de vibração mostrado no gráfico 1, verifica-se que este pode ser representado aproximadamente pela seguinte série de Fourier:

$$x(t) = X_0 + \sum_{n=1}^{\infty} X_n \cos(n\omega_o t + \psi_n)$$

Determine a amplitude das componentes X_n do sinal com freqüência inferior a 4 Hz.

d) Estime a velocidade de rotação $n_0 = \frac{30\,\omega_0}{\pi}$ em rpm da turbina na condição b.

Gráfico 1 - Espectro de freqüência da vibração do eixo

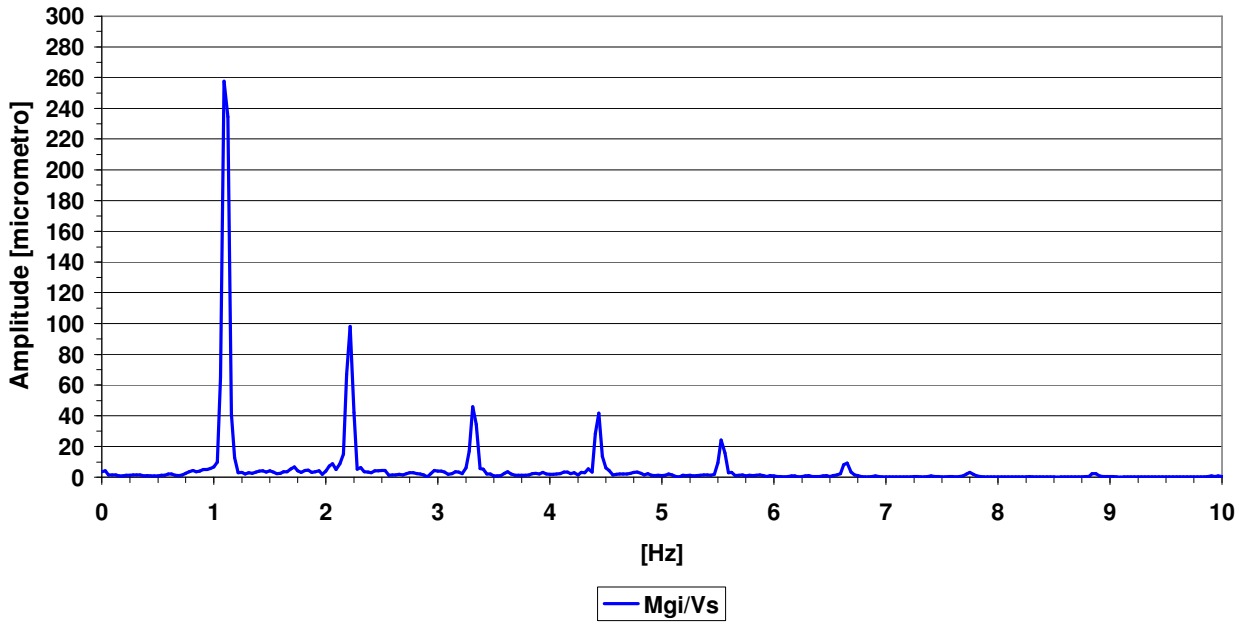
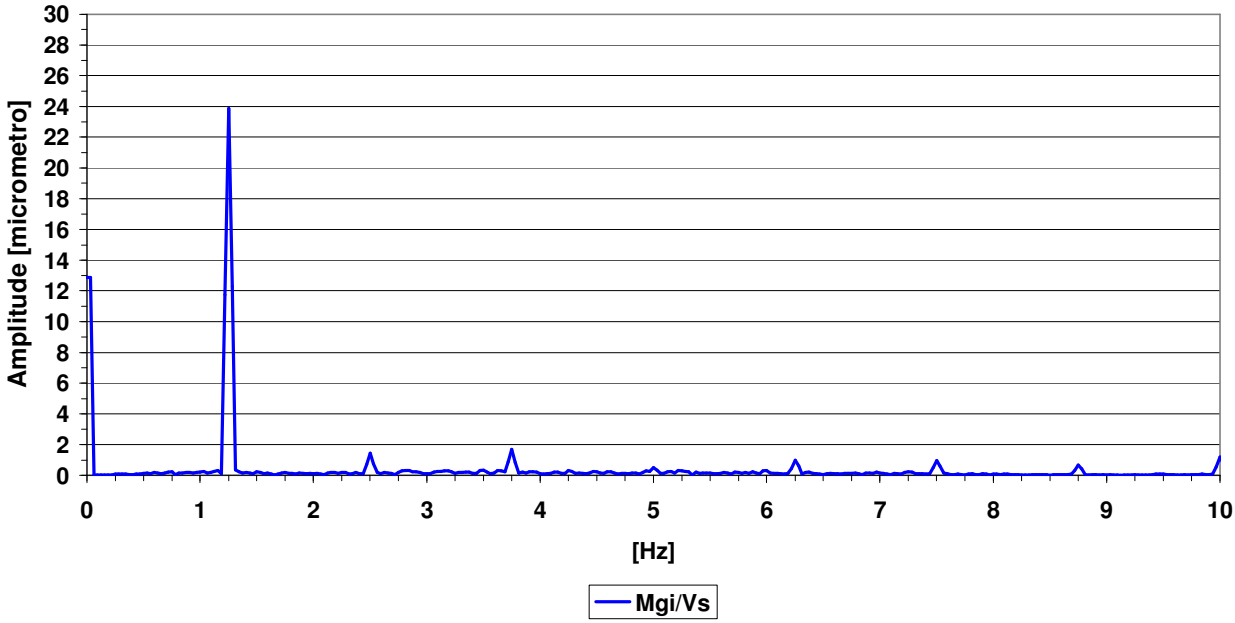


Gráfico 2 - Espectro de freqüência da vibração do eixo



Questão 4

Muitos sinais variam continuamente no decorrer do tempo e deseja-se registrar essa variação. Um exemplo é a vibração do eixo, apresentada na questão 3. Um método muito utilizado para registrar essa variação é a aquisição de sinais, via computador, pois os sinais, uma vez medidos e armazenados, já estarão prontos para processamento, análise, elaboração de gráficos e tabelas e, também, para exportação de dados e resultados para outros computadores locais ou remotos.

No entanto, o registro dos sinais em um computador é discreto, não é contínuo. Ou seja, a amostragem (“leitura”) e o registro são feitos em intervalos regulares de tempo. A “taxa de amostragem” (ou “freqüência de amostragem”), é o inverso desse intervalo.

A Figura 1, a seguir, mostra o gráfico temporal de um sinal contínuo e os valores discretos amostrados e registrados por um sistema de aquisição de sinais, que estão representados pelos pontos na curva, e correspondem a uma amostragem a cada 0,1 s (10 amostras por segundo).

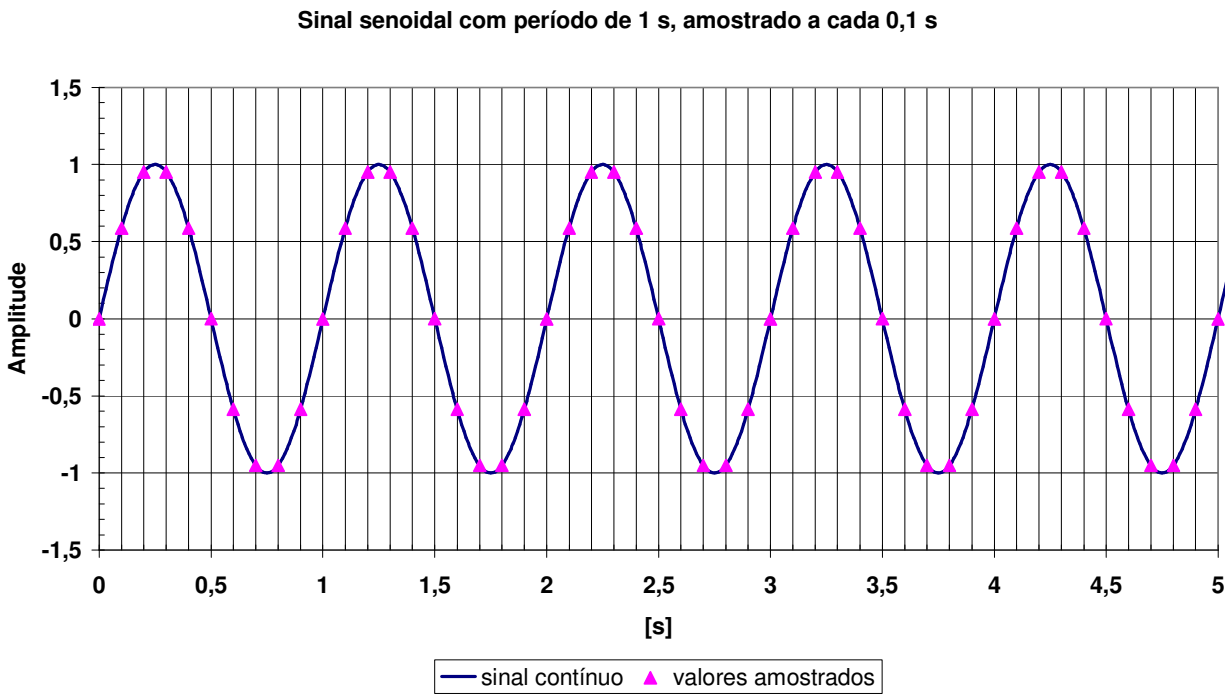


Figura 1 – Exemplo de sinal contínuo e valores amostrados a cada 0,1 s.

Se a taxa de amostragem não for suficientemente alta, comparada com a freqüência do sinal a ser amostrado, ocorrerá sub-amostragem, ocasionando um efeito conhecido pelo termo inglês “aliasing”. Para evitar esse efeito, a freqüência de amostragem deve satisfazer o critério de amostragem, conhecido como “critério de Nyquist para amostragem”, que estabelece qual deve ser a relação entre a freqüência de amostragem e a maior freqüência presente no sinal.

As Figuras 2 e 3, a seguir, mostram gráficos que representam um sinal senoidal com período de 1 s, amostrado com diferentes taxas de amostragem.

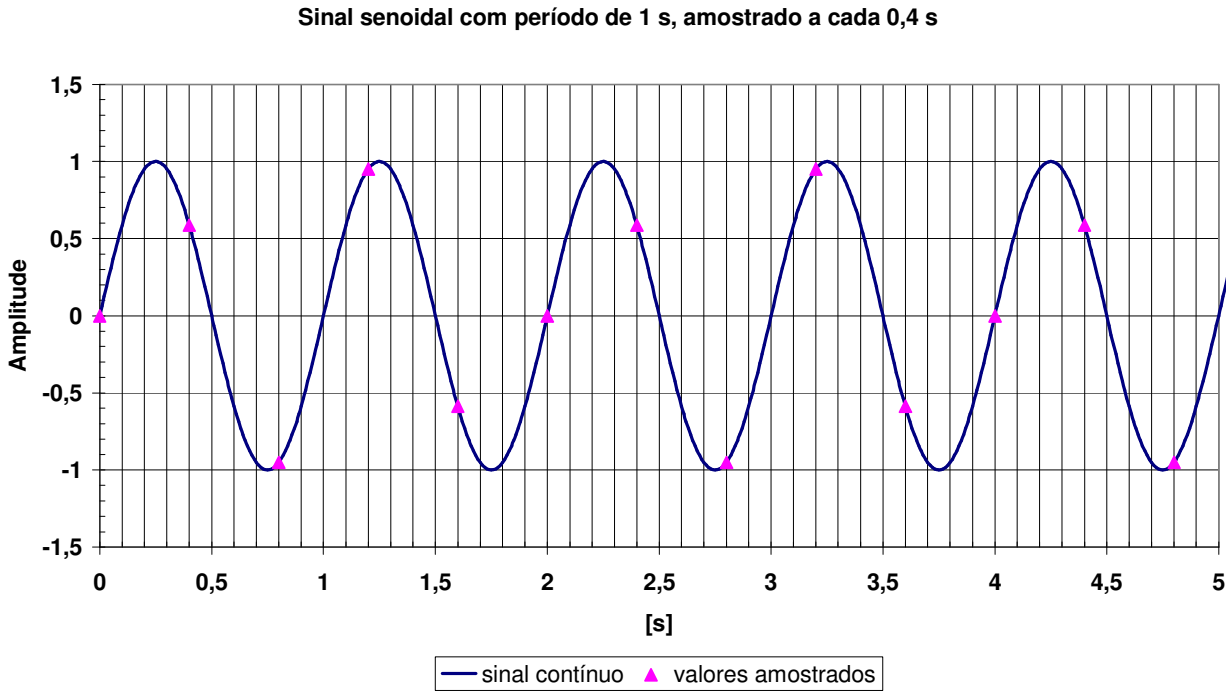


Figura 2 – Exemplo de sinal senoidal com período de 1 s, amostrado a cada 0,4 s.

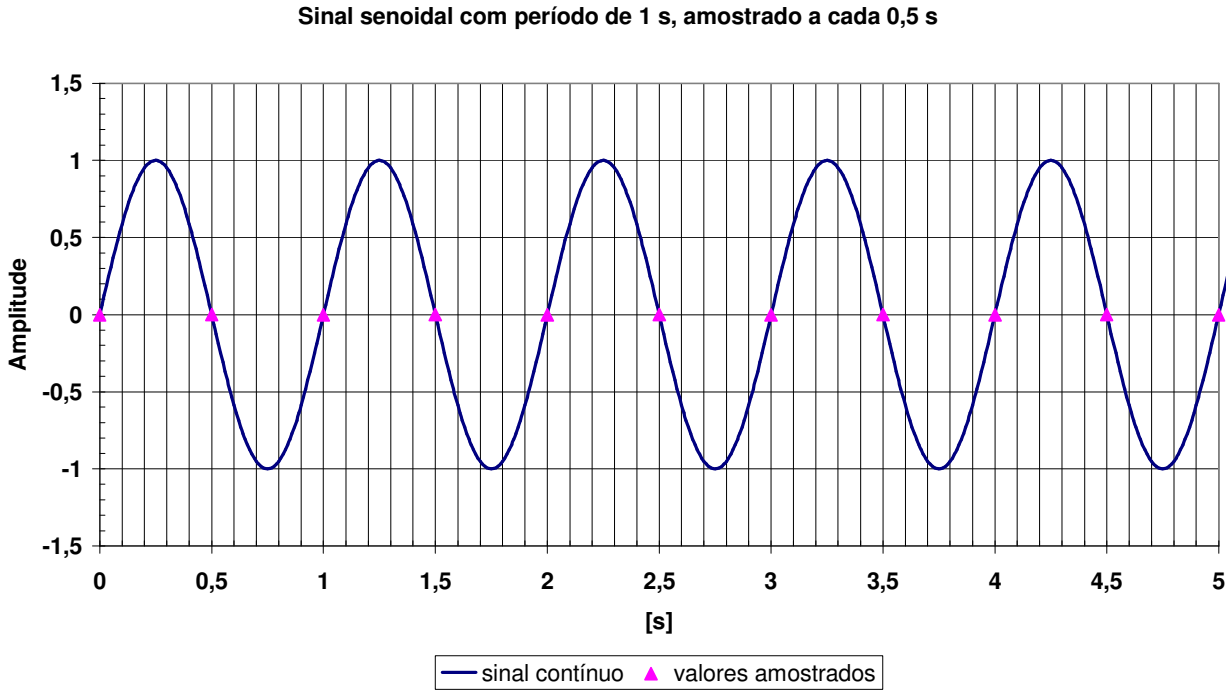


Figura 3 – Exemplo de sinal senoidal com período de 1 s, amostrado a cada 0,5 s.

Perguntas:

a) Sendo f_a a freqüência de amostragem e f_{max} a maior freqüência contida no sinal a ser amostrado, escreva a expressão para o critério de Nyquist para amostragem.

b) Considere os gráficos das Figuras 1, 2, e 3, anteriormente apresentadas, onde o sinal com período de 1 s é amostrado com 10 Hz, 2,5 Hz e 2 Hz, respectivamente. Em quais gráficos a taxa de amostragem satisfaz o critério de Nyquist para amostragem? Justifique a resposta.

c) Sendo f_a a freqüência de amostragem e f_{max} a freqüência mais alta presente no sinal que se deseja amostrar, quais das expressões seguintes não satisfazem o critério de Nyquist para amostragem?

1) $f_{max} > f_a$

2) $f_{max} < f_a/2$.

3) $4^* f_{max} = f_a$

4) $f_{max} = f_a$

Justifique a resposta.

d) Cite uma técnica utilizada para evitar o efeito de “aliasing” .

Questão 5

A Figura 1, a seguir, apresenta uma ilustração da relação entre os conceitos de exatidão e repetitividade.



Figura 1 – Ilustração da relação entre os conceitos de exatidão e de repetitividade

Três diferentes operadores tomaram a medida de uma massa padrão m = (1,0159 +/- 0,0001) kg, utilizando a mesma balança analítica (com incerteza expandida de 0,0001 kg). Os resultados apresentados foram os seguintes:

Leitura (kg)	Operador 1	Operador 2	Operador 3
Leitura 1	1,0310	1,0330	1,0152
Leitura 2	1,0320	1,0245	1,0155
Leitura 3	1,0330	1,0555	1,0160
Leitura 4	1,0325	0,9348	1,0163
Leitura 5	1,0315	0,9553	1,0158
Média	1,0320	1,0006	1,0158
Desvio Padrão	0,0008	0,0525	0,0004

Perguntas:

a) É possível dizer que as leituras do operador 3 são mais exatas que as leituras do operador 1? Explique.

b) É possível dizer que as leituras do operador 3 são mais exatas que as leituras do operador 2? Explique.

c) É possível dizer que as leituras do operador 1 são mais repetitivas que as leituras do operador 2? Explique.

d) É possível dizer que as leituras do operador 2 são menos repetitivas que as leituras do operador 3? Explique.