

Experimento 6 - EA 619

Objetivos

Esse experimento teve como objetivo a identificação de parâmetros físicos de um sistema massa-mola amortecedor. Para isso, o software de simulação robótica V-REP foi utilizado para montagem do sistema e o Matlab foi utilizado para “comandar” a simulação no V-REP. A identificação dos parâmetros foi feita por meio da análise da resposta em frequência do sistema, aplicando sinais senoidais de diferentes frequências.

Dados experimentais:

O script *IdentificaBode.m* foi adaptado para automatizar a simulação para diferentes frequências. A simulação foi realizada para as frequências entre 25 e 33 rad/s e o gráfico dela é a Figura 1. O diagrama de Bode desse último caso está representado na Figura 2. Os resultados dessas simulações estão apresentados na Tabela 1.

O valor de pico M_p foi obtido com o valor máximo da oscilação (da frequência 31 rad/s), após a fase transitória, dividido pelo valor DC do modelo (0.0049).

Frequência (rad/s)	Valor de M_p	Frequência (rad/s)	Valor de M_p
25	1.8962	30	2.1516
26	1.9333	31	2.1550
27	1.9896	32	2.1239
28	2.0624	33	2.0654
29	2.1184		

Tabela 1: Valores de M_p para frequências de 25 a 33 rad/s..

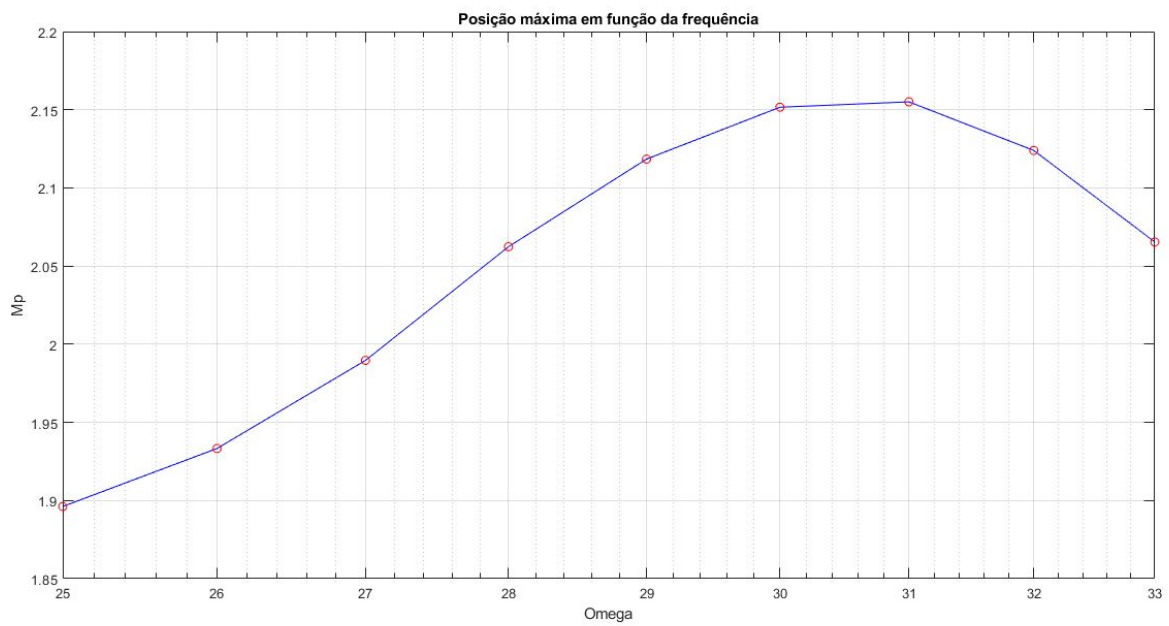


Figura 1: Posição máxima M_p em função da frequência para as frequências 25 a 33 rad/s.

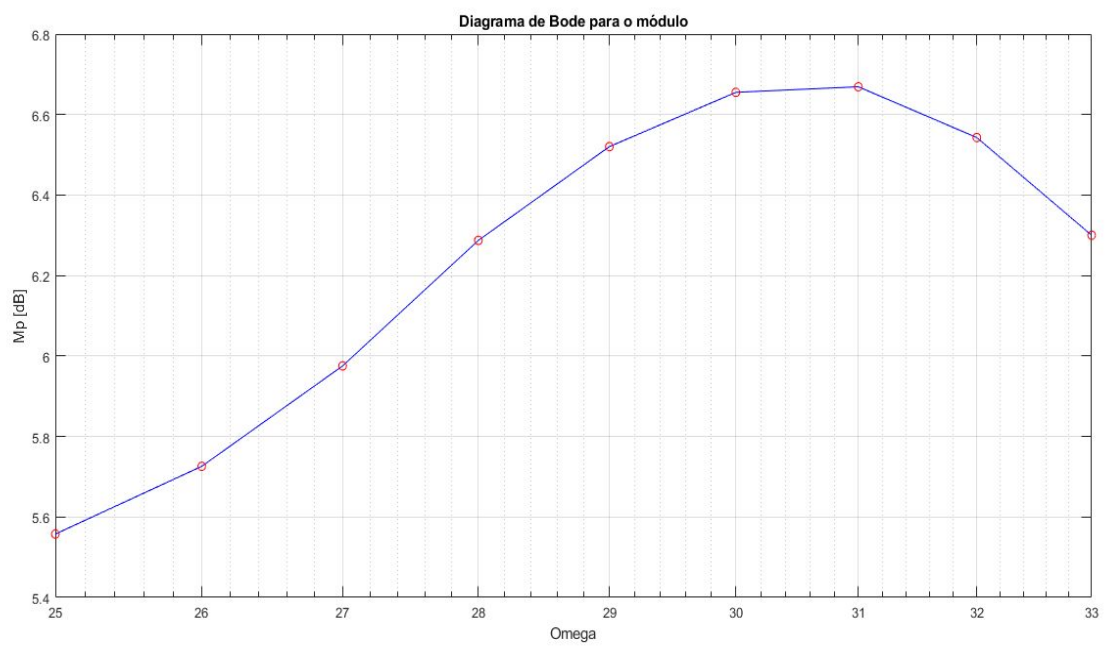


Figura 2: Diagrama de Bode para as frequências 25 a 33 rad/s.

Procedimento de identificação:

Com esses valores de ω_r e de M_p foi possível calcular ξ e ω_n :

$$\omega_n = \frac{\omega_r}{\sqrt{1 - 2\xi^2}}$$

$$M_p = \frac{1}{2\xi\sqrt{1 - \xi^2}}$$

Isolando ξ temos:

$$\xi^2 - \xi^4 = \frac{1}{4M_p^2}$$

$$-4M_p^2\xi^4 + 4M_p^2\xi^2 - 1 = 0$$

Fazendo uma troca de variáveis temos:

$$q = \xi^2$$

$$q = \frac{-4M_p^2 \pm \sqrt{16M_p^4 - 16M_p^2}}{-8M_p^2}$$

Substituindo os dados:

$$q = 5,709 * 10^{-2} \text{ ou } q = 0,943$$

$$\xi = 0,2389 \text{ ou } \xi = 0,971$$

Como ξ deve ser menor que $\frac{\sqrt{2}}{2}$, $\xi = 0,2389$

E com isso

$$\omega_n = 32,9374 \text{ rad/s}$$

Para calcular m , b e k , acrescentamos uma massa de 100g e refizemos o procedimento.

Nesse caso $\xi = 0,1909$ e $\omega_{na} = 25,9646 \text{ rad/s}$

$$\frac{k}{m + m_a} = \omega_{na}^2$$

$$m = \frac{m_a \omega_{na}^2}{\omega_n^2 - \omega_{na}^2} = 0,1641$$

$$k = \omega_n^2 m = 178,078$$

$$b = 2\xi\sqrt{mk} = 2,0648$$

Função de transferência:

Com esses valores dos parâmetros m, b e k foi também possível obter uma forma analítica para a função de transferência e compará-la com os resultados experimentais.

A função de transferência é dada por:

$$G = \frac{0,0049}{ms^2 + bs + k}.$$

Essa função foi implementada no matlab e a Figura 3 apresenta seu diagrama de Bode, com os dados experimentais sobrepostos. Pode-se observar que a função encontrada aproxima bem os resultados experimentais, porém, não há dados experimentais correspondentes ao pico da função de transferência.

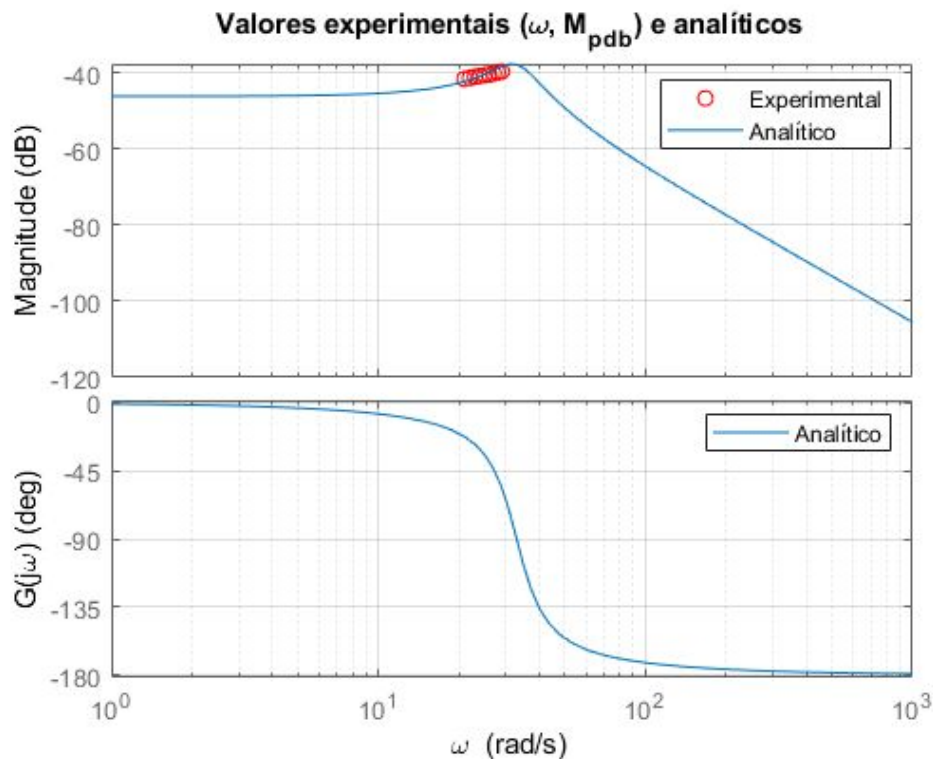


Figura 3: Diagrama de Bode com a função de transferência e os resultados experimentais.

Comparação:

Assim, podemos comparar os valores encontrados através dos cálculos com os valores utilizados na simulação e no experimento anterior (Tabela 2):

Constantes	V-REP	Valor Teórico Exp 6	Valor Teórico Exp 5
K [N/m]	203	178.078	211.3
b [N*s/m]	3	2.0648	3.131
M [Kg]	0.2	0.1641	0.2962

Tabela 2: Valores teóricos para o experimento 5, 6 e utilizados no V-REP

Porcentagem de erro para os experimentos:

$$E_6(k) = \frac{178.078 - 203}{203} = -0.123 = -12.3\%$$

$$E_5(k) = \frac{211.3 - 203}{203} = 0.04 = 4\%$$

$$E_6(b) = \frac{2.0648 - 3}{3} = -0.311 = -31,1\%$$

$$E_5(b) = \frac{3.131 - 3}{3} = 0.044 = 4,4\%$$

$$E_6(m) = \frac{0.1641 - 0.2}{0.2} = -0.1795 = -17,95\%$$

$$E_5(m) = \frac{0.2962 - 0.2}{0.2} = 0.481 = 48,1\%$$

Média de erro:

$$E_6 = \frac{-0.123 - 0.311 - 0.1785}{3} = -0.2041 = -20.41\%$$

$$E_5 = \frac{0.04 + 0.044 + 0.481}{3} = 0.1883 = 18.83\%$$

Apesar de aproximarem bem o comportamento dos sistemas, é possível concluir que os dois métodos apresentam erros no cálculo dos parâmetros. No caso do método utilizado nesse experimento, a utilização de frequências mais próximas à de pico resultaria numa melhor precisão.

Opcional:

A automatização do script *identificaBode.m* para testar um conjunto de frequências sem interferência do usuário foi realizada. O arquivo se encontra no zip e na seção de anexos desse relatório.

Dificuldades encontradas:

As principais dificuldades encontradas na realização desse experimento foram realizar o cálculo do M_p da maneira correta, automatizar o script e fazer o gráfico da função de transferência. Além disso, a falta de familiaridade com o método e conceitos utilizados dificultou o entendimento e interpretação de partes do roteiro.

Conclusão:

Com esse experimento pudemos estudar o comportamento de um sistema de 2ª ordem, no caso o de um oscilador massa mola, identificando os parâmetros ξ , ω_n , M , k , e b a partir da resposta em frequência desse sistema a senóides com frequências diferentes, construindo um diagrama de Bode.

Esse experimento possibilitou a exploração de um método diferente do experimento anterior para solucionar o mesmo problema, demonstrando a existência de diversos métodos para a análise de sistemas.