

# CONTROLE DE VIBRAÇÕES EM SISTEMAS MECÂNICOS COM INCERTEZAS

DEPARTAMENTO DE MECÂNICA COMPUTACIONAL – DMC / FACULDADE DE ENG. MECÂNICA – FEM / UNICAMP



Bolsista: Paulo Roberto Edueta (eduet@gmail.com)  
 Orientador: Prof. Dr. Alberto Luiz Serpa (serpa@fem.unicamp.br)  
 Apoio: PIBIC/CNPq



Palavras-Chave: Controle de vibrações - Controle robusto - Elementos finitos

## INTRODUÇÃO:

O problema de controle ativo de vibrações em estruturas flexíveis requer um adequado tratamento das incertezas presentes no modelo. Tais incertezas podem ser dinâmicas (oriundas dos modos de vibrações presentes na estrutura real e que não foram considerados no modelo desta) e paramétricas (propriedades e parâmetros do sistema que podem apresentar certa variação). O projeto de sistemas de controle para atenuar vibrações deve levar em conta estas incertezas para se obter um sistema de controle robusto.

## OBJETIVOS:

Este projeto de pesquisa teve por objetivo projetar controladores robustos baseados na minimização da norma  $H_\infty$ , considerando as incertezas dinâmicas e paramétricas.

## METODOLOGIA:

Para o tratamento das incertezas dinâmicas empregou-se funções de ponderação, direcionando o controle em uma dada faixa de frequência, e tratou-se as incertezas paramétricas sob o ponto de vista de estabilidade quadrática e incertezas politípicas. Para o projeto do controlador, foi considerada a formulação do problema do ponto de vista de um problema de minimização com restrições na forma de desigualdades matriciais lineares.

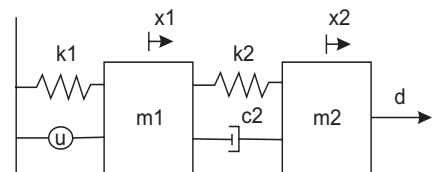


Figura 1: Sistema Massa-Mola-Amortecedor estudado

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -(k_1 + k_2)/m_1 & -c_2/m_1 & k_2/m_1 & c_2/m_1 & 0 & -1/m_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ k_2/m_2 & c_2/m_2 & -k_2/m_2 & -c_2/m_2 & 1/m_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Figura 2: Modelo do sistema na forma compacta para o projeto  $H_\infty$

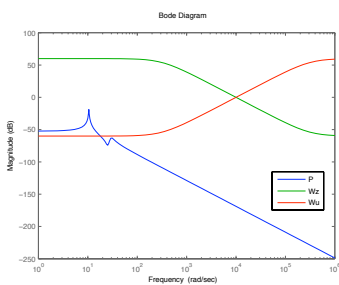


Figura 3: Funções de ponderações utilizadas

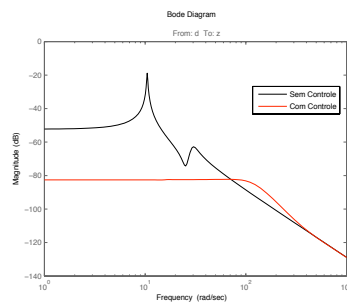


Figura 4: Comparação entre as respostas em frequência dos sistemas sem controle e controlado

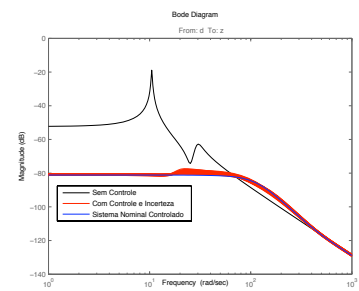


Figura 5: Comparação entre as respostas em frequência dos sistemas sem controle, sistema nominal com controle e sistema incerto controlado

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os conceitos estudados foram aplicados em uma sistema massa-mola-amortecedor, mostrado na Figura 1, cuja modelo na forma de estados compacta é mostrada na Figura 2. Para o tratamento da incerteza dinâmica utilizou-se as funções de ponderações mostradas na Figura 3. Uma comparação entre os sistemas controlado e não controlado, levando em consideração incerteza dinâmica está na Figura 4. Nota-se uma atenuação na resposta em frequência do sistema controlado. Para a aplicação de incerteza paramétrica, foi adotado uma variação de 10% nos valores das massas e nos coeficientes de rigidez e amortecimento do sistema. O resultado obtido é mostrado na Figura 5. A curva vermelha nesta figura denota uma família de curvas que representam os modelos incertos do sistema.

Ao final deste projeto, concluiu-se que um tratamento adequado das incertezas presentes do modelo no projeto do controlador garante robustez ao sistema controlado. No sistema massa-mola-amortecedor os controladores projetados conseguiram atenuar a vibração na massa  $m_2$  de forma eficaz. Concluiu-se ainda que a introdução de incerteza paramétrica garantiu robustez ao controlador projetado, a um preço de perda de desempenho.