



## TRABALHO - IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS

Raphael Timbó Silva

Professor: Daniel Castello

Rio de Janeiro  
Janeiro de 2017

# Sumário

<b>Lista de Figuras</b>	<b>b</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>c</b>
<b>Lista de Símbolos</b>	<b>d</b>
<b>Lista de Abreviaturas</b>	<b>e</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Sistema utilizado . . . . .	1
1.2 Resposta do sistema . . . . .	2
<b>2 Dados pseudo-experimentais</b>	<b>4</b>
2.1 Resposta do sistema no tempo . . . . .	4
<b>3 Método Proposto</b>	<b>9</b>
<b>4 Resultados e Discussões</b>	<b>10</b>
<b>5 Conclusões</b>	<b>11</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>12</b>
<b>A Algumas Demonstrações</b>	<b>13</b>

# Lista de Figuras

1.1	Sistema utilizado na análise. . . . .	1
1.2	FRF para o sistema em análise. . . . .	3
1.3	Aplicação de força e medição na massa $m_2$ . . . . .	3
1.4	FRF para input em $m_2$ e medição em $m_2$ . . . . .	3
2.1	Frequência de excitação para a força $F_0$ . . . . .	5
2.2	Resposta no tempo para a força $F_0$ com $N = 1000$ . . . . .	5
2.3	Resposta no tempo para a força $F_0$ com $N = 5000$ . . . . .	6
2.4	Frequência de excitação para a força $F_1$ . . . . .	7
2.5	Resposta no tempo para a força $F_1$ com $N = 5000$ . . . . .	7
2.6	Resposta no tempo para a força $F_2$ com $N = 5000$ . . . . .	8

# Lista de Tabelas

2.1	Exemplos de citações utilizando o comando padrão <code>\cite</code> do <code>L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X</code> e o comando <code>\citet</code> , fornecido pelo pacote <code>natbib</code> . . . . .	8
-----	---	---

# Lista de Símbolos

$\emptyset$	Conjunto vazio, p. 2
$\mathbb{R}$	Conjunto dos números reais, p. 2

# Lista de Abreviaturas

FIR	Finite Impulse Response, p. 1
FRF	Função de Resposta em Frequência, p. 2

# Capítulo 1

## Introdução

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os resultados e conclusões referentes ao projeto final da disciplina Identificação de Sistemas.

O trabalho consiste na análise de um sistema através do projeto de um filtro adaptativo FIR (Finite Impulse Response).

### 1.1 Sistema utilizado

O sistema utilizado é mostrado na fig. 1.1.

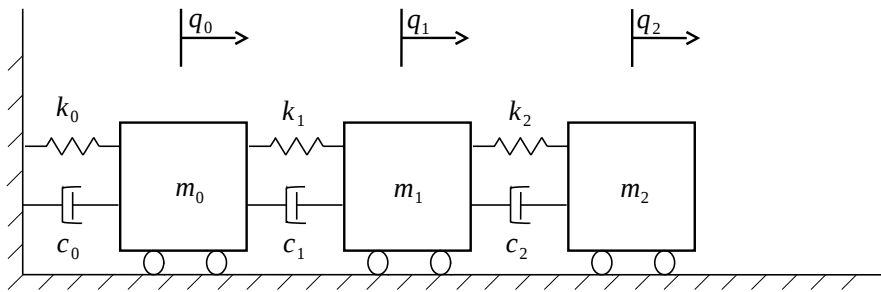


Figura 1.1: Sistema utilizado na análise.

Para este sistema temos que a energia cinética é:

$$T = \frac{1}{2}[m_0\dot{q}_0(t)^2 + m_1\dot{q}_1(t)^2 + m_2\dot{q}_2(t)^2] = \frac{1}{2}\dot{\mathbf{q}}^T(t)M\dot{\mathbf{q}}(t) \quad (1.1)$$

onde

$$\mathbf{q}(\mathbf{t}) = [q_0(t) \ q_1(t) \ q_2(t)]^T$$

é o vetor de configuração e

$$M = \begin{bmatrix} m_0 & 0 & 0 \\ 0 & m_1 & 0 \\ 0 & 0 & m_2 \end{bmatrix}$$

é a matriz de massa do sistema.

A energia potencial tem a expressão:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{2}[k_0 q_0(t)^2 + k_1(q_1(t) - q_0(t))^2 + k_2 q_2(t)^2] \\ &= \frac{1}{2}[(k_0 + k_1)q_0(t)^2 + (k_1 + k_2)q_1(t)^2 + (k_2)q_2(t)^2 - 2k_1 q_0(t)q_1(t) - 2k_2 q_2(t) \\ &= \frac{1}{2}\dot{\mathbf{q}}^T(t)K\dot{\mathbf{q}}(t) \end{aligned} \tag{1.2}$$

onde

$$K = \begin{bmatrix} k_0 + k_1 & -k_1 & 0 \\ -k_1 & k_1 + k_2 & -k_2 \\ 0 & -k_2 & k_2 \end{bmatrix}$$

é a matriz de rigidez do sistema.

Para o sistema utilizado temos que  $m_i = 1 \text{ kg}$  e  $k_i = 1600 \text{ N/m}$ .

O amortecimento utilizado será o proporcional:  $C = \alpha M + \beta K$ . Iremos analisar o caso em que  $\alpha = 10^{-3}$  e  $\beta = 10^{-3}$ .

## 1.2 Resposta do sistema

O sistema em questão possui a resposta FRF (Função de Resposta em Frequência) apresentada na fig. 1.2

Para nossa análise iremos considerar uma força aplicada na massa 2 ( $m_2$ ) e a medição nesta mesma massa, conforme ilustrado na fig. 1.3. A aplicação da força nessa massa corresponde à FRF que pode ser visualizada no canto inferior direito (input=2 e output=2). A FRF em questão é também mostrada na fig. 1.4



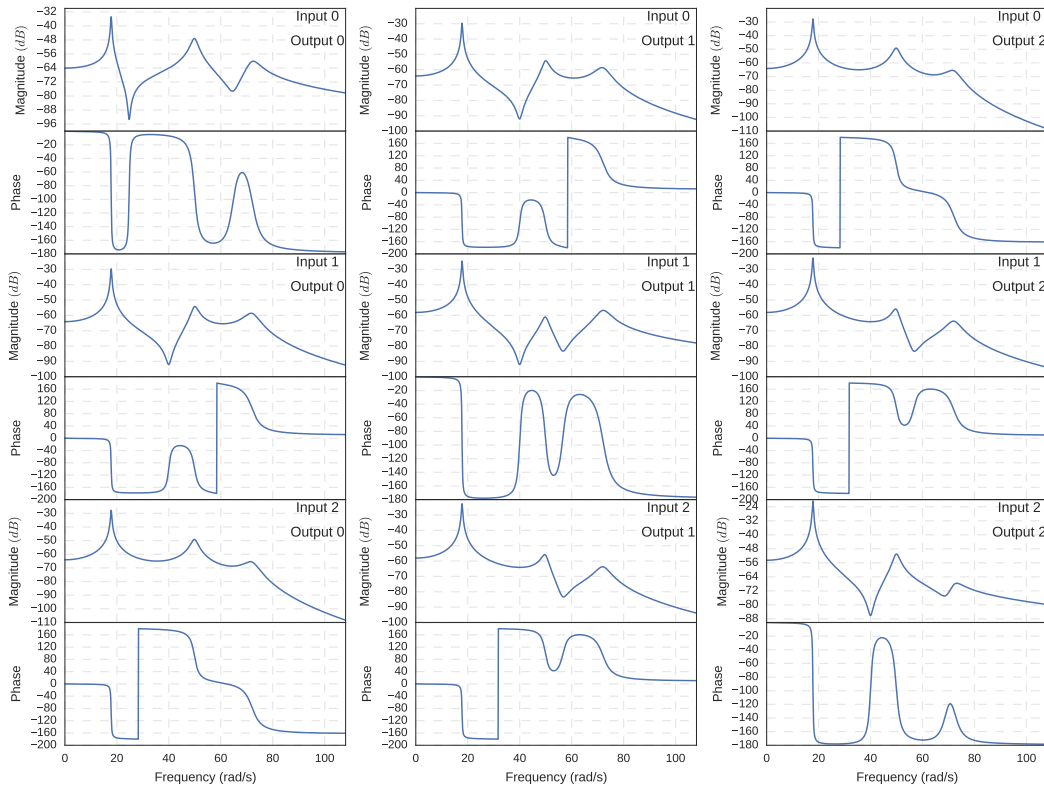


Figura 1.2: FRF para o sistema em análise.

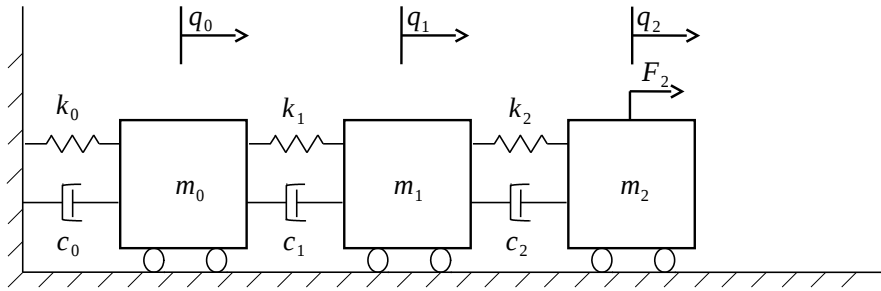


Figura 1.3: Aplicação de força e medição na massa  $m_2$ .

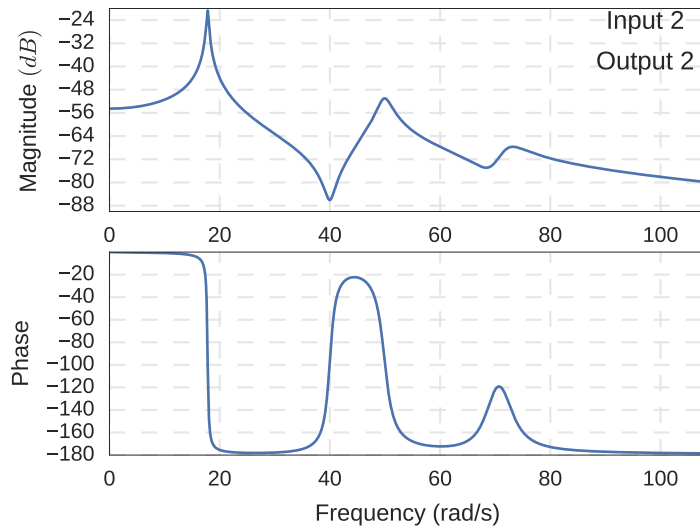


Figura 1.4: FRF para input em  $m_2$  e medição em  $m_2$ .

# Capítulo 2

## Dados pseudo-experimentais

### 2.1 Resposta do sistema no tempo

Para a construção dos dados pseudo-experimentais foram observados os seguintes casos:

Forçamento:

- $F_0(t) = A_0 \sin(2\pi f_0 t)$  (Considere  $\frac{\omega_1}{2\pi} \leq f_0 \leq \frac{\omega_2}{2\pi}$ )
- $F_1(t) = A_1 \sin(2\pi f_1 t) + A_2 \sin(2\pi f_2 t)$  (Escolha  $\frac{0.8\omega_1}{2\pi} \leq f_j \leq \frac{1.2\omega_2}{2\pi}$  e  $A_2 = 2A_1$  ;  $j = 1, 2$ )
- $F_2(t) = \text{ruído branco}$

Número de amostras  $N$ :

- $N = 1000$
- $N = 5000$

Valores para a relação entre sinal e ruído - SNR (Signal to Noise Ratio):

- $SNR = 90$
- $SNR = 50$
- $SNR = 10$

A fig. 2.1 mostra a posição da frequência de excitação para a aplicação da força  $F_0$ , em que uma amplitude  $A_0 = 1$  foi utilizada.

A fig. 2.2 mostra a resposta no tempo do sistema ao aplicarmos a força  $F_0$  na frequência mostrada na fig. 2.1 para uma amostragem  $N = 1000$ . Podemos observar que, para  $N = 1000$ , temos uma excitação de aproximadamente 16 segundos e ainda

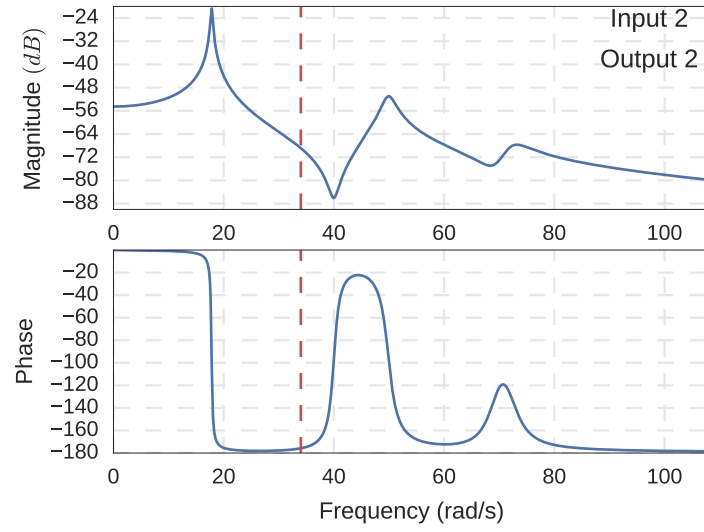


Figura 2.1: Frequência de excitação para a força  $F_0$

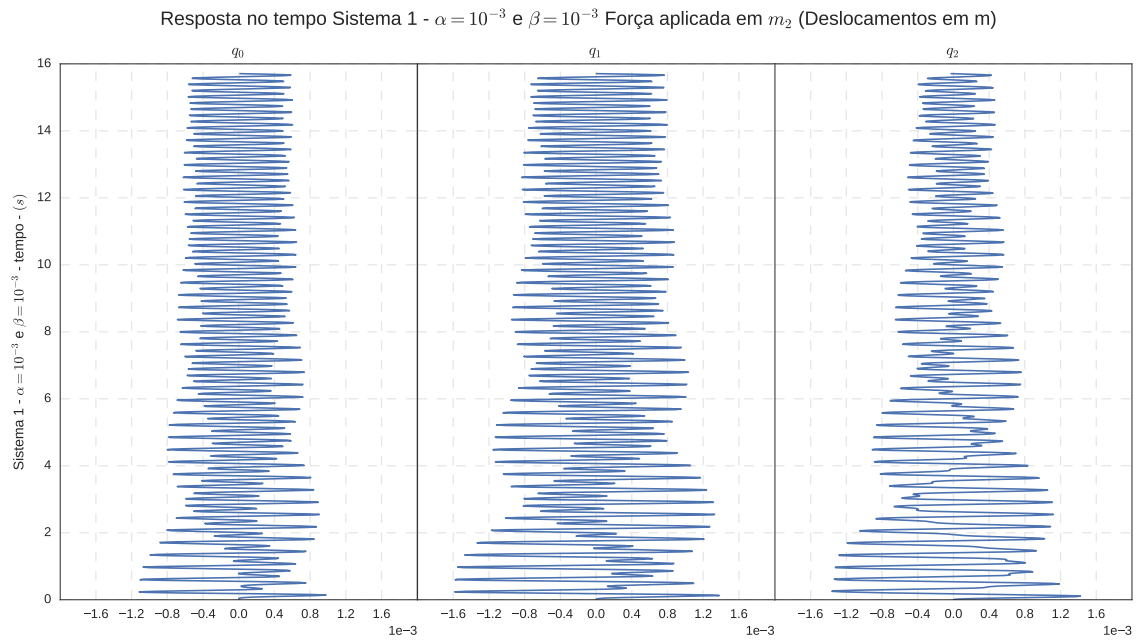


Figura 2.2: Resposta no tempo para a força  $F_0$  com  $N = 1000$

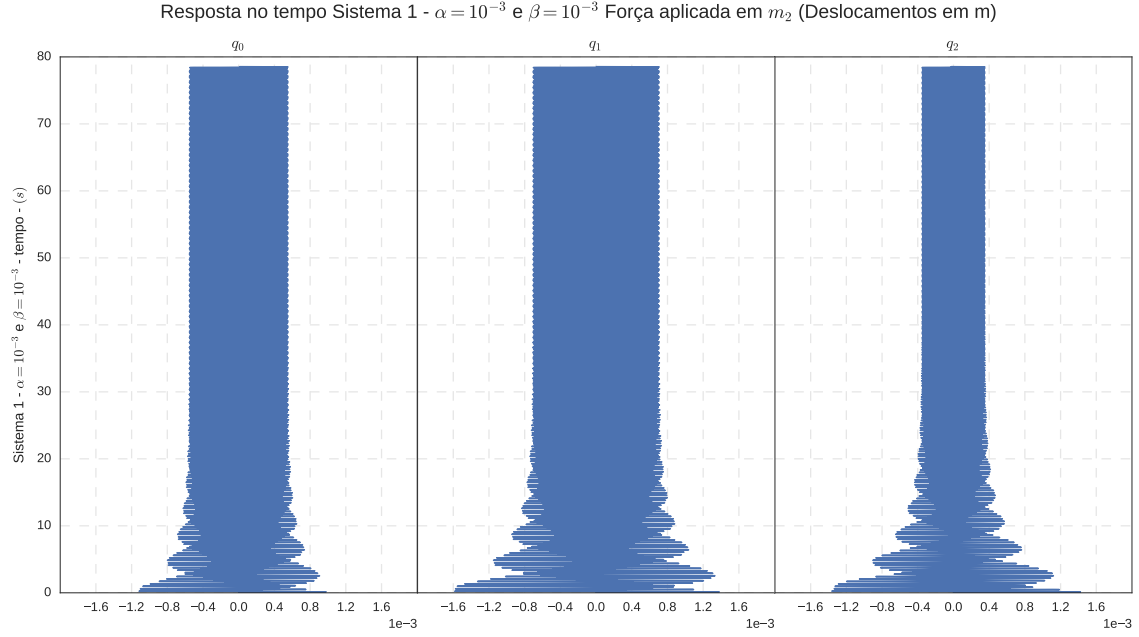


Figura 2.3: Resposta no tempo para a força  $F_0$  com  $N = 5000$

temos algum transiente na resposta no tempo. Também é possível observar que essa parcela apresenta mais que uma frequência de oscilação.

A fig. 2.3 mostra a resposta no tempo para  $N = 5000$ . Neste caso, o tempo vai até aproximadamente 80 segundos e podemos observar que a parcela transiente é praticamente inexistente após os 20 segundos de excitação. Após esse tempo, é esperado que o sistema oscile apenas na frequência de excitação.

Para a força  $F_1$  a fig. 2.4 mostra as frequências de excitação que foram aplicadas na massa  $m_2$ . Podemos notar que nesse caso as forças aplicadas estão próximas as frequências naturais do sistema.

A fig. 2.5 mostra a resposta no tempo para  $F_1$  com  $A_1 = 1$ ,  $A_2 = 2$  e  $N = 5000$ . Como esperado, notamos um aumento na amplitude de  $1 \times 10^{-3}$  m para  $1 \times 10^{-2}$  m quando comparado à força  $F_0$ .

Para ilustrar a completa adesão ao estilo de citações e listagem de referências bibliográficas, a Tabela 2.1 apresenta citações de alguns dos trabalhos contidos na norma fornecida pela CPGP da COPPE, utilizando o estilo numérico.

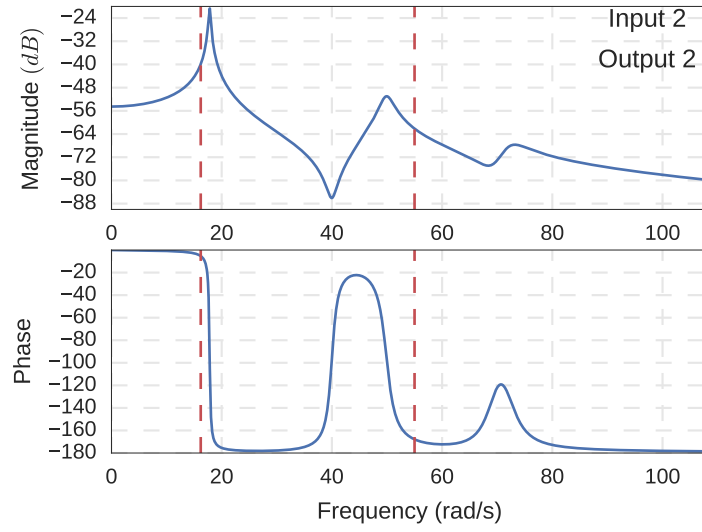


Figura 2.4: Frequência de excitação para a força  $F_1$

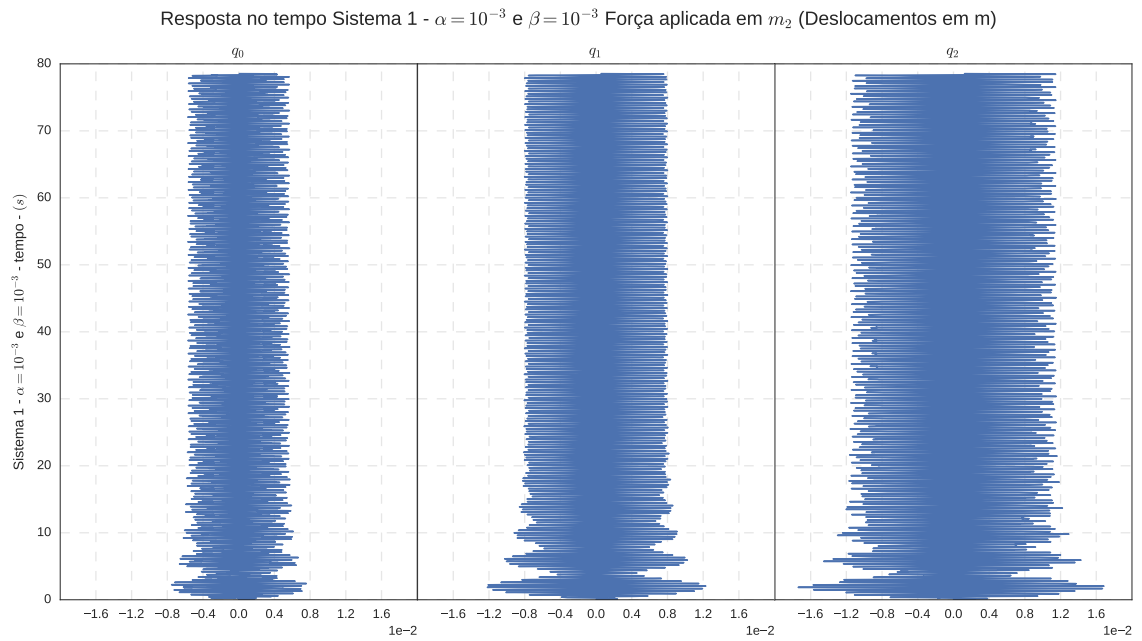


Figura 2.5: Resposta no tempo para a força  $F_1$  com  $N = 5000$

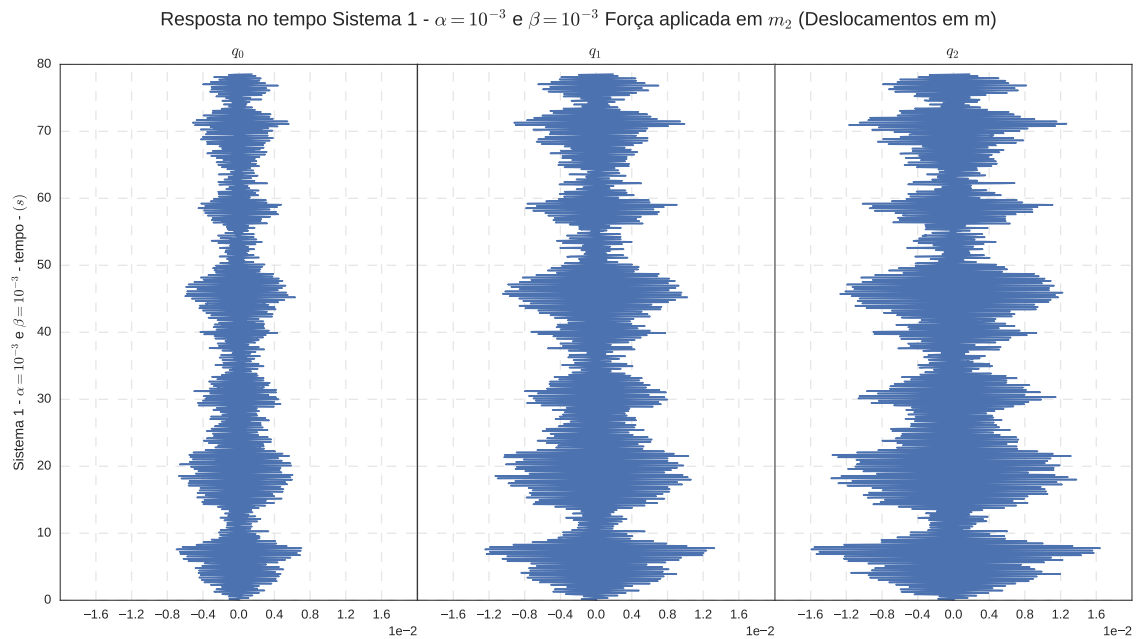


Figura 2.6: Resposta no tempo para a força  $F_2$  com  $N = 5000$

Tabela 2.1: Exemplos de citações utilizando o comando padrão `\cite` do  $\text{\LaTeX}$  e o comando `\citet`, fornecido pelo pacote `natbib`.

Tipo da Publicação	<code>\cite</code>	<code>\citet</code>
Livro	[1]	ABRAHAM <i>et al.</i> [1]
Artigo	[2]	IESAN [2]
Relatório	[3]	MAESTRELLO [3]
Relatório	[4]	GARRET [4]
Anais de Congresso	[5]	GURTIN [5]
Séries	[6]	COWIN [6]
Em Livro	[7]	EDWARDS [7]
Dissertação de mestrado	[8]	TUNTOMO [8]
Tese de doutorado	[9]	PAES JUNIOR [9]

## Capítulo 3

### Método Proposto

## Capítulo 4

### Resultados e Discussões



## Capítulo 5

## Conclusões

# Referências Bibliográficas

- [1] ABRAHAM, R., MARSDEN, J. E., RATIU, T. *Manifolds, Tensor Analysis, and Applications*. 2 ed. New York, Springer-Verlag, 1988.
- [2] IESAN, D. “Existence Theorems in the Theory of Mixtures”, *Journal of Elasticity*, v. 42, n. 2, pp. 145–163, fev. 1996.
- [3] MAESTRELLO, L. *Two-Point Correlations of Sound Pressure in the Far Field of a Jet: Experiment*. NASA TM X-72835, 1976.
- [4] GARRET, D. A. *The Microscopic Detection of Corrosion in Aluminum Aircraft Structures with Thermal Neutron Beams and Film Imaging Methods*. In: Report NBSIR 78-1434, National Bureau of Standards, Washington, D.C., 1977.
- [5] GURTIN, M. E. “On the nonlinear theory of elasticity”. In: *Proceedings of the International Symposium on Continuum Mechanics and Partial Differential Equations: Contemporary Developments in Continuum Mechanics and Partial Differential Equations*, pp. 237–253, Rio de Janeiro, ago. 1977.
- [6] COWIN, S. C. “Adaptive Anisotropy: An Example in Living Bone”. In: *Non-Classical Continuum Mechanics*, v. 122, *London Mathematical Society Lecture Note Series*, Cambridge University Press, pp. 174–186, 1987.
- [7] EDWARDS, D. K. “Thermal Radiation Measurements”. In: Eckert, E. R. G., Goldstein, R. J. (Eds.), *Measurements in Heat Transfer*, 2 ed., cap. 10, New York, USA, Hemisphere Publishing Corporation, 1976.
- [8] TUNTOMO, A. *Transport Phenomena in a Small Particle with Internal Radiant Absorption*. Ph.D. dissertation, University of California at Berkeley, Berkeley, California, USA, 1990.
- [9] PAES JUNIOR, H. R. *Influência da Espessura da Camada Intrínseca e Energia do Foton na Degradação de Células Solares de Silício Amorfo Hidrogenado*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1994.

# Apêndice A

## Algumas Demonstrações