

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Efeitos Não-Lineares nos Modos de Vibrar de Estruturas

Ana Cristina Neves Carloni¹

Lucas Zanovello Tahara

Rafael de Oliveira Teloli

Samuel da Silva

Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, SP

1 Introdução

Modelos matemáticos podem ser desenvolvidos para descrever o comportamento de estruturas, porém, a maior parte deles assume como premissa básica apenas operação em regime linear de vibrações [1]. Porém, diversas estruturas podem apresentar vibração não-linear acentuada no seu funcionamento. Assim, várias propriedades características de sistemas lineares não são mais válidas, como a invariância, a homogeneidade e a ortogonalidade. Apesar de todo o desenvolvimento obtido nas últimas décadas, não existe, infelizmente, nenhum método geral para analisar e identificar parâmetros e modelos vibrando de forma não linear [2]. Tendo isto em vista, este trabalho busca visualizar experimentalmente as principais propriedades dos modos normais lineares que podem perder sua validade em uma viga com pré-carga de compressão aplicada com características de rigidez cúbica vibrando em regime fortemente não linear.

2 Modos Normais Não-Lineares

A figura 1 mostra uma viga biengastada com dimensões de $460 \times 20 \times 1.8 \text{ mm}^3$ e uma carga axial de compressão aplicada que pode causar uma não linearidade geométrica [1]. Este sistema pode ser representado por um oscilador para descrever o deslocamento discreto $\mathbf{x} = \{x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4\}^T$ ao longo da viga:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{x}} + \mathcal{F}_{nl}(\mathbf{x}) = \mathbf{u} \quad (1)$$

sendo \mathbf{M} e \mathbf{C} as matrizes de massa e amortecimento, $\mathcal{F}_{nl}(\mathbf{x})$ uma função polinomial para representar a rigidez não-linear e \mathbf{u} a força de excitação. A figura 2(a) ilustra o espaço de configuração entre os pontos de medição x_1 e x_3 para excitação com amplitude de 0.1 V, onde observa-se o surgimento de modo não similar. Já a figura 2(b) mostra a estimativa das variedades invariantes para diferentes amplitudes, onde constata-se que quando a amplitude de excitação aumenta, os modos deixam de ser tangentes aos modos lineares e se tornam acentuadamente não lineares.

3 Conclusões

Constatou-se experimentalmente que os efeitos não lineares de rigidez e pré-carga existentes na estrutura analisada podem alterar bastante a resposta e seus modos de vibração,

¹ana.carloni@unesp.br

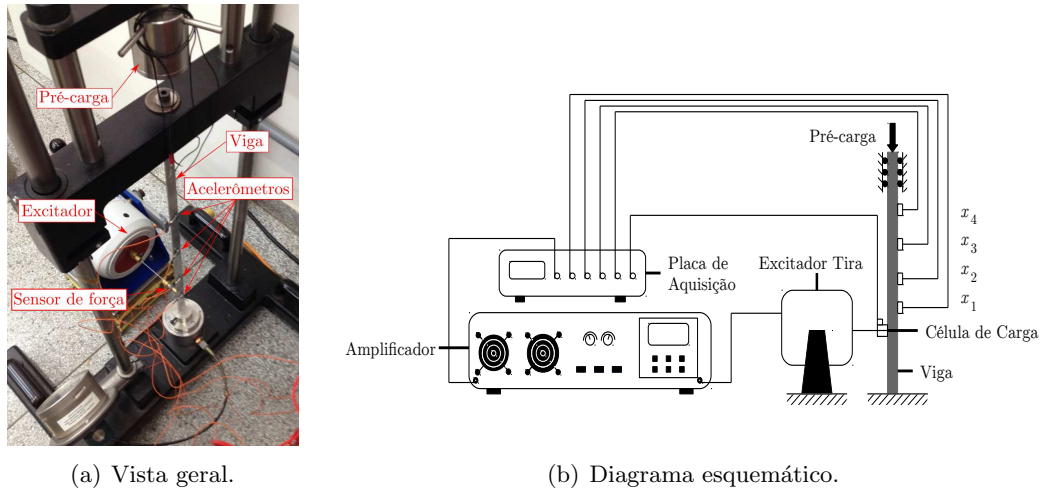


Figura 1: Viga não-linear com pré-carga aplicada. Detalhes na aquisição de dados em [1].

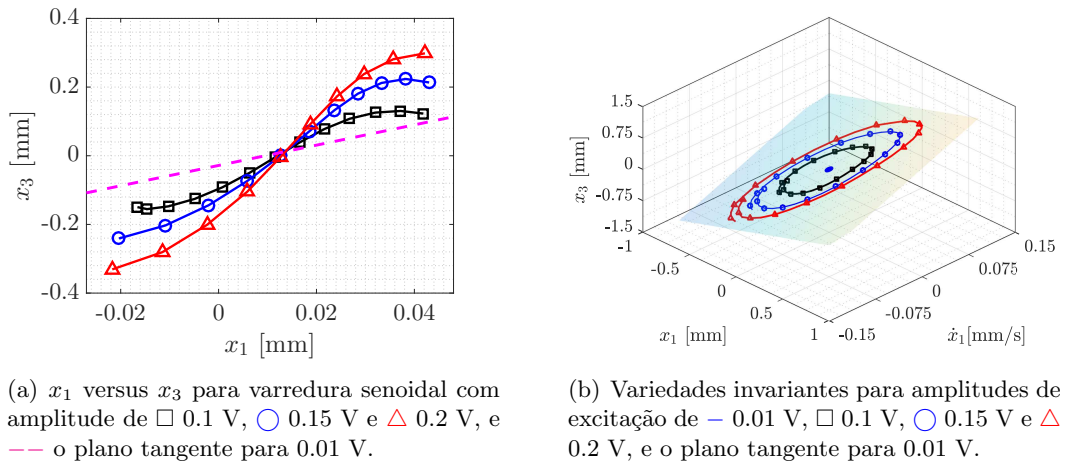


Figura 2: Espaço de configurações e Variedades invariantes.

visto pela curvatura do espaço de configuração. Portanto, para a análise correta e simulação de um modelo físico-matemático desta estrutura é mandatório a inclusão de termos discretos e locais na equação de movimento, representados aqui por $\mathcal{F}_{nl}(\mathbf{x})$.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da CAPES, CNPq ao processo 160179/2017-3 e a FAPESP aos processos 16/21973-5, 17/07057-9 e 17/15512-8.

Referências

[1] Scussel, O. ; da Silva, Samuel . Output-only identification of nonlinear systems via Volterra series. *Journal of Vibration and Acoustics*, v. 138, p. 041012, 2016. DOI: 10.1115/1.4033458.

[2] Noël J. P.; Kerschen G. Nonlinear system identification in structural dynamics: 10 more years of progress. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 15, 83, p. 2-35, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2016.07.020>.