

# ANÁLISE DINÂMICA DE ESTRUTURAS COM SENSORES E ATUADORES PIEZELÉTRICOS ACOPLADOS

**T.L.Rocha, V.Lopes Jr.**

(1) UNESP/Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Brasil Centro 56, Cep. 15385-000, Ilha Solteira – S.P. E-mail: teorochoa@dem.feis.unesp.br

**Palavras chaves:** Estruturas Inteligentes, Piezeletricidade, Elementos Finitos.

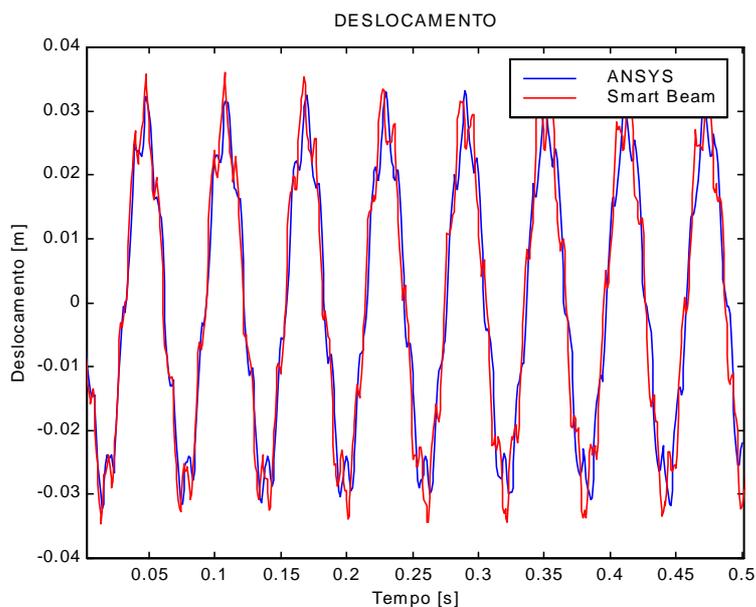
## RESUMO

O estudo de materiais inteligentes é recente e as mudanças neste campo, provavelmente, levarão décadas para se concretizarem. No entanto, benefícios já podem ser colhidos e nesse novo enfoque, intensa investigação matemática e experimental é fundamental para a correta aplicação e utilização desta tecnologia.

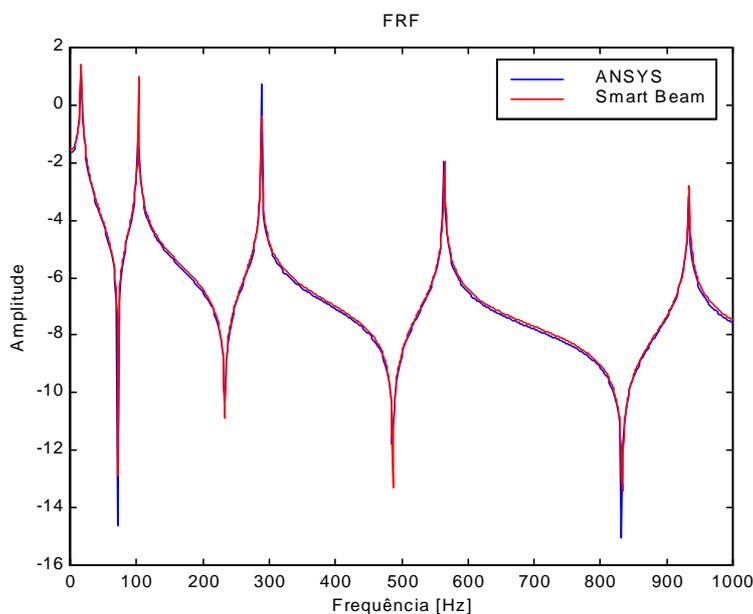
Para se conseguir bons resultados em aplicações de controle e sensoriamento é necessário obter modelos matemáticos que possam descrever de forma precisa o mecanismo da deformação induzida no material piezolétrico. A literatura disponível sobre o problema de modelagem de meios piezolétricos através do MEF e sua implementação em problemas estruturais, dinâmicos ou de controle aparece em número reduzido. Há ainda diferenças fundamentais e conceituais entre vários trabalhos disponíveis na literatura. Nesse cenário, a proposição de modelos que representem o acoplamento eletromecânico dos sensores/atuadores piezolétricos e a estrutura base deve ser avaliada através de simulações numéricas e testes experimentais.

O programa Smart Beam, é um programa de simulações desenvolvido para modelagem de estruturas com sensores e atuadores incorporados, tendo como plataforma o software MATLAB. Neste trabalho, a partir de uma revisão bibliográfica dos conceitos da piezeletricidade, do estudo das equações de viga de Euler-Bernoulli e do método dos elementos finitos, apresentou-se uma metodologia pela qual a interação entre a estrutura e o elemento piezolétrico é modelada. Para verificar a metodologia apresentada, os resultados do programa Smart Beam foram confrontados com os resultados apresentados pelo software comercial ANSYS.

Com o objetivo de proporcionar a familiarização com o programa ANSYS e a certificação de que a modelagem da parte estrutural do programa Smart Beam estava correta, uma estrutura foi modelada com elementos de viga no plano. Neste caso, o modelo construído em ambos os programas, possuía o mesmo número e tipo de elementos. As Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, a resposta em função do tempo e resposta no domínio da frequência do nó localizado na extremidade livre da viga modelada em ambos os programas, submetido a um carregamento impulsivo de  $-150$  N. A comparação dos resultados revelou que os modelos apresentam comportamentos semelhantes nos domínios do tempo e da frequência, com um desvio médio inferior a 0.1% nos valores de frequências naturais extraídos, em relação aos valores teóricos, Inman,1997.

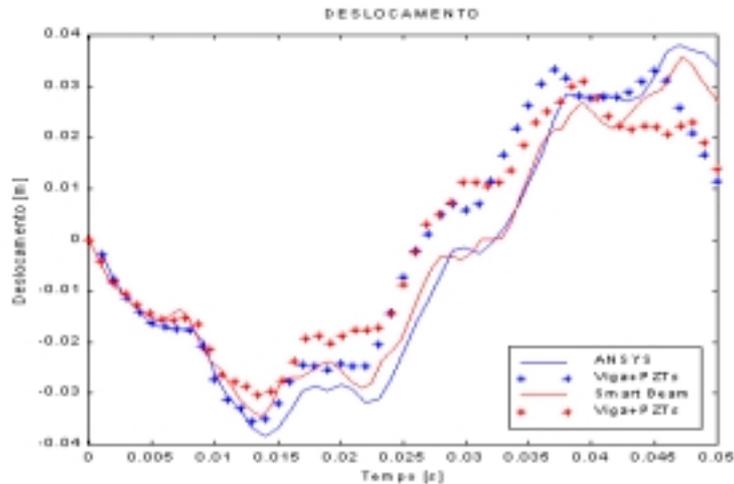


**Figura 1: Deslocamentos do nó localizado na extremidade livre da viga**



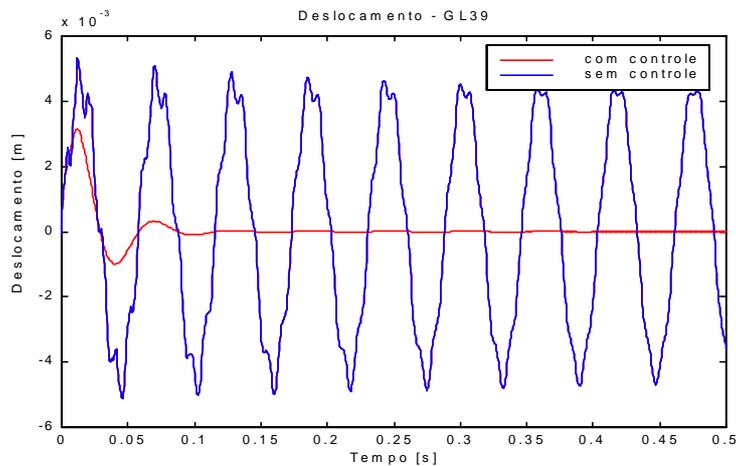
**Figura 2: FRF da viga modela no ANSYS e Smart Beam**

O programa ANSYS, não apresenta a opção do elemento de viga piezolétrico, enquanto o programa Smart Beam, em seu estágio atual, apresenta apenas a opção de elemento de viga, tanto para o elemento estrutural quanto para o piezolétrico. Logo, para verificação da influência do elemento piezolétrico sobre a estrutura, o próximo passo foi à construção, no programa ANSYS, de um modelo de viga no espaço tri-dimensional, com e sem PZTs acoplados, empregando os elementos sólidos: SOLID5 e SOLID45. Na Figura 3 são apresentados, no domínio do tempo, os valores dos deslocamentos da viga modelada nos programas ANSYS e Smart Beam, com e sem a presença dos elementos piezolétricos. Este gráfico se refere à resposta do nó localizado na extremidade livre da viga quando submetido a um carregamento impulsivo de  $-150$  N. Através dele, observa-se à semelhança nos contornos das curvas de deslocamento apresentadas por ambos os programas e a redução na amplitude dos deslocamentos causada pela presença dos PZTs.



**Figura 3: Deslocamentos da extremidade livre da viga c/ e s/ cobertura de PZTs**

Optou-se por realizar a verificação do efeito piezoeletrico no programa ANSYS, através da aplicação de carregamentos de voltagem, estático, impulsivo e senoidal a superfície dos PZTs da viga. Entretanto o efeito piezoeletrico apresentado pelo programa Smart Beam obedece a uma lei de controle que capacita o sistema a responder de modo controlado a excitações externas, procurando compensar os efeitos, que levariam sua resposta a se afastar de patamares aceitáveis, como mostra a Figura 4, não estando, atualmente, preparado para responder a carregamentos de voltagem que não obedeçam esta lei.



**Figura 4: Deslocamento da viga sujeita a uma entrada impulsiva**

**Agradecimentos:** Os autores agradecem a FAPESP, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo suporte financeiro e pela bolsa de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIAS

- Bathe, K.J. and Wilson, E.L. Numerical Methods in Finite Element Analysis, Prentice Hall, Inc. New Jersey, 1976.
- Inman, D.J. and Lam, M.J. Active constrained layer damping treatments. In Ferguson, N.S., Wolfe, H.F., and Mei, C., eds., *6 th Int. Conf. on Recent Advances in Struct. Dyn.*, Southampton (UK), vol. 1, pp. 1–20, 1997.
- Lopes Jr., V., Park, G., Cudney, H. H., and Inman, D. J. Impedance –Based Structural Health Monitoring with Artificial Neural Network. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, USA (accepted for publication, 2000).