

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

---

## Análise de robustez para dispositivos coletores de energia com incertezas no engaste

Paulo H. Martins<sup>1</sup>

Departamento de Engenharia Mecânica, USP, São Carlos, SP

Marcelo Trindade<sup>2</sup>

Departamento de Engenharia Mecânica, USP, São Carlos, SP

Um modelo de viga engastada foi utilizado para o estudo de coleta de energia, conforme figura 1. Com uma entrada de deslocamento harmônico imposto  $w_0(t)$  na base do dispositivo, ocorre a vibração, e com a pastilha piezolétrica acoplada, existe a possibilidade de geração de energia elétrica, estudada através da resistência elétrica  $R_c$ . Na extremidade da viga está presente uma massa inercial  $m_b$ , que pode ser ajustada para sintonização das frequências do dispositivo e do deslocamento imposto, garantindo a maximização da vibração. O engaste do dispositivo é simulado por molas linear  $k_w$  e torcional  $k_\theta$ . Por meio da técnica de otimização via Programação Sequencial Quadrática (SQP), a FRF foi maximizada e os dispositivos projetados. Para estudo da média  $\mu_f$  e variância  $\sigma_f$  dos dispositivos, um equacionamento utilizado é baseado em séries de expansão de Taylor de primeira ordem [1].

As seguintes propriedades geométricas são pré-definidas para o dispositivo da figura 1: distância da camada piezolétrica até o engaste  $d_p = 5 \text{ mm}$ ; largura da viga e camada piezolétrica com resina (em vermelho)  $b = 25 \text{ mm}$ ; espessuras da viga, camada piezolétrica e resina de  $h_v = 1,0 \text{ mm}$ ,  $h_p = 0,25 \text{ mm}$  e  $h_c = 0,1 \text{ mm}$ , respectivamente; camada piezolétrica com 80% do comprimento da viga ( $l_p = 0,8l_v$ ). As propriedades da viga, que é de alumínio são: densidade de  $2790 \text{ kg/m}^3$  e módulo de elasticidade de  $69 \text{ GPa}$ . Para a Resina Epoxy são considerados os valores de densidade de  $1126 \text{ kg/m}^3$  e módulo de elasticidade  $2,5 \text{ GPa}$  [2]. O sensor piezolétrico possui densidade de  $7800 \text{ kg/m}^3$ , constante elástica  $\bar{c}_{11}^D = 101,24 \text{ GPa}$ , constante de acoplamento piezolétrico  $\bar{h}_{31} = -1,4862 \times 10^9 \text{ NC}^{-1}$ , constante dielétrica de  $\bar{\beta}_{33}^c = 76,435 \times 10^6 \text{ mF}^{-1}$  e fator de correção de cisalhamento  $k_2 = 0,83$ . Considera-se uma entrada no engaste com amplitude  $\tilde{w}_0 = g = 10 \text{ m/s}^2$  e frequência de  $100 \text{ Hz}$ . O amortecimento dos dispositivos é considerado com  $0,3 \%$ .

Cinco dispositivos são projetados conforme tabela 1, com valores de resistências já arredondados. Após os dispositivos projetados, um estudo de média e variância foi realizado, tomando valores de rigidez com  $k_w = 3000 \text{ kNm}^{-1}$  e  $k_\theta = 5 \text{ kNm}^{-1} \text{ rad}^{-1}$  e tolerância de  $50\%$ , enquanto que as tolerâncias para o amortecimento e resistência, foram consideradas com  $10\%$  e  $2\%$ , respectivamente. Assim, valores de variância são encontrados e os gráficos

---

<sup>1</sup>paulo.martins@usp.br

<sup>2</sup>trindade@sc.usp.br

