

## Análise do comportamento de um aerofólio clássico sujeito a fenômenos aeroelásticos estáticos e dinâmicos

Lucas Olivo Viana<sup>1</sup>, Joao Pedro Niero<sup>2</sup>, Rafael Abrantes Penchel<sup>3</sup>, Vagner Candido de Sousa<sup>4</sup>

Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de São João da Boa Vista (FESJBV/Unesp), São João da Boa Vista, SP

Fenômenos aeroelásticos tipicamente provocam deformações estruturais que podem afetar o desempenho, a estabilidade e a segurança de uma aeronave (ou de outras estruturas sujeitas à ação de um escoamento). Entre os fenômenos estáticos mais comuns está a divergência aeroelástica, tipicamente associada à uma baixa rigidez torcional. Um fenômeno dinâmico importante (por seu caráter potencialmente destrutivo) é o *flutter*, um comportamento oscilatório instável que combina movimentos de flexão e torção [1].

A Figura 1(a) apresenta um modelo de uma seção típica (aerofólio clássico), com dois graus de liberdade (deslocamentos linear e angular). O movimento desse modelo representa, de maneira aproximada, deformações estruturais elásticas que combinam flexão e torção e que podem ser exibidas pelas superfícies aerodinâmicas de uma aeronave quando a velocidade do escoamento é elevada o suficiente e alguma perturbação ocorre. O aerofólio é considerado rígido, porém é vinculado à molas que conferem rigidez a cada um dos graus de liberdade, representando, também de maneira aproximada, a rigidez em flexão e torção de uma asa. A Figura 1(b) ilustra o movimento típico desta classe de modelos, com deslocamentos em translação e rotação combinados.

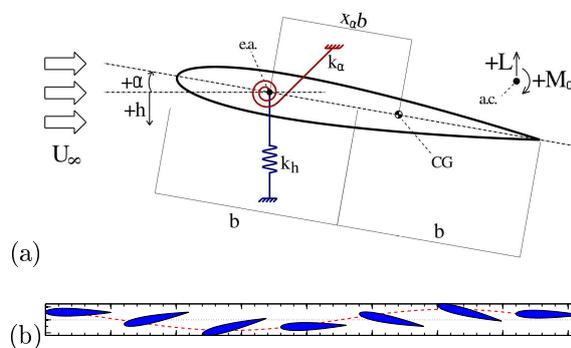


Figura 1: Modelo de uma seção aeroelástica típica com dois graus de liberdade (a). Movimento usual da seção típica (translação e rotação combinados) (b). Fonte: Sousa (2016)[2].

As equações de movimento para a seção típica da Figura 1 podem ser obtidas a partir da equação de Lagrange [2]. Para o caso particular da divergência aeroelástica (*i.e.*, falha estrutural por torção excessiva), basta uma análise dos momentos estáticos atuantes no aerofólio quando

<sup>1</sup>lucas.viana@unesp.br

<sup>2</sup>joao.niero@unesp.br

<sup>3</sup>rafael.penchel@unesp.br

<sup>4</sup>vagner.sousa@unesp.br

apenas o grau de liberdade de rotação é considerado. Dessa forma, a velocidade do escoamento na qual espera-se que a divergência ocorra é dada por,

$$U_D = \sqrt{\frac{2K}{\rho_\infty S C_{L_\alpha} (x_o - x_{ac})}}, \quad (1)$$

onde  $K$  representa a rigidez torcional,  $\rho_\infty$  a densidade do ar local,  $S$  a área do aerofólio exposta ao escoamento,  $C_{L_\alpha}$  a inclinação de uma curva de coeficiente de sustentação versus ângulo de ataque para o aerofólio sendo considerado e  $(x_o - x_{ac})$  é a distância entre um ponto de referência no corpo do aerofólio e a posição do seu centro aerodinâmico (tipicamente, próximo ao ponto de um quarto do comprimento da corda do perfil, a partir do bordo de ataque).

A Figura 2 apresenta resultados preliminares (o deslocamento angular da seção típica) para um conjunto de parâmetros aeroelásticos preestabelecidos e diferentes valores para a velocidade do escoamento. As curvas correspondem à simulações para condições idênticas, exceto para o valor da rigidez torcional do modelo (valores indicados na legenda da figura). Os parâmetros aeroelásticos foram escolhidos de maneira que o modelo resultante seja compatível com as características de um túnel de vento do tipo soprador disponível no laboratório didático de aerodinâmica e de aeroelasticidade da Unesp Câmpus de São João da Boa Vista, pois pretende-se construir um modelo experimental representativo do modelo teórico aqui discutido. Nota-se que o deslocamento angular do modelo aumenta rapidamente acima de certas velocidades (dependendo do valor da rigidez), uma indicação de que o fenômeno da divergência está se manifestando. Estudos deste tipo permitem que as características que favorecem (ou tendem a evitar) a manifestação de fenômenos aeroelásticos sejam melhor compreendidas.

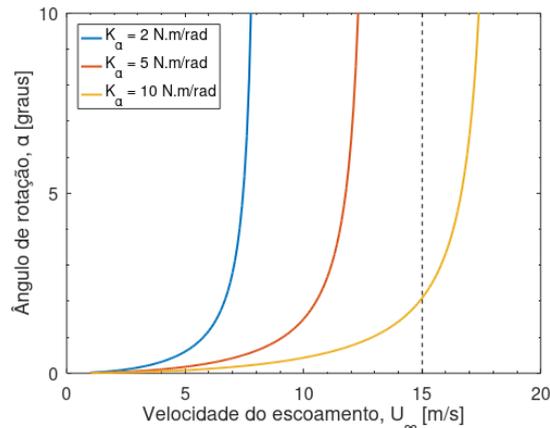


Figura 2: Ângulo de rotação do aerofólio conforme a velocidade do escoamento para diferentes parâmetros aeroelásticos.

## Referências

- [1] R L Bisplinghoff, H Ashley e R L Halfman. **Aeroelasticity**. Cambridge, Massachussets: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1955, p. 860.
- [2] V C Sousa. “Effects of superelastic shape memory springs on the aeroelastic behavior of a typical airfoil section: passive vibration attenuation and energy harvesting applications”. Ph.D. Thesis. University of São Paulo, 2016, p. 190. URL: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18148/tde-11032017-123620>.