

PROJETO E TESTE DE UM ANEMÔMETRO UTILIZANDO-SE DA CURVA CATENÁRIA PRODUZIDA PELO ESFORÇO DO VENTO EM UM CORPO ELÁSTICO

Victor Emanuel Freitas Xavier e Edson Del Rio Vieira

UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Engenharia Mecânica

Av. Brasil, 56, Bairro Centro, Caixa Postal 31, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP

E-mail para correspondência: vefxavier@aluno.feis.unesp.br

Introdução

A curva formada pela flexão de um cabo ou fio estendido submetido à ação do próprio peso é conhecida como catenária – Fig. 1. A designação catenária é atribuída a Huygens em 1690 e a altura máxima da curvatura é denominada de flecha. A equação geral de uma catenária uniforme, segundo Timoshenko & Young, (1997), é dada pela Equação (1):

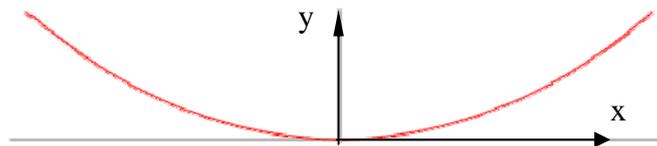


Figura 1 - Curva catenária.

$$Y = \frac{H}{q} \left(\cosh \left(\frac{qx}{H} - 1 \right) \right) \quad (1)$$

onde H é a tensão mínima que o cabo está submetido, q é a distribuição do peso do cabo por unidade de comprimento, y e x são as coordenadas da catenária. Quando y tiver seu valor máximo teremos a flecha da catenária. Ocorre que, quando um cabo ou fio encontra-se imerso em um escoamento de um fluido, a resistência aerodinâmica pode ser considerada praticamente constante ao longo do comprimento do cabo, implicando na geração de uma curva catenária uniforme. A força de arrasto por unidade de comprimento do cabo, por sua vez, pode ser considerada proporcional a velocidade do escoamento e, desse modo, a flecha gerada pela catenária será proporcional a velocidade do fluido.

O presente trabalho objetiva o estudo, em túnel aerodinâmico, da curva catenária formada pela deformação de uma fita elástica de seção transversal retangular submetida à ação de um escoamento de perfil homogêneo. Imagens da fita deformada sob a ação do escoamento formando a curva catenária são capturadas por meios digitais e processadas para obtenção da flecha. A análise dos dados obtidos permite a obtenção da correlação entre a flecha e a velocidade do escoamento.

Metodologia experimental

Os experimentos foram executados em um túnel aerodinâmico do tipo soprador, de seção de testes de $200 \times 200 \times 500$ mm, que permite a realização de ensaios com velocidades da corrente livre de até 30 m/s. Uma fita de material elástico (borracha sintética) de $195,0 \times 7,0 \times 3,0$ mm foi adequadamente presa nas paredes da seção de ensaios e, por ação da corrente de ar, deforma-se formando a curva catenária. Imagens da curva formada pela fita de borracha são capturadas para diferentes velocidades do fluxo de ar. As imagens foram coletadas com auxílio de uma câmera digital Fuji modelo Finepix S7000 com 6 Mpixels de resolução e 8 bits de profundidade de cor (256 tons de cinza) suficientes para os propósitos do presente trabalho. Devido aos efeitos da emissão periódica de vórtices a fita de borracha tende a vibrar, desse modo, objetivando minimizar esse efeito, a velocidade de obturação da câmera foi regulada para 1/15 s suficiente para obter uma imagem nítida da curvatura da fita de borracha, independente de vibrações.

A velocidade da corrente não perturbada foi determinada com auxílio de um tubo de Pitot calibrado, adequadamente posicionado a montante da fita elástica. Por sua vez, o Pitot encontra-se conectado a um manômetro de coluna inclinada utilizando-se álcool isoamílico ($\rho = 853 \text{ kg/m}^3$), também conhecido como

isopentanol, como fluido manométrico. Esse fluido caracteriza-se por apresentar uma baixa densidade relativa e baixa tensão superficial, que se mostra plenamente adequado ao emprego em manômetros de coluna inclinada para medidas de pequenos diferenciais de pressão. Adicionalmente, o fluido foi contaminado com sabão líquido para minimizar o efeito da tensão superficial na medida de pequenas variações de pressão. O tubo de Pitot, por sua vez, foi construído em aço inox, de acordo com a recomendação de Prandtl & Tietjens (1957) com apenas 3 mm de diâmetro externo e permite a determinação da velocidade livre do escoamento com um erro máximo de $\pm 1\%$.

A Figura 2, apresenta duas imagens da fita de borracha devidamente instalada no centro da seção de testes do túnel aerodinâmico. A fita de material elástico pode ser observada como um forte traço negro em contraste com o fundo cinza graduado milimetricamente. Na Figura 2(a), a velocidade do escoamento é nula e, portanto, a fita não apresenta-se deformada. Entretanto, na Figura 2(b) a velocidade do túnel foi ajustada para 16,0 m/s e a fita apresenta a formação da catenária. Da análise da imagem, pode-se, sem maiores dificuldades determinar quantitativamente o valor da flecha.

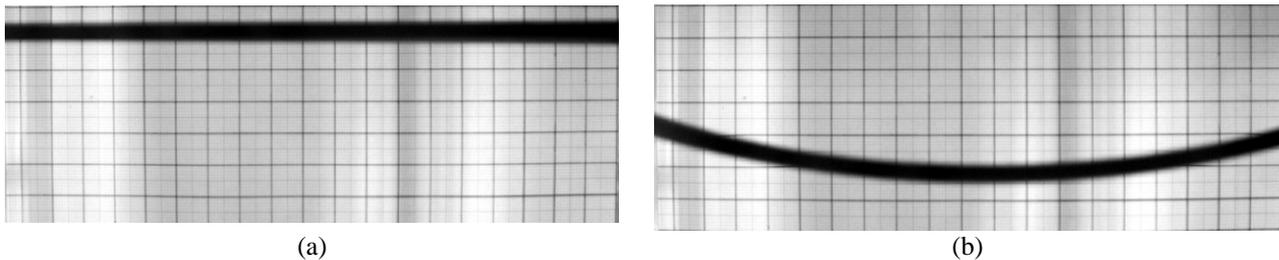


Figura 2 – (a)Fita elástica com velocidade de escoamento nula,e (b) com velocidade de escoamento de 16m/s.

Na Figura 3, a título de exemplo, é apresentado o gráfico mostrando a flecha obtida em função da velocidade do escoamento.

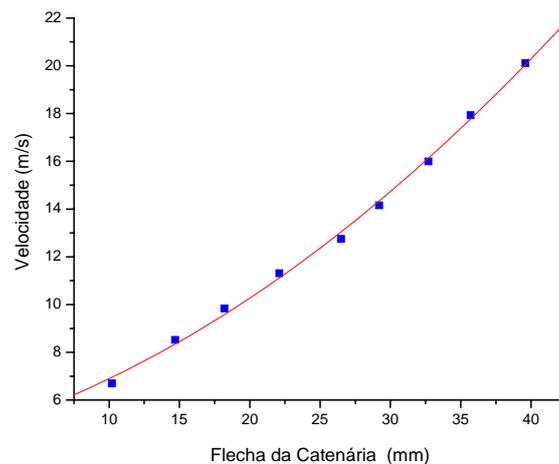


Figura 3 – Curva de calibração típica obtida da flecha da catenária em função da velocidade do escoamento.

Conclusões

Neste trabalho, a flecha gerada pela deformação de uma fita de material elástico devido à ação do escoamento é determinada em função da velocidade da corrente de ar. O valor da flecha foi obtido exclusivamente utilizando-se do processamento de imagens. Uma análise preliminar de erros acusou uma incerteza máxima de $\pm 2,5\%$. O comportamento da flecha em função da velocidade do escoamento, conforme esperado, aproxima-se significativamente de uma equação polinomial do segundo grau, conforme mostrado na Fig. 3.

Uma aplicação possível do estudo efetuado encontra-se na proposição de novos meios de medida da velocidade de escoamentos, ou seja, o conhecimento da curva que relaciona a flecha da catenária com a velocidade do ar permite a construção de novos tipos de anemômetros.

Referências Bibliográficas

- Prandtl, L.,Tietjens, G. “Applied of Hydro-and Aeromechanics”, Dover Publications, New York, 1957.
 Timoshenko, S., Young, D.H., “Mecânica Técnica”, Vol 1, L.T.C. editora S.A., pp. 187-189, 1977.