



FLUTTER EM SUPERFÍCIE AERODINÂMICA

Lucas Ferreira de Souza¹, Zedequias Cavalcanti Vieira², Luiz Henry Monkey e Silva³

RESUMO: Neste trabalho é estudado o fenômeno denominado *flutter* voltado à aerodinâmica. Isto se constitui em problema crítico enfrentado pelos projetistas de aeronaves, principalmente as projetadas para grande desempenho onde é necessário reduzir o peso e controlar as cargas aerodinâmicas (JUNIOR et al, 2007). Um exemplo de análise é verificado para uma asa modificada com objetivo de amenizar o problema causado por *flutter*. Segundo Junior et al em seu artigo “Desenho de uma vibração Experimental em um Sistema de montagem”, os parâmetros técnicos característicos foram comprovados por meio de ensaios em túnel de vento e os resultados são relatados em diagramas apropriados. O objetivo do presente estudo é explicar o fenômeno em si, quais são as causas e seus efeitos, de maneira qualitativa, mas justificada pela modelagem matemática envolvida no problema, identificando principalmente os parâmetros de controle do fenômeno. Inicialmente, são estabelecidos os principais conceitos de *flutter* em superfícies aerodinâmicas, com a finalidade de explicar o fenômeno, com base no modelo de asa, descrito em Junior et al, os ensaios feitos e os resultados, de maneira sistematizada.

PALAVRAS-CHAVE: Aerodinâmica, asa, engenharia, flutter, túnel de vento.

1 INTRODUÇÃO

Flutter é apontado como uma das maiores causas de fraturas e rompimentos repentinos de superfícies aerodinâmicas em aeronaves, principalmente na década de cinquenta, onde ainda era desconhecido. Hoje, é um dos problemas mais críticos enfrentados por projetistas de estruturas, caudas e asas das aeronaves (JUNIOR em all, 2007).

São vários os testes em túnel de vento, onde se busca resultados que tragam a certificação de segurança com habilitação em *flutter*, baseada em parâmetros técnicos tais como a velocidade crítica, ou seja, a velocidade que fica exatamente no limite entre a ocorrência de *flutter* ou não. Este fenômeno é definido como uma oscilação auto-sustenta que tende a levar à falha da estrutura poucos momentos após iniciada (TAVARES, 2009).

A rigidez da estrutura pode torná-la menos sensível a *flutter*, porém aumenta o peso da aeronave, acarretando em menor desempenho. As próprias cargas aerodinâmicas são a fonte de alimentação de *flutter*, instabilidade que possui forças elásticas e de inerciais, levando a um comportamento oscilatório auto-sustentado que

¹ Acadêmico de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário de Maringá – CESUMAR, Maringá – Paraná. lucasferdesouza@hotmail.com

² Acadêmico de Direito do Centro Universitário de Maringá – CESUMAR, Maringá – Paraná. ev_zedequiascavalcante@hotmail.com

³ Orientador Professor Doutor do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário de Maringá – CESUMAR, Maringá – Paraná. luiz.silva@cesumar.br

tende a se amplificar cada vez mais, e assim, ocasionar a falha da superfície aerodinâmica. Essas superfícies normalmente são: caudas e asas, onde são submetidas a cargas aerodinâmicas muito maiores do que outras superfícies da aeronave (PIO em all, 2009).

Os engenheiros ao projetar devem ter uma visão ampla e precisa de todas as questões envolvidas pelo projeto em elaboração, (Niemann, G. p. 3, v. 1, 10 ed, 2006). *Flutter* é um problema ainda em pesquisa que desafia os projetistas de aeronaves, como foi dito antes, principalmente das de elevado desempenho. Portanto a contribuição do presente estudo é de conhecer e divulgar fenômenos relevantes que ocorrem em tecnologias avançadas com a finalidade precípua de levantar os principais parâmetros de controle que podem garantir o bom comportamento de dispositivos e elementos construtivos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa emprega uma de revisão bibliográfica pormenorizada feita a partir de artigos indexados nos sites de divulgação de trabalhos acadêmicos como *Google acadêmico*, *Capes* e *Scielo*. Muitos artigos receberam tradução, sendo os termos técnicos devidamente mantidos na língua original, quando não há normalização ou aceite generalizado pela comunidade científica nacional.

Os artigos indexados são recentes e trazem exemplos engenhosos de *flutter*, como dito antes, sendo estes voltados para título de mestrado, seguidos de informações de todos os seus componentes envolvidos em sua identificação, além de tabelas e diagramas que ajudam a entender melhor este fenômeno, facilitando a organização dos dados, de acordo com a orientação do Professor Doutor Henry Silva.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente projeto está em andamento e os resultados ainda são parciais. De acordo com o problema da pesquisa, até o momento foram encontrados diversos exemplos, mostrando que *flutter* pode ser amenizado de diversas maneiras na aerodinâmica (JUNIOR em all, 2007). Além disso, o fenômeno pode ser iniciado quando a aeronave atinge uma velocidade crítica, entrando em vibração instável, isto é, com amplitude que aumenta cada vez mais, alimentada pela própria carga aerodinâmica, até ocasionar a falha da peça ou superfície da aeronave (TAVARES, 2009).

A seguir, apresenta-se um exemplo, segundo Carlos De Marqui Junior e all, em seu artigo *Desenho de uma vibração Experimental em um Sistema de montagem, de estrutura testada em túnel de vento e seus respectivos resultados*:

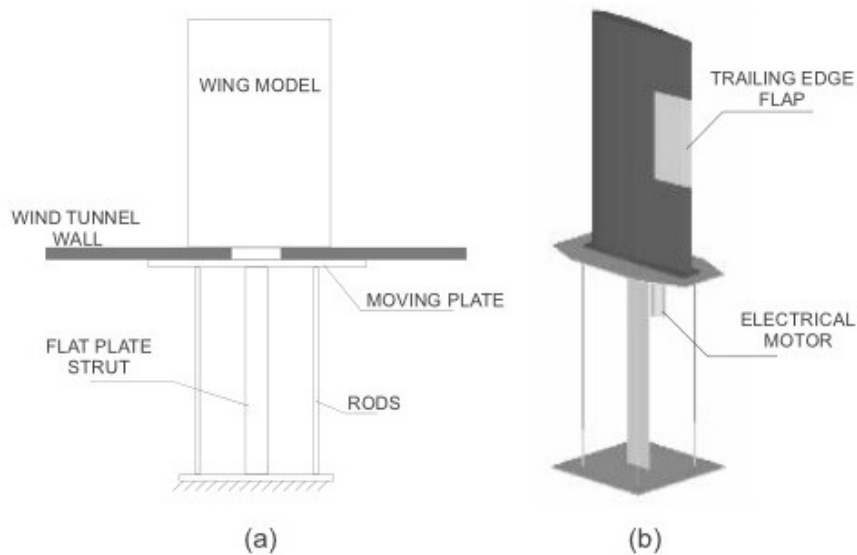


Figura 1: Modelo de asa

Fonte: “Design of an Experimental Flutter Mount System” de JUNIOR

Tabela 1: Resultado do túnel de vento

Mode	Frequency (Hz)	Description
1	1.3	First bending
2	2.1	First torsion
3	13.6	Second bending
4	15.5	First chordwise bending

Fonte: “Design of an Experimental Flutter Mount System” de JUNIOR

Tabela 2: Resultado do túnel de vento 2 (retirado de: “Design of an Experimental Flutter Mount System” de JUNIOR).

K_{plunge} (N/m)	K_{pitch} (Nm/rad)
1290	44

Fonte: “Design of an Experimental Flutter Mount System” de JUNIOR

No “Modelo de asa” (figura 1) nota-se o sistema que consiste em uma placa móvel (*moving plate*) apoiada por um sistema de quatro hastes circulares (*rods*) e uma chapa plana de estrutura centrada (*flat plate strut*). Essas hastes (*rods*) e a placa plana (*flat plate strut*) abastecem as restrições elásticas do sistema, sendo que, a asa rígida fixa (*wing model ou rigid wing model*) na placa móvel irá oscilar em dois graus quando encontrar o *flutter*. Todas as peças são feitas de aço. As dimensões são: *rods* 0.0055m de diâmetro; *moving plate* é 0.6 × 0.3 m; *flat-plate* é 0.7 × 0.1 × 0.002 m e a *wing model* correspondente a seção de aerofólios NACA0012 com 0.8 × 0.45 m .

O sistema com ambiente desprovido de vento tem o *flutter* determinado pelas dimensões da placa plana (*plate-plate*), as hastes (*rods*), a massa da placa móvel (*moving plate*) e o modelo da asa.

Na tabela 1, tem-se: *first bending* (flexão) e *first torsion* (torção) são os modos de vibração envolvidos no mecanismo de *flutter* para este sistema. K_{plunge} é a *first torsion* ou torção e K_{pitch} é a *first bending* ou flexão, encontrados na tabela 2 (JUNIOR em all, 2007).

No experimento, a velocidade adquirida é cerca de 20 m/s, sendo que a vazão máxima do laboratório de aerodinâmica na EESC-USP é de 50 m/s, ou seja, melhor dizendo, os dados comprovam que o fenômeno de *flutter* pode ocorrer neste túnel de vento (JUNIOR em all, 2007).

4 CONCLUSÃO

Pode se entender que *flutter* pode ser testado de forma segura em um túnel de vento de para prever falhas na estrutura. Os testes em túneis de vento ainda tem um custo bastante alto, porém a certificação de segurança é necessária para qualquer aeronave. O modelo de asa projetado atinge uma velocidade crítica de aproximadamente 20 m/s, ou seja, ao atingir 20 m/s, pode iniciar uma instabilidade originando *flutter*. Se esta asa tivesse maior rigidez, certamente teria proporcionalmente maior peso, prejudicando assim o desempenho do conjunto inteiro (TAVARES, 2009), o que não interessante para alguns projetos.

Dependendo da rigidez da asa, o teste neste túnel de vento seria impossível por causa das limitações do mesmo, pois, sua velocidade máxima chega a 50 m/s. No caso desta asa pode-se ter os resultados sem problema algum.

REFERÊNCIAS

JUNIOR, Carlos De Marqui; REBOLHO, Daniela C.; BELO, Eduardo M.; MARQUES, Flávio D.; TSUNAKI, Roberto H. Design of an Experimental Flutter Mount System. Universidade de São Paulo – USP. Escola de Engenharia de São Carlos. Volume 29, numero 3, Julho a Setembro, 2007.

PIO, Raphael Milhorini; NEGRÃO, Roberto Garcia; GÓES, Luiz Carlos Sandoval. Determinação do coeficiente de amortecimento supressão de flutter de um atuador usando otimização multiobjetivo. De 14 de Setembro até 16 de Setembro de 2009. Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA. São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

TAVARES, Eduardo Jesus. Modelo Experimental para Ensaios de Flutter de uma Seção Típica Aeroelástica. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Orientação: Professor Doutor Carlos de Marqui Júnior. São Paulo, Brasil. 2009.

NIEMANN, Gustav. Elementos de Máquinas. Tradutores, LANGENDONCK, Carlos Van, REHDER, O. A. Edgard Blücher, 10 ed. v.1, São Paulo, 2006.