

MODELAGEM E ANÁLISE DE JUNÇÃO ASA-FUSELAGEM: APLICAÇÃO NA AERONAVE EXPERIMENTAL VULTURE.

B. C. D. Almeida¹;

1- Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos – SP "FATEC Prof. Jessen Vidal",
Avenida Cesare Mansueto Giulio Lattes, S/Nº, Eugênio de Melo – cep:12247-014 - São
José dos Campos – SP - Brasil
Telefone: (12) 98858-3431 Email: brenno.almeida@embraer.com.br

RESUMO: Devido ao aumento constante da necessidade de se desenvolver novas geometrias e de se prever a resistência dos componentes no projeto de estruturas aeronáuticas, com o objetivo de se elaborar peças cada vez mais resistentes e mais leves e por conta da necessidade do desenvolvimento de grandes projetos e de grandes aviões, a indústria aeronáutica tem adotado a estratégia de realizar a modelagem e análise dos componentes por meio de softwares específicos e contando com uma equipe técnica qualificada de projeto e engenharia, para que posteriormente seja feita a fabricação e ensaios físicos destes componentes quando necessário. Este trabalho tem como objetivo descrever todo o processo de modelagem, definição de propriedades, definição de requisitos e análise de esforços estruturais por meio do método de elementos finitos. Nele é analisado uma junção asa-fuselagem da aeronave Vulture, com enfoque nos pinos de junção, utilizando softwares específicos para essas aplicações.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto de estruturas aeronáuticas; Método de elementos finitos; Modelagem; Análise; Softwares.

ABSTRACT: Due to the increasing need of developing new geometries and to predict the strength of components in aircraft structures design; in order to develop stronger and lighter components; because of the necessity of developing large projects and large aircrafts, aeronautics industry has adopted the strategy to perform modeling and analysis of components by using specific softwares and with the participation of a qualified design and engineering team, so later on these components will be manufactured and, when necessary, submitted to physical tests. This paper aims to describe the modeling process, properties and requirements definition and structural analysis by using finite element method. It is herein analyzed a wing-to-fuselage joint of Vulture aircraft, focusing on joint pins, by using specific softwares for these applications.

KEYWORDS: Design of aircraft structures; Finite element method; Modeling; Analysis; Software.

1. INTRODUÇÃO.

O projeto de junções é uma das áreas mais críticas em estruturas aeronáuticas, principalmente quando é considerada a fadiga ao longo de toda a vida da estrutura, por conta das cargas que são incididas na aeronave. Nas asas estão concentradas praticamente todas as forças atuantes na estrutura de um avião, conforme mostra a Figura 1. Além de serem responsáveis pela

força de sustentação, estas também estão submetidas às forças de reação causadas pelo peso e pelo empuxo. Em solo, além das forças presentes durante o voo, a estrutura das asas também sofre esforços mecânicos causados pelo peso próprio e pelo contato com o solo.

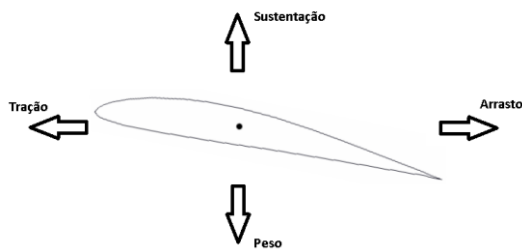


Figura 1. Principais forças incididas em uma asa

Por meio dos cálculos estruturais efetuados é possível escolher a geometria das peças para resistir aos esforços atuantes em toda a estrutura. A partir de então são dimensionados os pontos onde as forças agem com maior intensidade e os locais onde devem ser feitas aplicações de material de maior resistência ou maior quantidade. Duas situações de cargas devem ser consideradas para validação dos cálculos efetuados, uma que leva em conta os esforços em voo e outra que leve em conta as forças em solo.

Tendo em vista que a asa é uma estrutura mecânica, é possível prever o seu comportamento em função das cargas aplicadas. Em uma visão simplificada a asa é uma viga em balanço engastada em sua raiz, com uma força aplicada em sua extremidade.

Existem basicamente três tipos de projeto de junção de asa fixa, discutido na Tabela 1:

Junção	Vantagens	Desvantagens
Juntas de cisalhamento	Amplamente utilizados por serem mais leves, tolerantes ao dano e de grande confiabilidade.	Custo ligeiramente superior, maior dificuldade de montagem.
Juntas por pinos de tração	Maior facilidade de montagem.	Maior peso se comparados as juntas de cisalhamento.
Juntas por olhais ou tipo <i>Lug</i>	Maior facilidade de montagem (ainda mais fácil que nas juntas de tração).	Maior peso se comparados as juntas de cisalhamento.
Combinação juntas de cisalhamento e juntas de tração.	Melhor razão custo/benefício. Utilizam o melhor conceito em cada região.	Mais complexas no ponto de vista de montagem.

Tabela 1. Tipos de junção de asa

O Método dos Elementos Finitos (MEF) é uma ferramenta de análise matemática que consiste na discretização de um meio contínuo em pequenos elementos, mantendo-se as mesmas propriedades do meio original, com o objetivo de simplificar o cálculo de fenômenos físicos complexos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Decidiu-se utilizar o projeto do PEE (Programa de Especialização em Engenharia) Vulture para realizar uma análise de elementos finitos na junção asa fuselagem.

Com a aeronave já definida, foi dado início a realização dos estudos, bem como às discussões das informações de projeto, para a tomada de decisões iniciais importantes como: quais componentes seriam modelados, como seria feita a análise e quais os resultados esperados inicialmente.

Com base nos estudos realizados a conclusão foi de que a junção e o pino a serem modelados e analisados deveriam ser do tipo *lug*, conforme mostra a figura 2. Esta definição teve embasamento em estudos realizados pela equipe do PEE com profissionais de manutenção e pilotos.

Constatou-se então que em razão de buscar uma proposta de valor para o cliente incluindo versatilidade e disponibilidade, a equipe decidiu que uma conexão tipo *lug* seria a melhor solução, capaz de atender as necessidades do mercado. Portanto foi mantido essa definição para o início da análise.

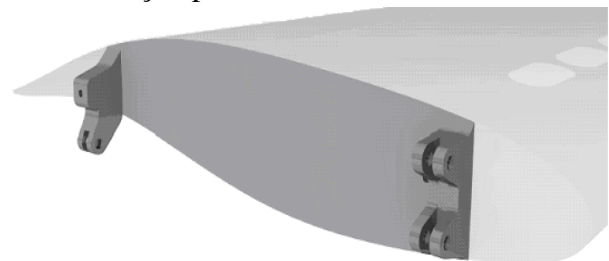


Figura 2. Junção do tipo lug

As *Lugs* são componentes estruturais que tem o objetivo de alojar os pinos de junção e fixar a asa ao *Stub*, no conjunto de junção asa fuselagem possui dois tipos de *Lugs*: dianteira com alojamento para dois pinos e traseira com alojamento de um pino.

Para a fixação das asas ao *stub* foi necessário projetar os pinos de junção asa-fuselagem, conforme a Figura 3, desde sua geometria, tolerância, modelamento, definição de material, cálculo de resistência, proporções, detalhamento e acabamento.

Para auxiliar no projeto foi utilizado o software de modelamento em 3D CATIA V5 da *Dassault Systemes* e uma base de dados remota para armazenagem dos modelos. O projeto foi realizado em contexto, ou seja, a partir das delimitações de publicações da *lug*, da asa e do *stub*.

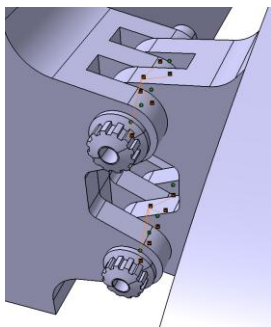


Figura 3. Junção modelada

Como o pino de junção irá trabalhar em cisalhamento e fadiga foi necessário utilizar um material de alta resistência. Portanto foi definido para a peça o Aço 15-5PH da classe para utilização em elementos de máquina.

Foi determinado para o projeto o tratamento térmico pelo processo de nitretação, na maioria dos casos o processo de nitretação causa um aumento de dureza, conforme a Figura 4, acompanhado do decréscimo da resistência à corrosão. Porém, uma vez que com nitrogênio em solução é possível melhorar a resistência à corrosão deste tipo de aço, espera-se que um tratamento de solubilização após a nitretação traga ganhos nesta característica, bem como nas propriedades mecânicas deste material.

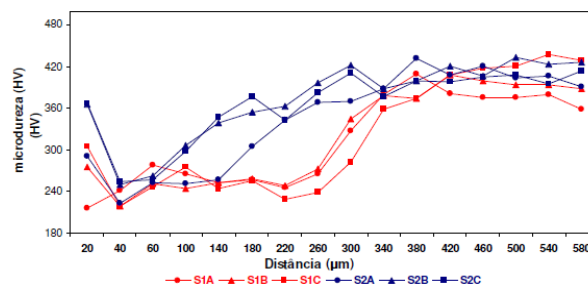


Figura 4. Dureza pós nitretação

O pino foi especificado para realizar montagem com folga, por conta do requisito do projeto de realizar a manutenção rápida e prática através da desmontagem das asas quando necessário. A tolerância do pino definida para atender estas condições será de -0,41 a -0,20 mm e no furo será de 0,00 a +0,21 mm, conforme a ilustração da Figura

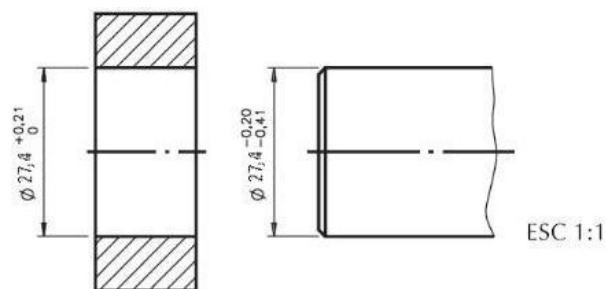


Figura 5. Tolerância de montagem

As cargas da asa que foram aplicadas na análise foram as de VD e nmax e estão especificadas em três condições: cargas simétricas, cargas assimétricas e cargas na manobra de rolagem.

As malhas demonstradas na Figura 6, interferem diretamente na precisão do resultado da análise de elementos finitos, portanto é necessário definir a dimensão de cada uma delas e realizar um refino em locais críticos e necessários.

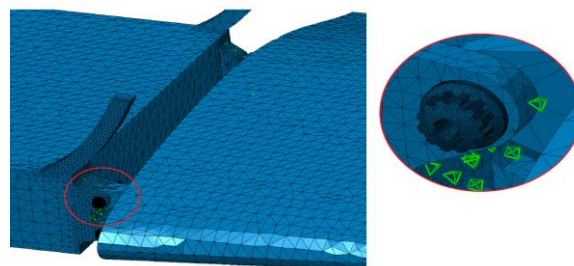


Figura 6. Refinamento das malhas

3. RESULTADO

Após a realização da modelagem e análise foram obtidos resultados gráficos e visuais de diferentes visões, estes resultados estão expostos a seguir:

No resultado inicial foi possível observar a deformação a partir das malhas determinadas e refinadas, a Figura 7 demonstra a deformação:

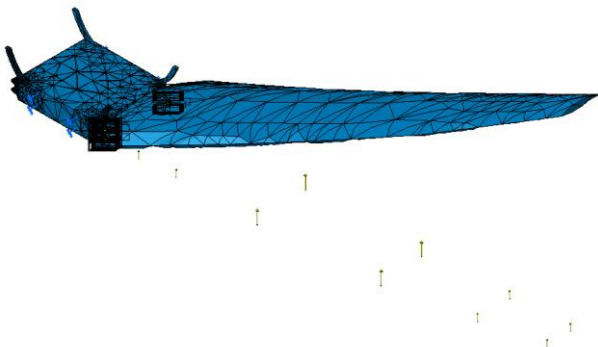


Figura 7. Malhas deformando

Na Figura 8 é possível observar o resultado da análise de estresse do deslocamento de translação, em mm:

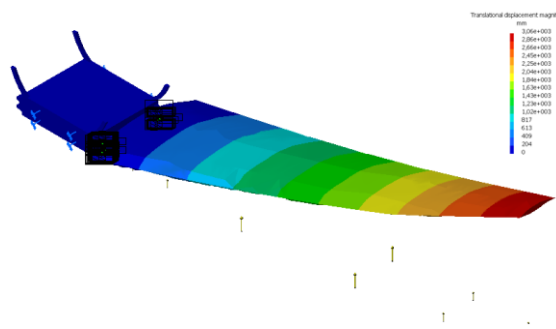


Figura 8. Estresse do deslocamento de translação

Para ser possível observar o caso em que estrutura falharia, foi realizado um acréscimo no fator de amplificação de magnitude. O resultado pode ser observado na Figura 9:

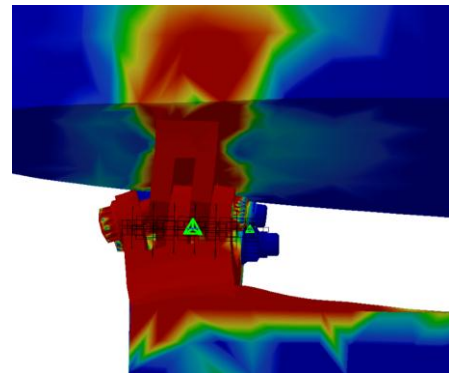


Figura 9. Simulação de falha

3. CONCLUSAO

Através do estudo de caso da junção asa-fuselagem da aeronave Vulture foi possível realizar a modelagem e a análise de elementos finitos com sucesso, o que demonstrou que a estrutura projetada suporta as cargas aplicadas em voo, pois a tensão máxima de Von Mises obtida foi menor que a tensão admissível do material.

4. REFERENCIAS

NIU M. C. Y. Airframe Structural Design, 1988.

LOTTI - Aplicabilidade Científica Dos Elementos Finitos, 2006.

5. AGRADECIMENTOS

Aos Professores Alexandre Zaramella, Eduardo Jardim Raad e Marcos Vinicius do Nascimento pelo auxílio neste trabalho.

Ao professor Paulo Lourenção, ao Engenheiro Antônio Carlos Bassani e aos engenheiros do programa PEE criadores da aeronave Vulture, por disponibilizar o projeto para o desenvolvimento do meu trabalho.

Aos docentes, pelos ensinamentos transmitidos.

A todos os colegas que estiveram nesse objetivo.