

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UMA AERONAVE INSTÁVEL POR MEIO DE MECÂNICA DOS FLUIDOS COMPUTACIONAIS

RENATO H. M. SOUZA¹, NATANAEL C. PEREIRA²

¹ Graduando em Tecnologia de Manutenção de Aeronaves, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus São Carlos, renato.sousa@aluno.ifsp.edu.br.

² Professor da Área da Indústria, Orientador, IFSP, Câmpus São Carlos, natanael@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.12.02.02-0 Estabilidade e Controle

Apresentado no

10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP ou no 4º Congresso de Pós-Graduação do IFSP

27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

RESUMO: Este trabalho propõe a análise de desempenho e, de acordo com os resultados obtidos, o aprimoramento de um modelo de aeronave com enflechamento e canard por meio de ferramenta de Mecânica dos Fluidos Computacional. A escolha de um modelo com enflechamento negativo e canard se deve a sua característica de possuir margem estática negativa, e, portanto, uma instabilidade dinâmica e grande manobrabilidade no eixo latero-direcional. Essas características são muito interessantes pois o modelo proposto, resultante deste projeto, será um Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) sendo construído para ser utilizado em ensaios e testes de sistemas de controle de voo com técnicas de controle não-convencionais o que exige uma configuração instável e manobrável. Neste projeto serão estudadas a geometria da fuselagem e da asa, os aerofólios das asas, canard e leme bem como a interação e influência do canard sobre a asa que tende a ter uma influência importante na aerodinâmica da aeronave.

PALAVRAS-CHAVE: Mecânica dos Fluidos Computacionais; VANT; asa com enflechamento negativo; canard.

PERFORMANCE ANALYSIS OF AN UNSTABLE AIRCRAFT THROUGH COMPUTER FLUID DYNAMICS

ABSTRACT: This work proposes the performance analysis and, according to the obtained results, the improvement of an aircraft model with forward swept wing and canard through a Computational Fluid Dynamics (CFD) tool. The choice of a aircraft model with forward swept wing and canard is due to its characteristic of having negative static margin, and therefore a dynamic instability and great maneuverability in the lateral-directional axis. These features are very interesting because the proposed model, resulting from this project, will be an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) being built to be used in tests of flight control systems with unconventional control techniques, which requires an unstable and maneuverable configuration. In this project will be studied the fuselage and wing geometry, the wing, canard and rudder airfoils as well as the interaction and influence of the canard on the wing which tends to have an important influence on the aerodynamics of the aircraft..

KEYWORDS: Computational Fluid Dynamics; UAV; forward swept wing; canard.

INTRODUÇÃO

Para o desenvolvimento de pesquisas em sistemas de controle de alto desempenho com utilização de técnicas de controle não-convencionais é muito importante a escolha da configuração do modelo. Uma das configurações que exigem alto desempenho dos controles são aeronaves com margem

estática relaxada o que torna a aeronave instável exigindo um sistema controle automático sem o qual não é possível o voo controlado.

Uma configuração bastante interessante utiliza asas com enflechamento negativo que torna a aeronave instável mas aumenta bastante a manobrabilidade da aeronave. Elas recebem esta designação devido ao ângulo no bordo de ataque, sendo enflechamento positivo quando o ângulo de enflechamento no bordo de ataque é positivo e, da mesma forma, negativo quando este ângulo é negativo.

Uma vantagem importante da asa com enflechamento negativo é o fato da separação do escoamento ocorrer da raiz para a ponta, permitindo que o escoamento continue colado na ponta, mantendo a efetividade dos ailerões em altos ângulos de ataque. Nesta situação, a asa com enflechamento positivo sofre uma degradação no controle lateral pelo fato do escoamento separar primeiro na ponta da asa. A Figura apresenta um estudo numérico, realizado na ENSEEIHT (2002) utilizando o programa de dinâmica dos fluidos computacionais, Fluent 5.7, onde é feita a comparação do estol com uma mesma asa de enflechamento positivo e negativo. O estudo resultou na demonstração do fenômeno, em altos ângulos de ataque (α), como no exemplo a 35° , que na região da ponta da asa que possui enflechamento negativo ainda não ocorreu o descolamento total do escoamento na ponta, onde estariam os ailerões.

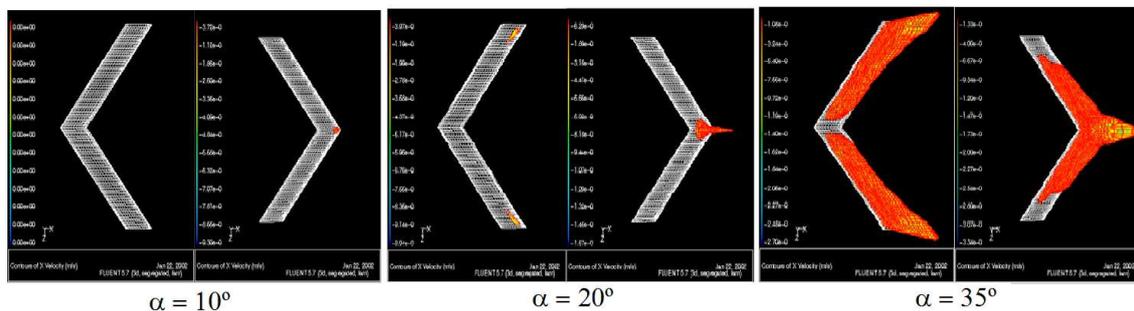


Figura 1- Comparação do estol entre uma asa com enflechamento Positivo (à esquerda) e Negativo (à direita). (ENSEEIHT, 2002).

MATERIAL E MÉTODOS

Dinâmica dos Fluidos Computacional (*Computational Fluid Dynamics, CFD*), é a análise de sistemas envolvendo escoamento de fluidos, transferência de calor e fenômenos associados como reações químicas por meio de uma simulação computacional (Versteeg e Malalasekera, 2007). A técnica abrange uma grande variedade de aplicações industriais e não industriais, dentre as quais se encontra o projeto de motores de combustão interna. No sentido genérico da expressão, qualquer cálculo de escoamento de fluidos utilizando um computador é uma aplicação de CFD.

A geração de malhas é por vezes considerada a parte mais importante e que mais tempo consome no processo global de uma simulação numérica. A qualidade da malha computacional, juntamente com o método numérico usado no cálculo, condiciona diretamente a qualidade da solução. Adicionalmente, o próprio cálculo associado ao método numérico será tão mais robusto e eficiente quanto melhor for a qualidade da malha.

A escolha do tipo de malha a ser utilizada é um problema muito específico, dependendo de inúmeros fatores, entre os quais se destacam:

- Complexidade da geometria: as malhas não estruturadas têm uma melhor capacidade de ajuste a geometrias mais complexas, demorando, inclusivamente, menos tempo na sua construção.
- Precisão: para um simples problema, tal como o escoamento sobre um perfil alar ou uma asa isolada, as malhas estruturadas permitem, geralmente, cálculos mais precisos. No entanto, para escoamentos mais complexos, o uso de malhas adaptativas não estruturadas pode permitir a obtenção de melhores soluções.
- Custos computacionais: os cálculos em malhas estruturadas, normalmente, demoram menos tempo, pois nestas malhas a informação a armazenar é significativamente menor do que nas malhas não estruturadas, sendo neste caso necessário estabelecer, para cada ponto, uma matriz de conectividade onde estão registadas as posições de todos os pontos vizinhos. Numa malha estruturada isto não acontece, pois, a posição relativa de pontos vizinhos é idêntica para todos os pontos.

O modelo utilizado mostrado na Figura 2 foi projetado a partir de um modelo em escala em relação aos dados da aeronave X-29 e foram redesenhados o nariz, a empenagem e alterado o aerofólio das asas. Por esta razão este projeto irá estudar em ferramenta de CFD o nariz, a interação canard-asa e a empenagem e principalmente, obter as derivadas de estabilidade do modelo. Foi projetado a partir dos dados geométricos em escala em relação ao X-29 e foi simplificado no nariz e na empenagem. Por esta razão este projeto irá estudar em ferramenta de CFD o nariz, a interação canard-asa e a empenagem.



Figura 2- Vistas do modelo de aeronave

Neste trabalho foi utilizado o CFX[®] que é um software de CFD integrado, no qual é possível construir a geometria, fazer a malha numérica, ajustar os parâmetros da simulação, resolver e analisar posteriormente, sendo utilizado para a simulação de diversos tipos de escoamentos.

O pacote computacional CFX é composto basicamente de quatro programas, que são:

- O CFX-Build, para a construção das geometrias e da malha numérica;
- O CFX-Pre, para o ajuste dos parâmetros de simulação;
- O CFX-Solver, para a obtenção dos resultados, que podem ser obtidos utilizando um ou vários processadores, isto é, pode ser utilizado em cluster;
- E o CFX-Post, que é o programa para a análise dos resultados, que processa e apresenta os dados graficamente, podendo o usuário, criar diferentes tipos de imagens gráficas, para melhor análise dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos a partir de simulações se utilizando da do ANSYS 17.2. O modelo apresentado no capítulo anterior foi importado para o CFX conforme apresentado na Figura 3. Para a elaboração da malha foi utilizado o ICEM CFD e conforme já mencionado neste trabalho esse é um passo de extrema importância para a obtenção do resultado desejado e leva um tempo considerável dentro de todo o processo para sua realização. Nesta mesma figura podemos observar a malha que possui um refinamento maior na proximidade do modelo para se conseguir captar os efeitos próximo à superfície e principalmente os que ocorrem na camada limite.

Ressaltamos também que é importante a definição do domínio onde o modelo será ensaiado computacionalmente. Se estivéssemos em um ambiente real como, por exemplo, um túnel de vento teríamos as dimensões do mesmo como parâmetro de domínio. Como estamos em um ambiente computacional podemos estimar valores bem maiores pois não temos limitação de tamanho e assim, evitamos qualquer efeito de retorno da fronteira. Entretanto, mesmo nas regiões distantes do modelo precisamos definir uma malha computacional que, mesmo sendo mais “grosseira”, consome custo computacional. Portanto, é utilizado uma fronteira de 20 a 30 vezes o valor das dimensões do modelo e esses valores são convencionados a partir das experiências dos pesquisadores e desenvolvedores em

CFD. Nas simulações foi utilizada a velocidade de 50 m/s para que se possa comparar, futuramente, os resultados desta simulação com resultados do túnel de vento.

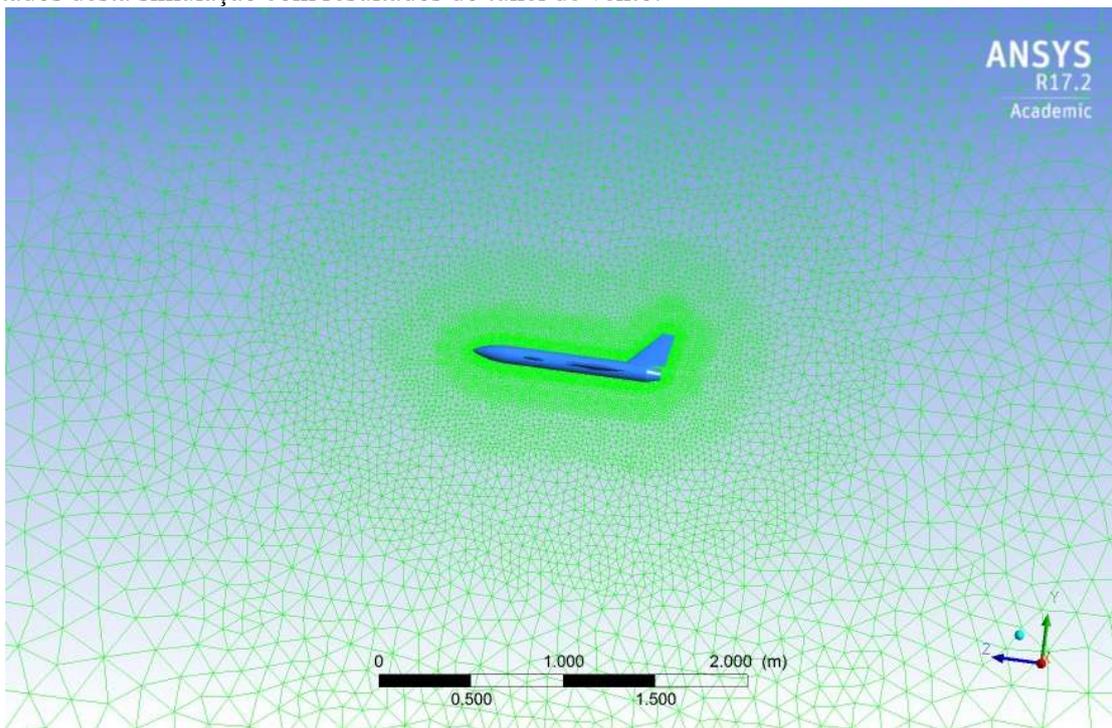
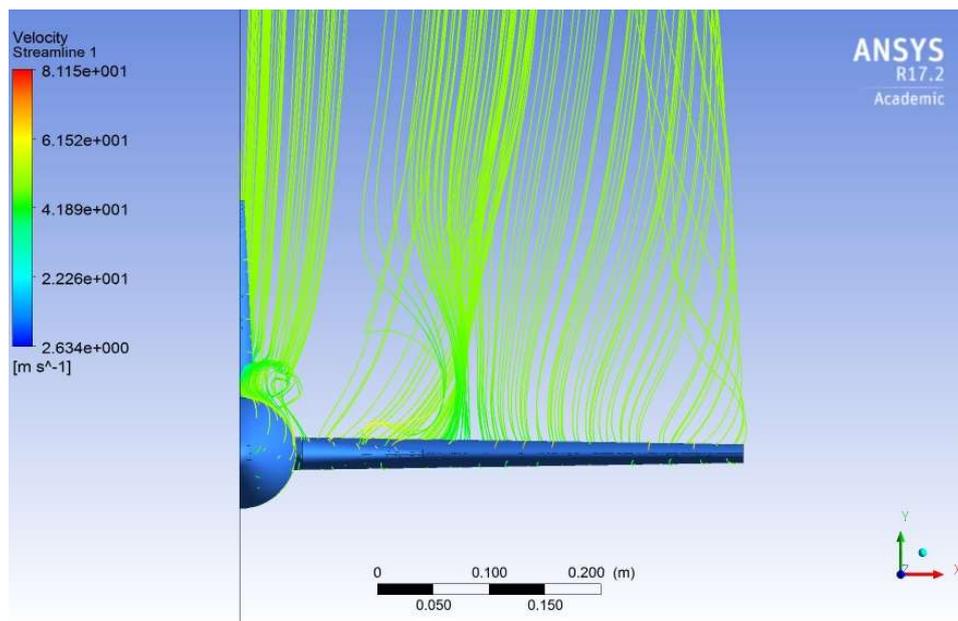


Figura 3 – Vista lateral do Modelo no CFX

O principal objetivo da simulação é observar se existe acoplamento entre o canard e a asa, pois conforme descrito anteriormente, o grande benefício da configuração com canard e asa com enflechamento negativa é a interação canard-asa que, quando ocorre, causa atraso na separação do escoamento na raiz da asa. Entretanto, a distância entre o canard e a asa pode ser grande a ponto de não gerar esse efeito e ainda pode ocasionar fenômenos aerodinâmicos que degradem a eficiência aerodinâmica da configuração.

Podemos observar na Figura 4 que existe a formação de um vórtice acima na fuselagem, mas não existe o vórtice na raiz da asa. Esse efeito é bastante satisfatório pois permite que a aeronave opere



em altos ângulo de ataque sem sofrer estol na raiz mantendo a força de controle nos comandos das superfícies de controle na raiz da asa.

Figura 4 – Visualização do perfil de velocidades

Na Figura 5 podemos observar ainda mais claramente o efeito da interação do canard com a asa pois a raiz da asa está com o escoamento “colado” não apresentando perspectiva de estol em nenhuma região da aeronave. É importante ressaltar que nessa simulação estamos com ângulo de ataque de 15°

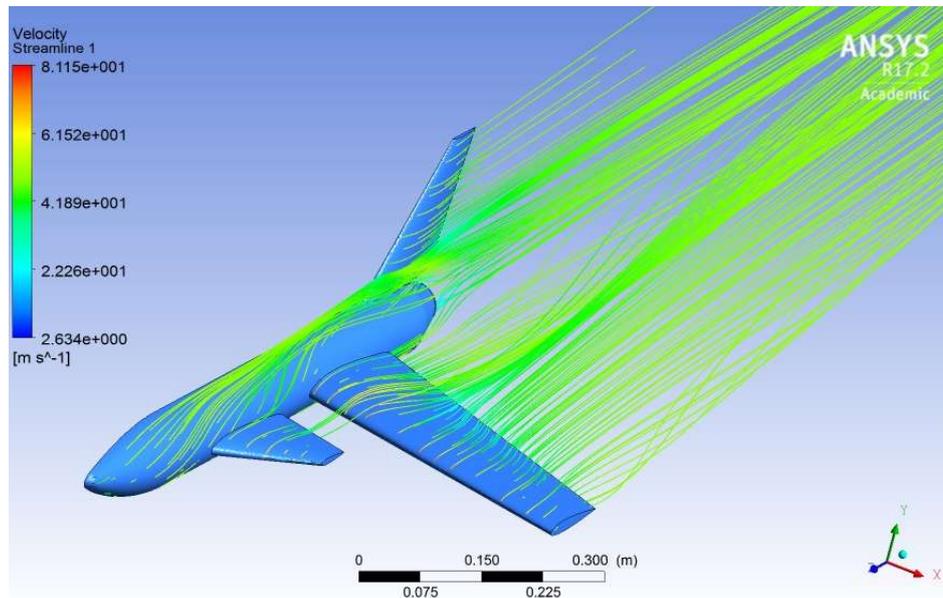


Figura 5 – Linhas de Fluxo, ângulo de ataque 15°

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou os primeiros resultados obtidos com a utilização da ferramenta CFD CFX® obtendo-se os perfis de velocidade.

O modelo proposto com enflechamento negativo e canard possui as características de estabilidade desejadas, sendo um modelo bastante interessante para o desenvolvimento de sistemas de aumento de estabilidade.

Atrás das análises em CFD também foi possível se analisar as características do canard e principalmente a interação canard-asa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFSP pelo apoio disponibilizado por meio da concessão de bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

ENSEEIH (2002), Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique, d'Electronique, d'Informatique, d'Hydraulique et des Télécommunications, Pagina eletrônica: disponível em: <http://www.enseeiht.fr/hmf/travaux/CD0102/optmfn/micp/reports/s17afsw/report/index.htm>. Acesso em: 13 nov. 2004.

VERSTEEG, H.K. and MALALASEKERA, W., “An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method”, Second Edition, Pearson Prentice Hall, Harlow, 2007.