ESTUDO DE MODELO DE HÉLICE PARA O GRUPO MOTOPROPULSOR ELÉTRICO DE AEROMODELOS SAE-BRASIL

Otávio Peixoto Cardozo (PIBIC/FA/UEM), Júlio César Dainezi de Oliveira (Orientador). E-mail: ra139407@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia - CTC, Maringá, PR. Fonte Arial 12, normal, centralizado, espaço simples

Área e subárea do conhecimento: Engenharias / Engenharia Mecânica / Mecânica dos Fluidos.

Palavras-chave: Hélices aeronáuticas; Modelagem 3D; Mecânica dos fluidos.

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados da concepção geométrica de uma hélice e do dimensionamento do seu cubo de fixação para o grupo motopropulsor elétrico de aeromodelos da competição SAE Brasil. A definição das estações da pá baseou-se em um algoritmo computacional fundamentado na Teoria do Elemento de Pá associada à Teoria do Momentum (BEMT) e no método de otimização de Larrabee. A partir das variáveis operacionais de entrada, o algoritmo forneceu a distribuição radial de corda e ângulo de torção, permitindo a modelagem CAD 3D das pás e a estruturação mecânica do cubo de acoplamento ao eixo do motor. Atualmente, o estudo avançou para a estruturação do domínio fluido no *software* ANSYS Fluent, visando simulações via Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD) com o modelo de turbulência □ – □ SST e abordagem MRF (*Moving Reference Frame*). Como resultados, obtiveram-se as tabelas dimensionais das estações da hélice, as especificações geométricas do cubo e os modelos tridimensionais finalizados, demonstrando viabilidade geométrica e perfeita integração mecânica. Conclui-se que a geometria sintetizada apresenta continuidade e integridade tensional e dimensional adequadas para a etapa de validação numérico-computacional.

INTRODUÇÃO

O desempenho propulsivo em aeromodelos de competição, como os projetados para a SAE Brasil AeroDesign, depende majoritariamente da eficiência do grupo motopropulsor elétrico. A hélice é o elemento responsável por converter a potência de eixo em empuxo útil, demandando um projeto geométrico otimizado para mitigar perdas aerodinâmicas e vórtices de ponta. O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento geométrico do modelo de uma hélice e o dimensionamento do seu cubo de fixação, detalhando o funcionamento do algoritmo de geração das estações da pá e apresentando os dados concretos obtidos. Além disso, estabelece-se a metodologia de preparação para as análises computacionais via CFD no *software*

ANSYS Fluent, visando a obtenção das curvas características de tração e torque antes da fabricação em projetos futuros.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do trabalho dividiu-se na formulação do algoritmo de síntese da hélice, modelagem CAD do cubo e estruturação da malha computacional para simulação fluidodinâmica.

Formulação e Funcionamento do Algoritmo

Para a definição geométrica da hélice, implementou-se um algoritmo fundamentado na Teoria do Elemento de Pá e Momentum (BEMT). Para comparar estratégias de projeto, formularam-se dois modelos: O modelo 1 (Tração Máxima**)** utiliza a formulação clássica de Larrabee para mínimas perdas induzidas, focando em obter a maior tração possível (T) para a rotação de projeto. No modelo 2 (Otimização Torque/Tração) introduziu-se uma alteração na função de otimização do algoritmo. Em vez de focar isoladamente no empuxo, incorporou-se um fator de penalização ao torque resistivo aerodinâmico (Q). O algoritmo recalcula a distribuição de cordas e ângulos de torção com o objetivo de minimizar a razão Q/T, otimizando o consumo elétrico e a eficiência propulsiva global sob restrição de corrente máxima do *Electronic Speed Controller* (ESC). Por fim, o algoritmo gera 16 perfis aerodinâmicos correspondentes para cada estação definida pelo autor. Na saída geométrica das estações, ocorre a geração direta da distribuição local de corda c(r) espessura t(r) e do ângulo de torção/passo (r) para cada uma das 16 estações radiais r/R dos dois modelos.

Modelagem do Cubo e Preparação CFD

Com as cordas e ângulos calculados, no software Solidworks, as seções transversais do perfil aerodinâmico foram geradas e posicionadas ao longo do raio, realizando-se a operação de loft para a criação do modelo 3D da pá. O cubo também foi projetado em ambiente CAD visando o encaixe justo no eixo do motor elétrico e a fixação mecânica das pás, individualmente para cada um dos modelos, visando suportar os esforços mecânicos gerados. Na etapa corrente de simulação no ANSYS Fluent, adota-se o modelo de turbulência K - Ω SST (*Shear Stress Transport*). O movimento rotacional da hélice é contemplado pela técnica MRF (*Moving Reference Frame*), dividindo o domínio fluido em uma região rotativa cilíndrica interna e um domínio estático externo, garantindo o refinamento da malha na camada limite das pás.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado da execução dos algoritmos BEMT, obteve-se a discretização da geometria da hélice em 16 estações radiais principais para cada modelo em particular, que por meio do recurso de loft foram desenhadas. Para a interface mecânica com o motor elétrico, o cubo da hélice foi dimensionado atendendo às restrições geométricas e estruturais de projeto, conforme mostra a tabela 1.

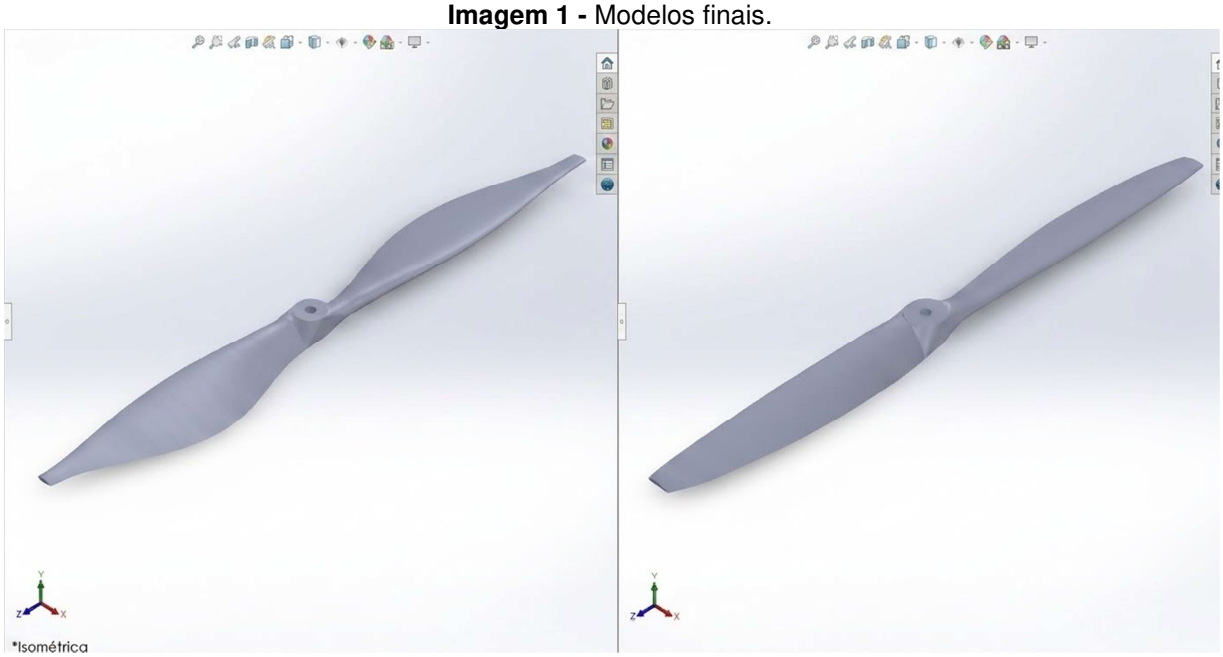
Tabela 1 - Dimensões de cubo para os modelos.

Modelo	Diâmetro interno (mm)	Diâmetro externo (mm)	Espessura (mm)
Torque (1)	8	30	18
Eficiência (2)	8	24	16

Fonte: Autor.

A imagem 1 ilustra os dois modelos obtidos em comparação no Solidworks.

Imagem 1 - Modelos finais.



Fonte: Autor.

A tabela 2 apresenta a comparação dos principais parâmetros dos modelos gerados.

Tabela 2 - Dimensões de cubo para os modelos.

Modelo	Tração (N)	Torque no motor (N.m)	Eficiência (torque/tração)
Torque (1)	49,28	1,225	39,27
Eficiência (2)	48,85	1,031	47,38

Fonte: Autor.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram a eficiência do algoritmo implementado na determinação da distribuição de corda e torção da pá. O cubo dimensionado atendeu integralmente aos requisitos de acoplamento mecânico. A finalização da modelagem CAD validou a viabilidade geométrica do conjunto, permitindo a transição direta para a fase de estruturação de malha e simulação fluidodinâmica via CFD no ANSYS Fluent.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Fundação Araucária (FA) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica para a pesquisa, e à Universidade Estadual de Maringá (UEM) pelo suporte de infraestrutura.

REFERÊNCIAS

GUDMUNDSSON, S. **General Aviation Aircraft Design: Applied Methods and Procedures**. 1. ed. London: Elsevier / Butterworth-Heinemann, 2013.

CYPRIANO, M. A.; IMANISHI, R. M. M. **Estudo das forças geradas por um hélice**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

FREITAS, I. M. FERRO, L. M. C. **Análise de desempenho da tração estática e dinâmica de hélices tripás e hélices bipás para uma aeronave que participa da competição SAE Brasil Aerodesign.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

KAPP, Arthur Bozza; OKAMURA, Jessica Miyuki Asakura. **Desenvolvimento de uma hélice otimizada para aeronaves de escala reduzida**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2022.