

O projeto Ícaro SAE-Aerodesign e sua contribuição para a formação do engenheiro

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

Mestre em Ciência
[Engenharia Mecânica e Aeronáutica] – ITA;
Professor na graduação [Engenharia Civil/
Engenharia de Produção Mecânica] – Uninove.
luizeduardomiranda@uninove.br, São Paulo – SP [Brasil]

Fábio Vinícius da Silva

Graduando em Engenharia de Produção Mecânica – Uninove.
fabio_ramone@hotmail.com, São Paulo – SP [Brasil]

Álvaro José de Mauro

Graduando em Engenharia de Produção Mecânica – Uninove.
alvaro_eng1@terra.com.br, São Paulo – SP [Brasil]

Este artigo apresenta o projeto Ícaro SAE-Aerodesign¹, desenvolvido pelos estudantes do curso de Engenharia de Produção Mecânica do Centro Universitário Nove de Julho (Uninove) que participaram de uma competição destinada aos alunos de graduação das áreas de Engenharia, Física e Ciências Aeronáuticas. A principal finalidade dessa prova é projetar, documentar, construir uma aeronave radiocontrolada, capaz de alçar vôo num comprimento de pista determinado, conduzindo, em compartimento apropriado, a maior carga útil possível. Demonstrem-se também as conquistas da equipe Ícaro na edição 2005 da disputa, além da contribuição dada pela competição SAE-Aerodesign na formação do engenheiro.

Palavras-chave: Aeronaves de radiocontrole.
Engenharia aeronáutica. Projeto de aviões.



1 Introdução

A competição SAE-Aerodesign, destinada aos estudantes de graduação nas áreas de Engenharia, Física ou Ciências Aeronáuticas busca incentivar as equipes participantes a projetar, construir e fazer voar uma aeronave em escala, radiocontrolada e que esteja capacitada a alçar vôo levando a maior carga útil possível. A disputa é dividida em duas classes: regular e aberta. Os grupos inscritos obedecem a requisitos e restrições previstos em um regulamento que divide a competição em duas etapas:

- Competição de projeto: devem ser demonstrados os cálculos que determinam a carga útil máxima que a aeronave pode alçar, tendo como base o padrão aeronáutico. Além disso, as informações e os raciocínios, com as justificações devidas acerca das características adotadas para o avião e as suas formas estruturais, devem ser divulgados da maneira mais adequada possível. O projeto deve ainda ser apresentado oralmente a uma banca examinadora composta de juízes que avaliam sua qualidade técnica, assim como as características operacionais da aeronave;
- Competição de vôo: a aeronave de cada equipe participante deve efetuar, pelo menos, um vôo válido (completar um percurso pré-definido, sem avarias, como previsto no regulamento). Conforme o desempenho apresentado nesse percurso, poderá ser pontuada pela precisão dos cálculos apresentados e não somente segundo a máxima carga alçada. É importante ressaltar que, segundo o regulamento tanto a decolagem quanto o pouso da aeronave possuem limites máximos de comprimento de pista.

Este trabalho visa a apresentar o projeto Ícaro SAE-Aerodesign, realizado pelos estudantes do curso de Engenharia de Produção Mecânica do Centro Universitário Nove de Julho (Uninove), que o desenvolveram para a competição SAE-Aerodesign. Eles representaram a instituição na classe regular em disputa ocorrida na cidade de São José dos Campos (SP). Nesse contexto, este estudo comenta a importância desse projeto no desenvolvimento do futuro engenheiro.

2 Desenvolvimento do projeto Ícaro

Motivados pela possibilidade de projetar e construir uma aeronave radiocontrolada, os estudantes, envolvidos no projeto Ícaro se empenharam, durante o ano de 2005, no estudo dos conceitos fundamentais da engenharia aeronáutica e na definição da estratégia para a realização do projeto.

Cientes dos requisitos do regulamento da competição, os alunos desenvolveram uma metodologia para o projeto, a construção e os testes do aeromodelo, fundamentada em normas aplicadas na indústria aeronáutica. Entre os pontos principais, necessários para projetar e construir uma aeronave, destacam-se o perfil aerodinâmico, a análise de desempenho, os critérios para garantir a estabilidade durante o vôo, a resistência estrutural e as questões de segurança operacional.

As condições estipuladas no regulamento da competição, foram as seguintes: a) comprimento de pista para decolagem limitado a 61 metros (m); b) comprimento de pista para pouso limitado a 122 m; c) motorização e combustível-padrão para todas as equipes; e d) envergadura máxima da asa limitada a 1,524 m. Com base nesses parâmetros a equipe deu prosseguimento ao projeto, por meio de estudos e ponderações, com o

intuito de obter melhores qualidades de vôo para a aeronave.

Entre as diversas possibilidades avaliadas, definiram-se as características e as configurações do avião, para compensar a limitação de envergadura da asa. O melhor resultado obtido apontou para uma configuração do tipo biplano, construindo-se cada uma das asas com um perfil capaz de gerar alto coeficiente de sustentação em baixas velocidades (Perfil-Selig 1223), o que proporciona uma elevada capacidade de carga útil.

O Gráfico 1 mostra as curvas do coeficiente de sustentação, de acordo com o ângulo de ataque, proporcionado pelo perfil e pela asa finita.

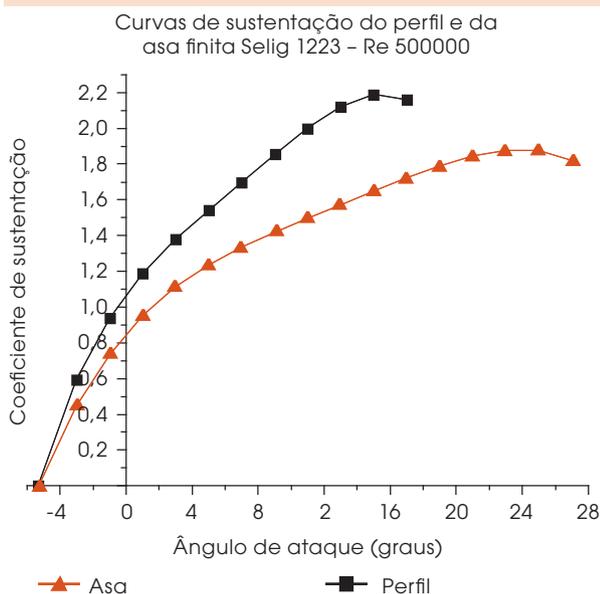


Gráfico 1: Curva do coeficiente de sustentação para o perfil e a asa finita de acordo com o ângulo de ataque

Fonte: Os autores.

Como se pode observar no Gráfico 1, os coeficientes de sustentação para a asa são sensivelmente menores que os do perfil. Isto se deve principalmente ao fato de o escoamento real em uma asa desenvolver-se em três dimensões, causando vórtices nas suas pontas, devido ao diferencial de pressão existente entre a parte inferior (intrador-

so) e a parte superior (extradorso) do aerofólio. Percebe-se diante disso a grande importância do estudo de correção da curva de sustentação para qualquer projeto aeronáutico.

Definidas as configurações básicas da aeronave, realizaram-se os cálculos preliminares de aerodinâmica e de desempenho. Estes estudos contemplaram análises referentes aos coeficientes de arrasto e sustentação gerados pelo aeromodelo, além dos dados qualitativos e quantitativos do desempenho obtidos durante o vôo – distâncias de decolagem e pouso, velocidade de cruzeiro, capacidade de planeio, teto absoluto de vôo e curvas de tração e potência requeridas e disponíveis para vôo reto e nivelado da aeronave.

A potência disponível diz respeito à energia que o sistema de propulsão é capaz de fornecer à aeronave num determinado intervalo de tempo, para um vôo reto e nivelado em determinada velocidade. Analogamente, a potência requerida se refere à energia que a aeronave necessita para o vôo, nas mesmas condições. A curva de potência disponível é obtida mediante ensaios práticos de empuxo do sistema de propulsão, que foram executados com acessórios projetados pelos alunos na oficina da mecânica da Uninove. A posterior aplicação da Equação 1, seguindo as referências presentes em Anderson (1989), que relaciona a tração disponível (T_d) com a velocidade de vôo da aeronave, permite que se trace a curva de potência disponível. A curva de potência requerida é determinada por meio do estudo analítico das forças aerodinâmicas que causam resistência ao descolamento da aeronave (arrasto), que estabelece a necessidade de uma força de igual intensidade mas em sentido oposto chamada tração requerida (T_r) para a realização do vôo. Segundo Anderson (1989), ao se relacionar esse tipo de tração com valores diferentes de velocidade de vôo, pela aplicação da Equação 2, obtêm-se os valores de potência requerida.



$$P_r = T_r v \quad (1)$$

$$P_d = T_d v \quad (2)$$

O Gráfico 2 apresenta as curvas obtidas a partir da aplicação das Equações 1 e 2 para a aeronave em vôo reto e nivelado nas condições de atmosfera padrão ao nível do mar.

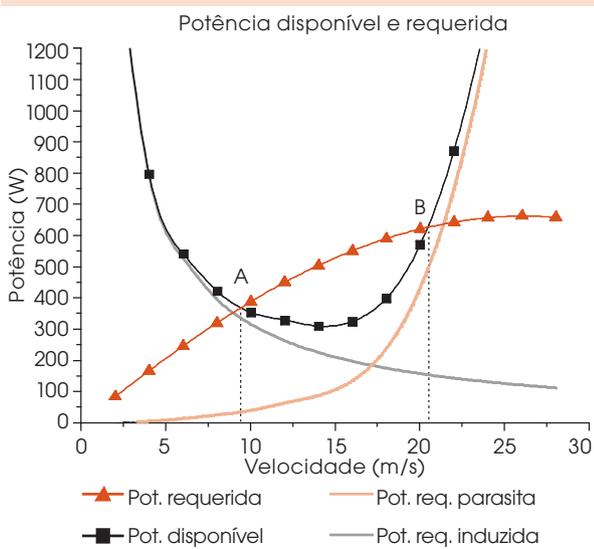


Gráfico 2: Curvas de potências disponível e requerida

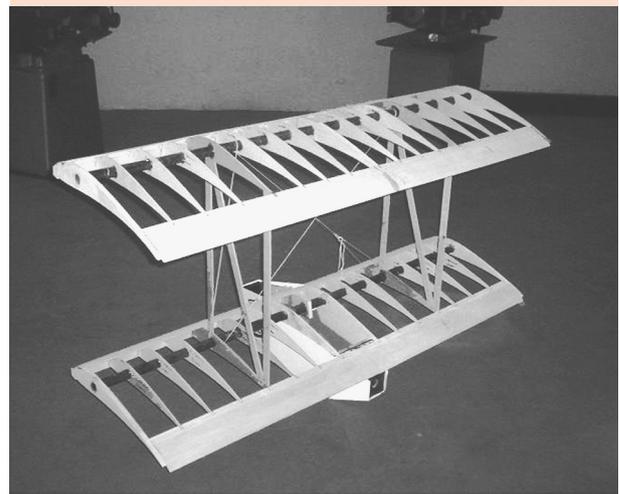
Fonte: Os autores.

Como pode ser observado no Gráfico 2, os pontos A e B delimitam a região de excesso de potência e, portanto, determinam que a mínima e a máxima velocidade de vôo da aeronave serão de, respectivamente, 9,5 e 20,5 metros por segundo (m/s). Vale notar que em qualquer ponto fora dessa faixa, o sistema de propulsão não tem condições de prover mais potência do que a necessária para vôo, impossibilitando a operação da aeronave.

Após realizarem os cálculos de aerodinâmica e de desempenho, os alunos se dedicaram à melhoria e otimização das qualidades de vôo da aeronave, definindo certos parâmetros im-

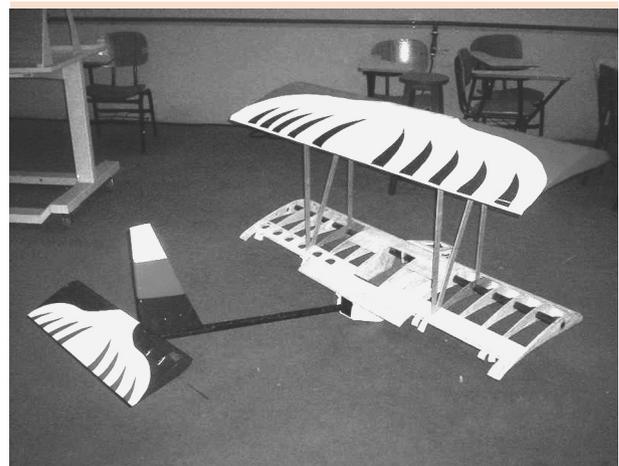
portantes como o *gap* (distância vertical entre as asas do biplano) e a área alar, a análise de estabilidade e controle, além do projeto estrutural do avião.

Feitas essas determinações, foram elaborados os desenhos para a efetiva construção da aeronave. As Fotografias 1 e 2 mostram algumas fases do processo construtivo do aeromodelo da equipe Ícaro.



Fotografia 1: Construção das asas do biplano

Fonte: Os autores.



Fotografia 2: Montagem da estrutura da aeronave

Fonte: Os autores.

Para este artigo, optamos pela apresentação apenas dos resultados obtidos na seleção do perfil

aerodinâmico para as asas e as curvas de potência, por se tratarem de elementos de fundamental importância no desenvolvimento do projeto. O trabalho completo, com a dedução de todas as equações empregadas durante o desenvolvimento do biplano e os detalhes de sua construção, podem ser encontrados no relatório submetido à banca examinadora nos dias da competição, pela equipe (RODRIGUES et al., 2005).

Construída a aeronave, tornou-se imprescindível a realização de testes práticos para validar toda a teoria aplicada no projeto.

No início dos testes de vôo, alguns problemas de estabilidade longitudinal e peso estrutural foram detectados, o que indicava a necessidade de modificações no projeto original da aeronave. Com o intuito de otimizar o desempenho do biplano, foi construída uma nova asa, mais leve; a fuselagem passou por mudanças e o trem de pouso acabou sendo refeito, sob outra concepção. Após todas essas alterações, recalculou-se o centro de gravidade do aeromodelo e novos testes de vôos foram realizados, desta vez com sucesso.

Nas Fotografias 3 e 4, vêem-se a aeronave em sua configuração final de competição e a decolagem durante um dos diversos testes de vôo.



Fotografia 3: Configuração final de competição

Fonte: Os autores.



Fotografia 4: Decolagem durante os testes

Fonte: Os autores.

3 Resultados obtidos na competição 2005

No dia 23 de setembro, iniciou-se a competição de projetos, dividida em relatório técnico e apresentação oral, submetida ao julgamento de uma comissão de engenheiros da Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (Embraer).

A competição de vôo, por sua vez, ocorreu nos dias 24 e 25 de setembro, na qual a aeronave da equipe Ícaro completou o percurso com uma carga útil de 5,14 quilogramas (kg) em seu compartimento.

Os resultados finais alcançados pela equipe Ícaro, em sua estréia na competição, foram os seguintes:

- Terceira colocação na competição de projeto (relatório técnico e apresentação oral);
- Primeiro lugar entre todas as instituições privadas de ensino participantes da disputa;
- Décima quinta posição na classificação geral.

Vale citar que a competição SAE-Aerodesign 2005 contemplou a inscrição de 60 equipes de todo o Brasil e uma equipe da Venezuela.



4 A contribuição para a formação do engenheiro

A competição SAE-Aerodesign recebe o reconhecimento e o apoio institucional do Ministério da Educação, por alinhar-se e vir ao encontro dos objetivos, das políticas e diretrizes desse ministério. Do ponto de vista educacional, a realização de um projeto desse porte é de extrema importância para a formação acadêmica e profissional do futuro engenheiro, uma vez que proporciona o amadurecimento profissional e a cooperação mútua de todos os integrantes da equipe, traduzindo-se em uma forma de aprendizado do trabalho em grupo, que representa fator essencial no sistema produtivo da indústria moderna.

Na realização do projeto Ícaro, o estudante de graduação tem a oportunidade de aplicar em um único produto, durante as várias fases de sua elaboração, todo o conteúdo das diversas disciplinas estudadas no decorrer do curso, caracterizando, portanto, a competição como desafiadora e multidisciplinar.

A equipe Ícaro aplicou, na realização do seu projeto, conceitos de disciplinas fundamentais da engenharia, como Cálculo Diferencial e Integral, Física, Geometria Analítica, Cálculo Vetorial, Leitura e Produção Textual (para a confecção do relatório técnico). Com relação às disciplinas técnicas do curso de engenharia de produção mecânica, foram utilizados conceitos de estática e dinâmica dos sólidos, ciência dos materiais, mecânica dos sólidos, elementos de construção de máquinas, desenho de máquinas e expressão gráfica, este último como forma de representar todos os desenhos da aeronave em padrões aeronáuticos. Entre as disciplinas de formação profissional específicas do engenheiro de produção, empregaram-se Planejamento e Controle da Produção, Projeto do Produto, Custos, Logística e Conceitos de Manutenção

de Equipamentos. Também foram estudados e aplicados conceitos fundamentais da engenharia aeronáutica, como aerodinâmica, desempenho, estabilidade e controle e estruturas aeronáuticas.

É importante ressaltar que um projeto desse nível desenvolve o raciocínio lógico e desperta a criatividade dos estudantes. Embora o regulamento da competição apresente restrições nas dimensões da aeronave, sua geometria é fruto da elaboração de cada equipe. Portanto, o sucesso dos projetos se deve à capacidade técnica e operacional dos alunos, e depende também do surgimento de idéias criativas e inovadoras.

O crescimento e a responsabilidade profissional do futuro engenheiro são, igualmente, fatores presentes, visto que todos os integrantes da equipe devem estar atentos quanto ao planejamento, à liderança eficaz, ao trabalho em equipe, à logística de transporte, à habilidade de comunicação, à criatividade e inovação, além de cumprir, rigorosamente, os prazos estipulados pelo regulamento para não serem penalizados. Por conseguinte, o projeto Ícaro prepara o estudante para atuar em qualquer setor do mercado de trabalho.

5 Considerações finais

A equipe Ícaro, em sua primeira participação na competição SAE-Aerodesign, chegou a algumas conclusões sobre o projeto realizado, entre elas, que o aprendizado dos conceitos de engenharia aeronáutica permitiram o sucesso da proposta do grupo.

Pode-se citar também que, a partir do caráter didático do projeto foi possível estabelecer um paralelo entre ele e as atividades profissionais de engenharia, o que proporcionou o desenvolvimento técnico e pessoal aos integrantes da equipe.

Os testes práticos foram fundamentais para aprimorar o funcionamento da aeronave, uma vez que possibilitaram correções no primeiro protótipo até se chegar à configuração final do modelo de competição.

De maneira geral, todas as metas de trabalho foram atingidas nessa primeira participação da equipe Ícaro, em razão do comprometimento e do esforço de cada participante, o que resultou em crescimento profissional, consciência da importância do trabalho em grupo, além da superação dos desafios propostos a cada um dos integrantes da equipe.

The Ícaro SAE-Aerodesign project and its contribution to the engineer formation

This article presents the Ícaro SAE-Aerodesign project, developed by the students of the Mechanic Production Engineering course of the Centro Universitário Nove de Julho (Uninove) who took part in a competition destined to the pupils from the graduation on the Engineering, Physics and Aeronautic Sciences areas. The main purpose of this contest is to project, to document and to build an radio-controlled aircraft, capable to take off in a determined

length of track, carrying in an appropriate compartment, the heaviest useful load possible. Besides the description of the Ícaro team conquests in SAE-Aerodesign 2005 edition, the article refers to the competition's contribution to the engineer formation.

Key words: Aeronautic engineering. Airplane project. Radio-controlled aircraft.

Notas

- 1 Foram muitas as contribuições para que este projeto tivesse sucesso. Registramos nossos agradecimentos à Uninove, pelo incentivo e apoio financeiro; aos professores José Roberto Mendes e Júlio César Dutra por acreditarem sempre na capacidade do grupo; aos professores do curso de Engenharia de Produção Mecânica, que tornaram possível a concretização do projeto por meio de seus ensinamentos; aos colegas integrantes da equipe Ícaro, que souberam mostrar competência para resolver os problemas e jamais desanimaram; e ao SAE Brasil, por proporcionar aos estudantes de engenharia do Brasil uma oportunidade única de desenvolvimento e crescimento profissional.

Referências

- ANDERSON, J. D. *Introduction to flight*. 3 ed. Nova York: McGraw-Hill, 1989.
- RODRIGUES et al. *Equipe Ícaro*. Relatório de projeto apresentado à banca examinadora da SAE-Aerodesign 2005. São Paulo: SAE Brasil, 2005. 1 CD-ROM.

Recebido em: 20 fev. 2006 / aprovado em: 16 maio 2006

Para referenciar este texto

RODRIGUES, L. E. M. J.; SILVA, F. V. da; MAURO, A. J. de. O projeto Ícaro SAE-Aerodesign e sua contribuição para a formação do engenheiro. *Exacta*, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 47-53, jan./jun. 2006.