

Análise do Arrasto nos Aerofólios GOE 448, GOE 802 e FX 84-W-127

Drag Analysis on GOE 448, GOE 802 and FX 84-W-127 Airfoils

DOI:10.34117/bjdv7n9-089

Recebimento dos originais: 17/08/2021

Aceitação para publicação: 07/09/2021

Rodrigo Silva Nunes

Bacharel em Ciências Aeronáuticas

Rua :Padre Vieira, 603-Apt 114-Bairro Centro-Campinas – SP-CEP 13.015-300

E-mail: rodrigossn92@hotmail.com

Anna Paula Bechepeche

Doutora em Físico-Química

PUC GO

Rua Dona Firmina, S/N-Qd.01, Condomínio Horizontal Monte Verde, casa 201-Setor
Sítio de Recreios Ipê-Goiânia – GO-CEP 74.681-450

E-mail: abechepeche@yahoo.com.br

RESUMO

O arrasto é a resistência ao avanço que todo corpo com massa sofre devido a densidade do fluido em que ele se desloca. No mundo atual com ideias ambientalistas e procura por redução de custos na operação de aeronaves, através da redução da queima de combustíveis fósseis, faz-se necessário o estudo sobre a eficiência das asas. Entre os três modelos de domínio público que são utilizados na aviação experimental, esse estudo tem como objetivo encontrar o perfil de asa com menor produção de arrasto. Com um túnel de vento e aplicação de fumaça, foi possível visualizar o comportamento do ar e a ação do arrasto em diferentes angulações, simulando situações reais em voo e permitindo a comparação entre eles. O aerofólio GOE 802 foi o que apresentou melhores resultados, produz menor arrasto e conseqüentemente necessita de menor força de tração para o seu deslocamento.

Palavras-chave: Arrasto, Asas, Túnel de Vento.

ABSTRACT

Drag is the resistance to advancement that every body with mass suffers due to the density of the fluid in which it moves. In today's world with environmentalist ideas and the search for cost reduction in aircraft operation, by reducing the burning of fossil fuels, it is necessary to study the efficiency of wings. Among the three public domain models that are used in experimental aviation, this study aims to find the wing profile with the lowest drag production. Using a wind tunnel and smoke application, it was possible to visualize the behavior of the air and the action of drag at different angles, simulating real situations in flight and allowing a comparison between them. The GOE 802 airfoil presented the best results, producing less drag and consequently requiring less traction force for its displacement.

Keywords: Drag, Wings, Wind Tunnel.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho visa levantar um estudo a respeito da influência da componente aerodinâmica do arrasto em um perfil¹ de aerofólio².

O arrasto é a resistência ao avanço que todo corpo com massa sofre devido a densidade do fluido em que ele se desloca. Na aviação, o corpo é a aeronave e o fluido é o ar. Esta força atua contra o deslocamento da aeronave, ou seja, é oposta a força de tração e é diretamente proporcional a velocidade. Em um dado momento a velocidade não pode aumentar mais, por a tração se igualar a força do arrasto. O consumo de combustível também será diretamente proporcional a ele.

Em um mundo cheio de ideias ambientalistas para proteção do ecossistema e redução da poluição causada pela queima de combustíveis fósseis, os quais são utilizados para propulsão de aeronaves, tal estudo se faz necessário e importante para se chegar em soluções mais ecológicas de operação. Consequentemente aproveitaremos dos benefícios financeiros com o menor consumo de combustível, implicando na redução de tarifas de passagens e de taxas no transporte de cargas.

A aviação demonstrou grande importância no desenvolvimento da humanidade desde algumas décadas após o seu surgimento. Ainda no início com aeronaves de baixa autonomia, desconfortáveis e perigosas, perdia espaço para os luxuosos dirigíveis. (PORTO, 2013, pág. 8)

O acidente com o grande Hindenburg na década de 30 durante o atracamento em Nova Iorque, que custou a vida de 13 pessoas, colocou em cheque a segurança desse tipo de veículo. Apesar do número relativamente pequeno de vítimas, as imagens assustadoras feitas em vídeo e a dramatização da locução de Herbert Morrison que narrava a chegada, assustou o mundo inteiro. (PORTO, 2013, pág. 10)

Com a tragédia os aviões obtiveram atenção mundial para ser o novo meio de transporte aéreo, já que as pessoas não confiavam mais nos dirigíveis. As tecnologias evoluíram para amenizar os pontos negativos e viabilizar os seus voos nas diversas aplicações que temos hoje. (PORTO, 2013, pág. 11)

Durante a Guerra Fria, o avião atingiu um crescimento e uma evolução tecnológica extraordinária com a divisão do mundo em blocos, sendo necessária a constante e rápida ligação entre eles. (PORTO, 2013, pág. 50)

¹ Corte transversal da asa.

² São superfícies que produzem forças úteis ao voo, como as asas. (HOMA, 2012, p. 17)

Não podemos negar que tal veículo “encurtou” as distâncias e realmente teve seu papel no grande desenvolvimento que a humanidade alcançou após o seu surgimento, já que a comunicação sempre foi um importante recurso para a ampliação do conhecimento.

A necessidade de aprimoramento da tecnologia ainda continua e este trabalho é mais uma ferramenta de estudo prático, para a compreensão da atuação da física envolvida no

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar qual dos três perfis de asa escolhidos, GOE 448, GOE 802 e FX 84-W-127, apresentam geometria com melhor eficiência em voo, buscando aquele com menor produção de arrasto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar de forma detalhada a dinâmica do arrasto em um aerofólio de aeronave em diferentes ângulos de ataque³ durante o voo.

Reconhecer a importância do uso de túneis de vento no campo de pesquisas aeronáuticas para novos modelos de aeronaves.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada dentro do método indutivo experimental, partindo de simulações particulares em diferentes posições e com cada uma das asas até chegar em conclusões gerais, que determinaram o melhor perfil através de procedimentos comparativos qualitativos.

As etapas do trabalho foram desenvolvidas dentro do método de procedimento histórico, com a revisão bibliográfica de literaturas voltadas para a ação do arrasto, e de estudos anteriores que salientavam quais as asas existentes mais eficientes na aviação experimental⁴; posteriormente foi aplicado o método experimental dentro de laboratório, com a utilização de um túnel de vento e o comparativo, avaliando através de observação direta extensiva, o comportamento da fumaça do túnel no extradorso das asas, para assim descobrir aquela com o melhor rendimento.

³ Ângulo formado entre a linha de corda da asa e o vento relativo. Define a posição atual do avião em relação ao seu eixo transversal, ou seja, com o nariz para cima ou para baixo.

⁴ É composta por aeronaves leves com capacidade de no máximo dois passageiros, para uso privado, utilizadas principalmente para desporto e recreio. (ANAC, 2001)

Para os testes de simulação foram empregados perfis de asas utilizados na aviação experimental, observando o arrasto gerado nos diferentes ângulos de ataque, retratando estágios diferentes do voo. Para melhor avaliação, a velocidade do ar foi mantida em 10,8 m/s em todos os testes.

Os resultados foram obtidos com a observação do comportamento do ar entorno do modelo, sendo isto possível com a fumaça branca expelida pelo túnel de vento.

As asas (figura 1) foram produzidas em poliestireno (isopor) e revestidas com papel plástico adesivo preto, para dar mais uniformidade às superfícies e destaque à fumaça.

Figura 1: Asas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Elas foram fixadas em um suporte com base em MDF, utilizando hastes de metal, com possibilidade de realizar ajustes na altura dos modelos durante os ensaios (figura 2).

Figura 2: Suporte para a asa.



Fonte: Elaborada pelo autor

Já os testes foram realizados no túnel de vento da UniEvangélica de Anápolis. Ele é composto por uma câmara de ensaios em acrílico transparente, uma entrada de ar, um ventilador, um bico injetor de fumaça e um controle remoto com domínio sobre todas as suas funções (figura 3).

Figura 3: Túnel de vento.



Fonte: Elaborada pelo autor

Para a aferição da velocidade do ar no interior do túnel, foi empregado um anemômetro (figura 4).

Figura 4: Anemômetro.



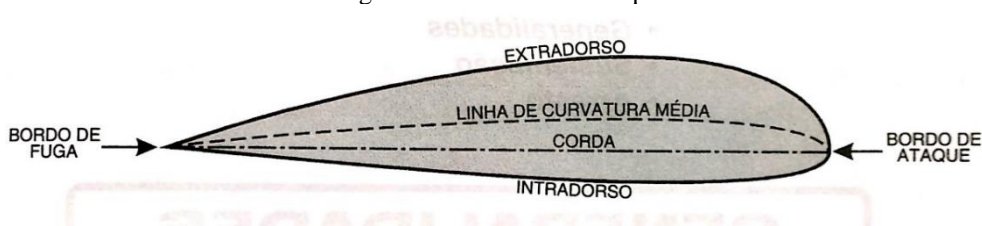
Fonte: Elaborada pelo autor.

4 RESULTADOS

4.1 PERFIL DE ASA

O perfil de uma asa é o corte transversal da mesma. O estudo é realizado analisando a geometria deste. Nele está o bordo de ataque, seção frontal; o bordo de fuga, seção posterior; extradorso, seção superior; intradorso, seção inferior; corda, reta imaginária que liga o bordo de ataque ao de fuga e corda média (ou linha de curvatura média), linha imaginária entre o bordo de ataque e o bordo de fuga, que equidista o intradorso e o extradorso (figura 5).

Figura 5: Elementos de um perfil.

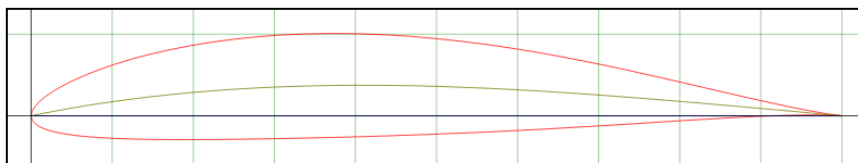


Fonte: HOMA, 2012, pág. 19

4.2 PERFIS UTILIZADOS

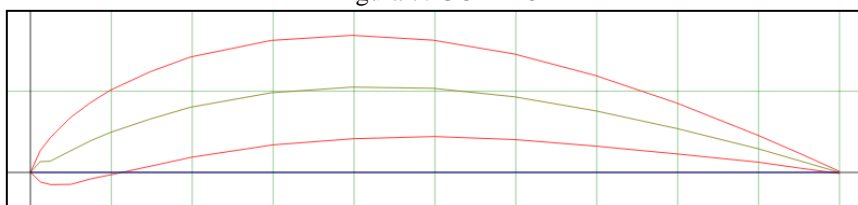
Para a realização dos testes foram utilizados três perfis distintos, comuns na aviação experimental devido ao seu alto rendimento e menor custo de produção. Os perfis são os modelos FX 84-W-127 (figura 6), GOE 448 (figura 7) e o GOE 802 (figura 8).

Figura 6: FX 84-W-127



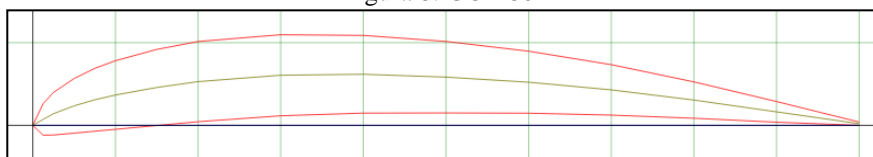
Fonte: Airfoil Tools

Figura 7: GOE 448



Fonte: Airfoil Tools

Figura 8: GOE 802



Fonte: Airfoil Tools

4.3 TEORIA DO ARRASTO

A componente aerodinâmica do arrasto é responsável pela perda de rendimento em um voo, aumentando o consumo de combustível e reduzindo a capacidade de velocidade da aeronave. Ela atua na direção oposta a tração, é diretamente proporcional à velocidade e é capaz de influenciar indiretamente na componente da sustentação.

Isto ocorre devido à necessidade de velocidade para haver sustentação. Quando o arrasto oferece resistência acima do valor da tração no momento, o equipamento começa a desacelerar e se nenhuma medida for tomada ele aumentará progressivamente até o estol⁵.

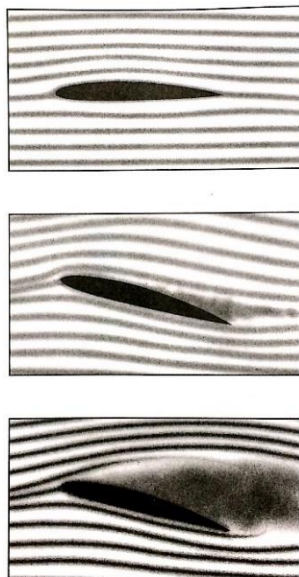
Existe uma relação entre o ângulo de ataque e o arrasto. Quanto maior o ângulo de ataque, maior será o arrasto. Assim, com ângulo igual a 0° tem-se o menor valor dele para aquela velocidade.

Esta relação não é proporcional. Ao aumentar gradativamente o ângulo de ataque terá baixo arrasto inicialmente, mas nos momentos seguintes, ele aumentará abruptamente, com o escoamento cada vez menos linear e mais turbilhonado, provocado pela distribuição irregular de pressões. (HOMA, 2012, pág. 26)

⁵ Situação em que as asas são incapazes de gerar sustentação, em decorrência do fluxo de ar turbilhonado no extradorso da asa.

A figura 9 mostra o arrasto aumentando à medida que aumenta também o ângulo de ataque. Ele é observado pelo turbilhonamento do ar no extradorso.

Figura 9: Fluxos laminares e turbulentos.



Fonte: HOMA, 2012, pág. 26.

4.4 NÚMERO DE REYNOLDS

O Número de Reynolds (R_e) é um número adimensional utilizado para determinar se o fluxo do ar no perfil passa de forma laminar ou turbulenta. A turbulência do ar provoca elevado aumento no arrasto, reduzindo drasticamente o rendimento do voo.

A determinação deste número auxilia nos testes de asas em tamanhos reduzidos em túneis de vento. Isto ocorre pois modelos com valores iguais ou próximos, terão comportamento dinamicamente semelhante. (RODRIGUES, p. 18)

O valor é encontrado pela seguinte equação:

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot \bar{c}}{\mu}$$

Onde ρ é a densidade do ar, v é a velocidade de deslocamento, \bar{c} é a corda média aerodinâmica do perfil e μ é a viscosidade dinâmica do ar.

As diferenças nos comprimentos das cordas média aerodinâmica dos três modelos distinguem-se em valores insignificantes para este estudo. Por isso, nos três casos os comprimentos foram fixados em 0,2 metros.

Considerando os testes realizados em circunstâncias também semelhantes, o resultado obtido nos cálculos do número de Reynolds foi igual a $1,5526 \times 10^5$. O ar se torna turbulento acima de 1×10^7 , provando a viabilidade do uso de tais modelos na pesquisa.

4.5 TESTES NO TÚNEL DE VENTO

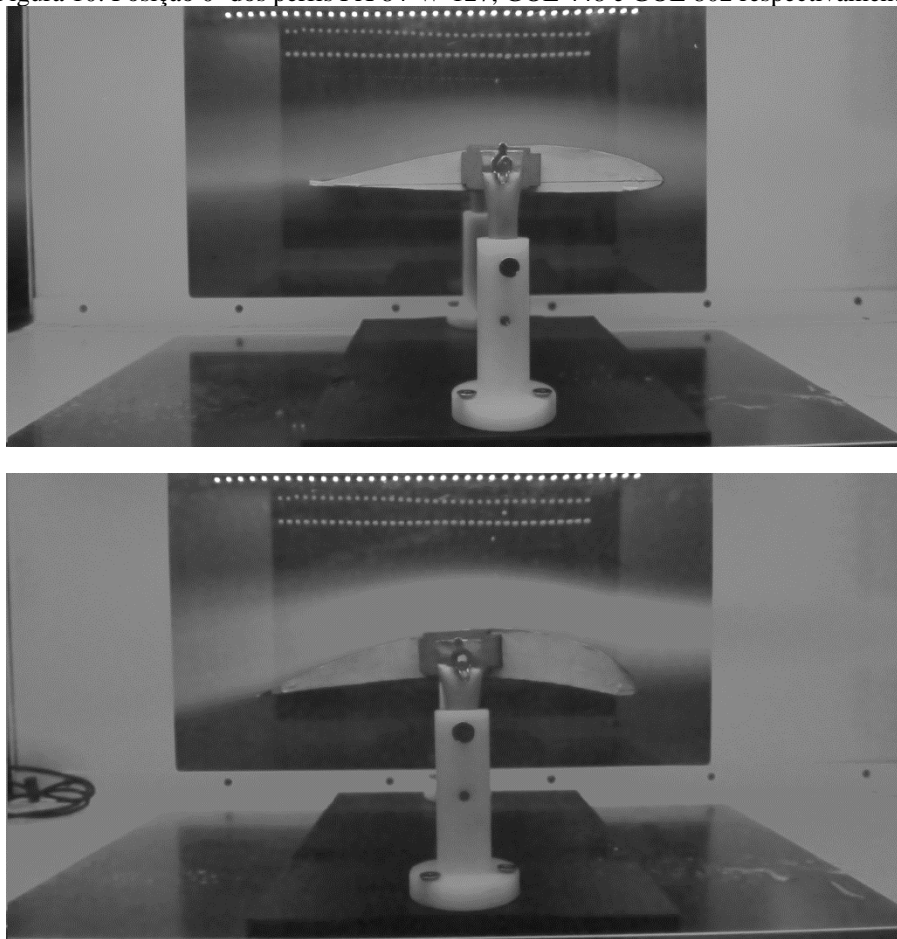
Durante os testes foi observado o comportamento do ar no extradorso dos modelos, assim foi possível definir o mais eficiente em relação a menor produção de arrasto durante a modificação do ângulo de ataque.

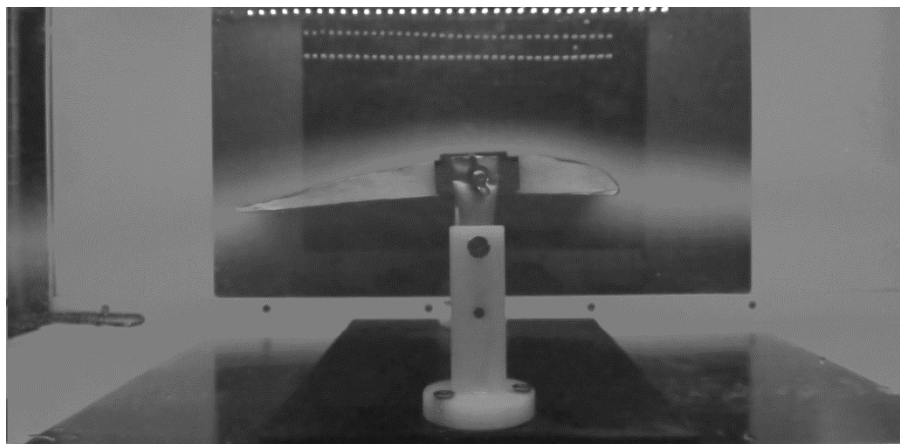
Os experimentos tiveram variações no ângulo de ataque de 0 até 30 graus variando de 5 em 5 graus. No final, os ângulos de 0, 15 e 25 graus foram considerados os que obtiveram maior relevância para o estudo.

A seguir, serão apresentadas as imagens retiradas dos vídeos realizados no túnel de vento. Devido à capacidade técnica do túnel em produzir a fumaça, as imagens foram tratadas em escala de cinza para uma melhor visualização do comportamento da mesma.

Na figura 10 é observada a situação de arrasto mínimo para cada modelo na velocidade fixada no túnel, onde o ângulo de ataque é igual a 0 grau. Esta posição serviu de base para a comparação do comportamento do ar nos arranjos seguintes.

Figura 10: Posição 0° dos perfis FX 84-W-127, GOE 448 e GOE 802 respectivamente.

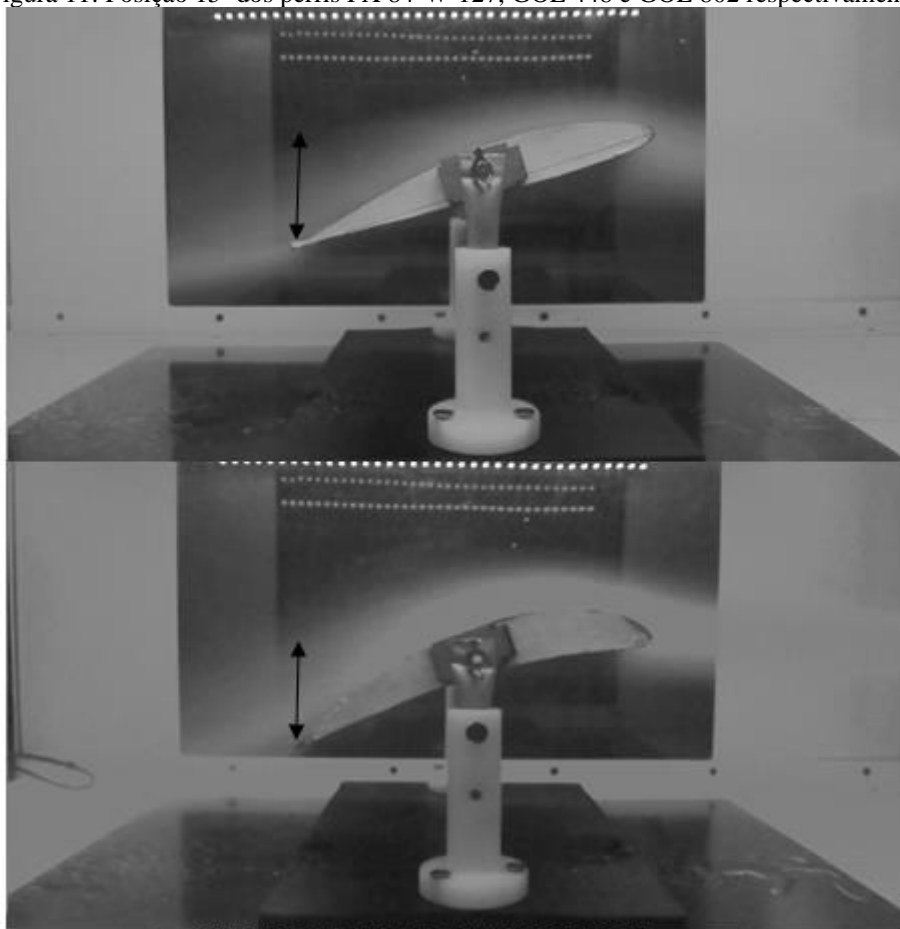


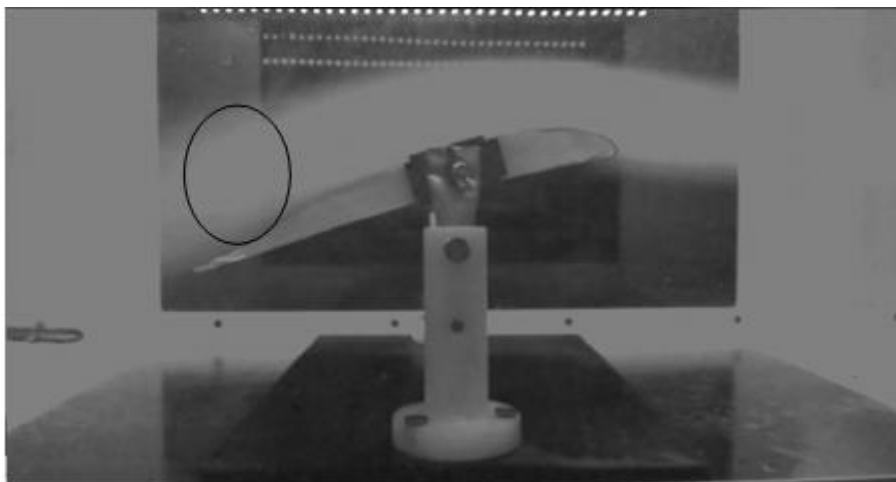


Fonte: Elaborada pelo autor.

Na figura 11 é possível observar a dispersão maior do ar no FX 84-W-127. Devido ao mau posicionamento do bico durante os testes para o perfil GOE 802, a fumaça passou apenas pelo extradorso. Mas isto não afetou a análise dos resultados, pois a sua alta densidade, destacada pela região mais clara do que nos outros, indica que o ar não estava sofrendo turbulência.

Figura 11: Posição 15° dos perfis FX 84-W-127, GOE 448 e GOE 802 respectivamente.

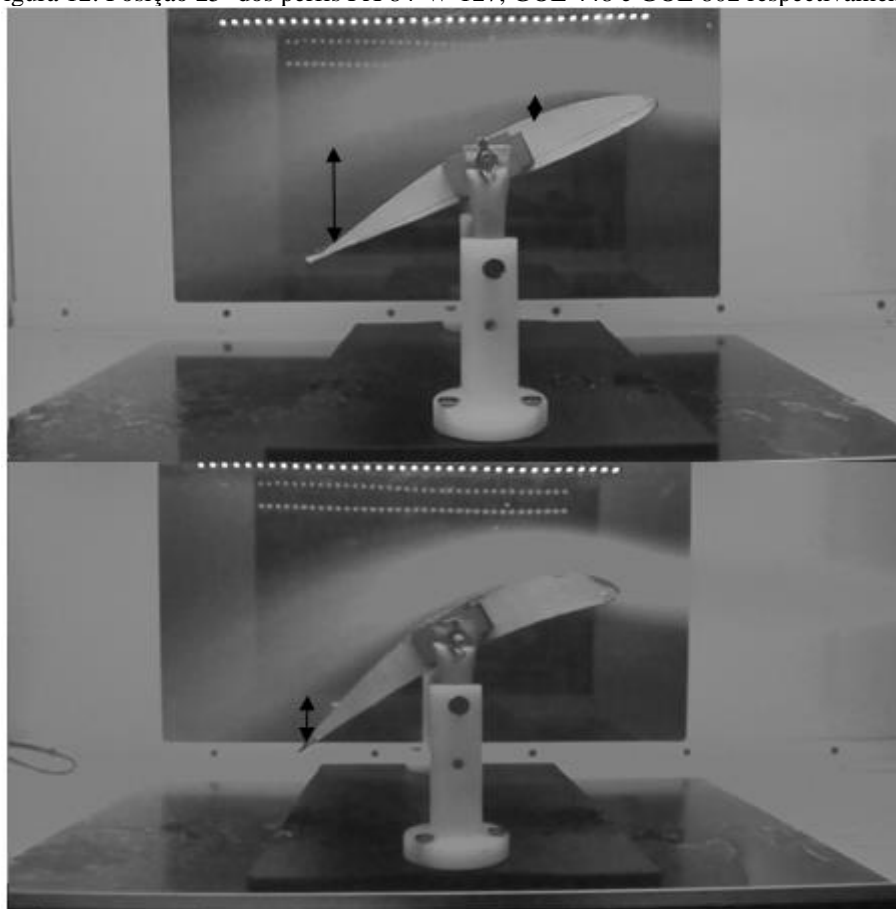




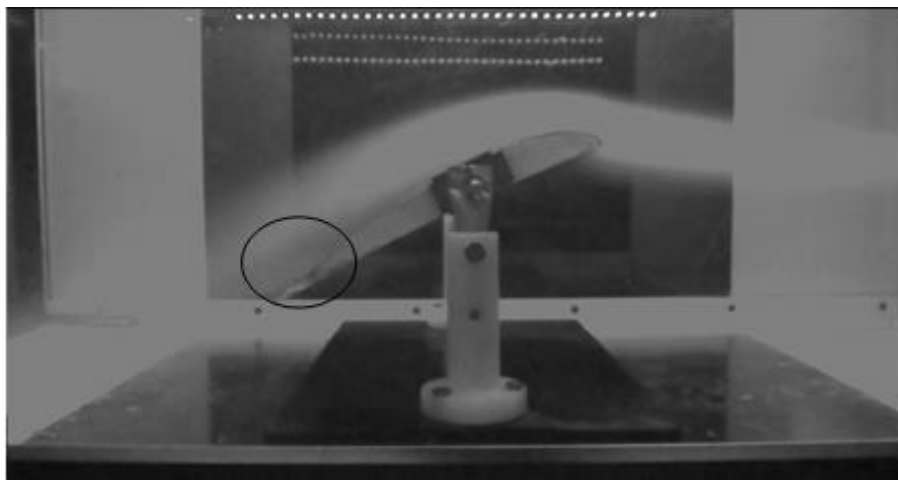
Fonte: Elaborada pelo autor

Com 25 graus de ângulo de ataque, tem-se uma situação bastante desfavorável para a grande maioria dos perfis. Neste caso a dispersão da fumaça, mais uma vez caracterizada pela baixa concentração de branco, demonstra que o FX 84-W-127 apresenta grande turbilhonamento e com descolamento total da camada limite⁶.

Figura 12: Posição 25° dos perfis FX 84-W-127, GOE 448 e GOE 802 respectivamente.



⁶ Fina camada de ar que percorre o perfil suavemente em seu formato aerodinâmico. Caso em algum ponto essa camada se desprenda, será criada uma zona de turbulência, aumentando o arrasto. (HOMA, 2012, pág. 92)



Fonte: Elaborada pelo autor

Ainda sobre a figura 12, as marcações das setas no perfil FX 84-W-127 indicam o descolamento da camada limite logo no início do extradorso, demonstrando ser uma região com alta turbulência e grande arrasto, intensificando ainda mais próximo ao bordo de fuga. Para o GOE 448 ocorre o mesmo, mas em menor intensidade. O círculo no GOE 802 mostra que mesmo com a fumaça pouco densa, ela ainda se mantém colada na parte superior do modelo.

5 DISCUSSÃO

As observações dos perfis no túnel de vento foram promissoras e apresentaram resultados claros em relação ao arrasto. Os perfis escolhidos foram capazes de produzir diferenças satisfatórias para a análise em cada um dos casos, dando a possibilidade de determinar a eficiência de cada um.

O GOE 802 foi o mais promissor, pois apresentou menor arrasto mesmo na angulação mais desfavorável a que foram submetidos, com 25° de ângulo de ataque. O GOE 448 manteve a camada limite no seu extradorso em uma pequena área no início, logo após o bordo de ataque, mas ainda assim o descolamento foi alto, demonstrando elevado arrasto. Já o FX 84-W-127, foi o que apresentou piores resultados, com descolamento total na angulação máxima, foi possível perceber a situação crítica de estol.

6 CONCLUSÃO

As grandes curvaturas nos extradorsos dos perfis podem melhorar bastante a produção de sustentação em baixas velocidades, mas no caso estudado, a curvatura mais suave do GOE 802 possibilitou a obtenção de melhores resultados. Através dos experimentos em um, foi demonstrada a eficiência aerodinâmica do perfil GOE 802 em diferentes posições em relação ao ângulo de ataque. Sua capacidade de manter a camada

limite rente ao perfil em grandes angulações, o torna adequado para voos em baixa velocidade e conseqüentemente aproximações para pousos mais seguras, precisas e suaves. Este recurso é altamente essencial em pousos forçados em emergência, principalmente quando se trata de uma superfície que não seja uma pista. Esta flexibilidade em operações, melhora a aceitação por parte dos pilotos e aumenta a confiabilidade do equipamento.

A indústria aeronáutica não erra na utilização de túneis de vento na elaboração de seus projetos. Ainda que com dispositivos cheios de sensores e altamente complexos, a física básica do comportamento da aeronave em voo pode ser analisada com incrível similaridade em modelos reduzidos.

Toda esta dinâmica torna os estudos mais precisos e ampliam a capacidade do desenvolvimento de novas tecnologias e aprimoramento das já existentes, entregando ao mercado aeronaves mais eficientes com custos operacionais menores e “mais verdes”.

Este trabalho obteve os resultados esperados ao analisar os três perfis e escalonar do mais para o menos eficiente, já que o arrasto é uma força prejudicial ao voo que limita a capacidade de toda e qualquer aeronave.

Ao término deste trabalho, ficam os nossos agradecimentos ao Ilmo. Sr. Dr. Carlos Hassel Mendes – Reitor da UniEvangélica de Anápolis, por nos ter cedido o túnel de vento e o espaço para a realização dos testes; e também ao Professor Mário de S. Mello – Coordenador do Centro Tecnológico, por nos ter cedido tempo e conhecimento durante a realização dos ensaios práticos.

REFERÊNCIAS

- Airfoil Tools. **FX 84-W-127**. Disponível em: <<http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=fx84w127-il>>. Acesso em: 28 ago. 2015.
- Airfoil Tools. **GOE 448**. Disponível em: <<http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=goe448-il>>. Acesso em: 28 ago. 2015.
- Airfoil Tools. **GOE 802**. Disponível em: <<http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=goe802-il>>. Acesso em: 28 ago. 2015.
- ANAC. **RBHA 103 A**: Veículos ultraleves. Portaria N° 927/DGAC de 4 de junho de 2001, publicada no dou N° 140, de 20 de junho de 2001.
- DOLE, C. E; LEWIS, J. E. **Flight Theory and Aerodynamics**: a practical guide for operational safety. 2 ed. John Wiley & Sons. 2000.
- ETKIN, B.; REID, L. D. **Dynamics of flight**: stability and control. 3 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, c1996. 382 p.
- HOMA, J. M. **Aerodinâmica e Teoria de Voo**: noções básicas. Edição 30. São Paulo: ASA, 2012.
- PEDROSA, A. C. de F. **Teoria de Voo de baixa velocidade e performance**: peso e balanceamento. Rio de Janeiro: EAPAC, 1992.
- PORTO, N. M. L. **Resumo das Aulas da Disciplina História da Aviação**: Desenvolvimento do Transporte Aéreo no Brasil. Goiânia, 2013. 100 p. Apostila do Curso de História da Aviação – Curso de Ciências Aeronáuticas da PUC GO.
- RODRIGUES, L. E. M. J. **Fundamentos da Engenharia Aeronáutica**: Aplicações ao projeto SAE-AeroDesign. São Paulo: IF São Paulo.
- SAINTIVE, N. S. **Aerodinâmica de Alta Velocidade**. 10 ed. São Paulo: Asa Edições e Artes Gráfica Ltda, 2012.