

ARTIGO REF: 9003

ASPETOS CONSTRUTIVOS DE MODELO PARA ENSAIOS EM TÚNEL AERODINÂMICO

José Manuel Alves Ribeiro^{1(*)}, Maria José Varadinov², Cristina Dias²

¹Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD, Vila Real, Portugal

²Instituto Politécnico de Portalegre (ESTG), C3i - Portalegre, Portugal

(*)*Email*: jmar@utad.pt

RESUMO

O estudo e optimização de uma aeronave passam pela determinação dos seus seis coeficientes aerodinâmicos de força e de momento, com recurso à simulação computacional, ou pela medição experimental em ensaios de modelo reduzido em túnel aerodinâmico. No presente trabalho, abordam-se os aspectos construtivos de um modelo à escala de 1/13 do dirigível AS800, com 800 mm de comprimento, 18 litros de volume e uma relação diâmetro máximo/comprimento de 0.25. O modelo foi concebido para ensaios 2D e 3D, na gama de $Re \sim 10^6$, no túnel aerodinâmico do Laboratório de Aeronáutica da Academia da Força Aérea (AFA) em Sintra, equipado com uma balança electrónica de seis componentes e um sistema automático de aquisição de dados.

1. INTRODUÇÃO

O modelo foi concebido para ensaios 2D e 3D em túnel aerodinâmico, o tipo de construção do modelo foi o utilizado em aeromodelismo de alta competição, recoberto a balsa, reforçado e forrado a fibra de vidro, com regularização e acabamento superficial para pintura e envernizamento. A cor negra mate, foi escolhida para facilitar o contraste em visualizações com fumo e tufos de lã (Vide ponto 2.11). O interior do modelo é oco, como se mostra na figura 1, para poder comportar a fixação própria, com as dimensões adequadas à balança do túnel da AFA, assim como as ligações para as tomadas de pressão, (ver tabela 2), ao longo do modelo. Conforme descrito em pormenor no ponto 2.7

2. ASPETOS CONSTRUTIVOS DO MODELO

Na construção do modelo podemos distinguir as seguintes fases:

1. Construção das cavernas;
2. Colagem das longarinas e aplicação do forro;
3. Acerto dos topos (nariz e parte posterior);
4. Caixa de fixação à balança;
5. Regularização da superfície do modelo;
6. Forragem do modelo com fibra de vidro;
7. Colocação das tomadas de pressão e corte da tampa de ligação ao cabeçote;
8. Construção das derivas e da gôndola;

9. Regularização da superfície com acabamento para pintura;
10. Pintura e acabamentos;
11. Forma final;

2.1 Construção das cavernas

As dezassete cavernas foram projectadas e construídas, a partir do desenho do modelo AS 800, após o seccionamento em quarenta secções espaçadas de 2 cm como se pode ver na tabela 1. Estas são aros simples, seccionados em trinta e duas divisões de 3 x 3 mm excepto as do cabeçote que têm reforço horizontal e vertical, como se mostra na fig.1, sendo o vertical superior, já que a parte inferior é a tampa para fecho do encaixe do cabeçote, como se pode ver na fig.5. As cavernas aumentam de diâmetro até aproximadamente 2/3 do comprimento do modelo, diminuindo de seguida até à secção 35.

Do exposto, bem como, do número de cavernas para além das suas divisões, facilmente se conclui da necessidade de uma mesa de montagem. A mesa, como se mostra na figura 2, de forma paralelepípedica com as dimensões: 100X40X16 cm em MDF de 18 mm de espessura, o tampo da qual, em MDF de 3mm de espessura, com a forma do perfil do dirigível no qual se marcaram a posição das cavernas, que servia de guia para posterior colocação das cavernas e, com o intuito de as alinhar, construiu-se um gabarito em madeira de balsa com 3 mm de espessura, este encaixava num rasgo coincidente com o eixo vertical das cavernas, de 15 mm de profundidade e, 3 mm de espessura, no qual foi fixada uma longarina de 3x3 mm na parte inferior da mesa, na qual foram montadas e coladas as cavernas.

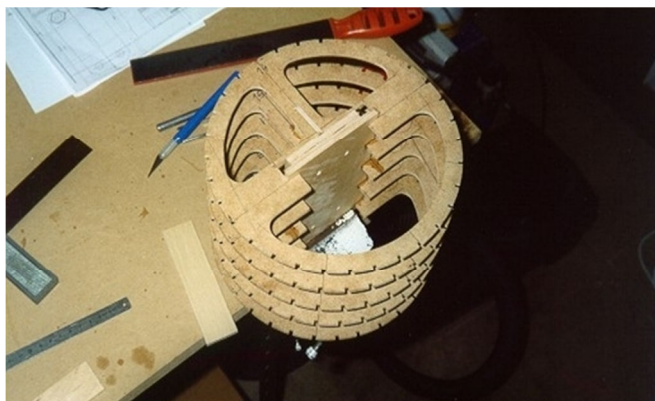


Fig.1 - Cavernas de suporte do cabeçote, com reforços horizontais e verticais.

O fecho das partes laterais, com o fundo da mesa, foi feito com duas calhas em L de alumínio amovíveis, ver fig.3.3, permitindo assim rodar as cavernas após a colocação das quinze primeiras longarinas.

As dimensões do modelo usadas foram escolhidas de acordo com a largura da secção de ensaio do túnel a utilizar, de modo a que se pudesse usar a secção aberta para minimizar correcções de bloqueamento em conjunto com placas de bordo marginal para ensaios bidimensionais.



Fig. 2 - Mesa de montagem do modelo. Com as longarinas, gomos, aros e sendo bem visível o perfil em L para fecho da mesa.

O fecho das partes laterais, com o fundo da mesa, foi feito com duas calhas em L de alumínio amovíveis, ver fig.2, permitindo assim rodar as cavernas após a colocação das quinze primeiras longarinas.

Tabela 1- Modelo AS800. Diâmetro de construção de cavernas, dimensões em mm, precisão das dimensões de torneamento $\pm 0,1$ mm

Nº	RAIO	DIÂMETRO	DIÂMETRO COMPENSADO	QUADRADO	DIÂMETRO DE TORNEAMENTO	OBS
3	58,6	117,2	114,2	130x130	114,2	2 peças
5	73,1	146,2	143,2	155x155	143,2	
8	87,4	174,8	171,8	180x180	171,8	
11	96,3	192,6	189,6	200x200	189,6	
14	101,0	202,0	199,0	210x210	199,0	
15 A	102,0	204,0	201,0	210x210	201,0	
17	102,3	204,6	201,6	210x210	201,6	
18 A	101,9	203,8	200,8	210x210	200,8	
20	101,3	202,6	199,6	210x210	199,6	
23	98,5	197,0	194,0	210x210	194,0	
26	93,8	187,6	184,6	200x200	184,6	
29	86,8	173,6	170,6	180x180	170,6	
31	80,7	161,4	158,4	180x180	158,4	
33	73,0	146,0	143,0	155x155	143,0	
35	63,3	126,6	123,6	130x130	123,6	2 peças

As dimensões do modelo usadas foram escolhidas de acordo com a largura da secção de ensaio do túnel a utilizar, de modo a que se pudesse usar a secção aberta para minimizar

correções de bloqueamento em conjunto com placas de bordo marginal para ensaios bidimensionais.

2.2 Colagem das longarinas e aplicação do forro

As trinta e duas longarinas com 640x3x3 mm foram coladas às cavernas nas respectivas secções, ver fig.2, tendo sido coladas inicialmente as quinze da parte superior da mediatriz da secção do modelo. Acabado este processo as cavernas foram rodadas 180° para colocação de mais quinze longarinas, as duas restantes correspondiam ao tampo da mesa e ao perfil tendo sido coladas no fecho do forro.

A aplicação do forro, como se pode ver na fig. 2, foi feita através de 32 gomos em balsa com 640 mm de comprimento e 1.5 mm de espessura, variando a largura de 10 mm na caverna 3, aumentando progressivamente até 20 mm na caverna 17 e diminuído também progressivamente até 12 mm na caverna 35. O fecho foi efectuado com as duas longarinas em falta.

Seguidamente procedeu-se ao acerto dos topos correspondentes às cavernas 3 e 35 com taco em lixa de madeira nº 300. Finalmente foi marcada a abertura para aperto ao cabeçote da balança.

2.3 Acerto dos topos (Nariz e parte posterior)

Para trabalhar os topos, ou seja a feitura do nariz e parte posterior do modelo, usou-se como referência o prolongamento de oito longarinas simétricas e opostas para a determinação do início e fim do modelo, tendo como referência o comprimento do eixo longitudinal.

Os topos foram construídos a partir de um bloco de madeira de balsa, tendo sido moldados com X-acto e lixa até ser levado à forma final com gabaritos da forma exterior longitudinal do dirigível. De seguida procedeu-se ao acabamento, com lâmina de barbear e afagado com taco em lixa de madeira nº 150, do nariz e parte posterior do modelo para se garantir uma sã ligação ao restante corpo do modelo.

Os topos, são amovíveis para facilitar o acesso ao interior do modelo, permitindo assim a ligação dos tubos às tomadas de pressão, bem como, facilitar o aperto do modelo ao cabeçote da balança. Os topos, como se mostra na fig. 3, são fixos às cavernas 3 e 35 através de quatro encaixes de macho e fêmea, sendo o macho constituído por um perno de carbono com 3 mm de diâmetro e 40 mm de comprimento penetrando 25mm na secção do nariz e parte posterior e, os restantes 15 mm encaixam na secção das cavernas 3 e 35 em tubos de alumínio com 20 mm de comprimento e com diâmetros interior e exterior respectivamente de 3,2 e 4 mm.

2.4 Caixa de fixação à balança

A caixa de fixação do modelo à balança, serve de apoio à base do cabeçote, foi feita das cavernas 14 à 20 inclusive, as cavernas 15 A e 18 A são intermédias entre as 14 e 17 e, 17 e 20 respectivamente, ver tabela 1. Com a finalidade de conferir maior resistência aos pontos de aperto, assim como, às forças aerodinâmicas desenvolvidas durante os ensaios no túnel aerodinâmico estas cinco cavernas diferem das restantes, ver figura 1. As restantes cavernas, como descrito anteriormente no ponto 2.1 são de aro simples, enquanto estas cinco têm um T construído a partir da linha média horizontal e vertical com a largura de 3 e 2 cm respectivamente, sendo o comprimento igual ao diâmetro das respectivas cavernas.



Fig. 3 - Topos de fecho do dirigível, sendo

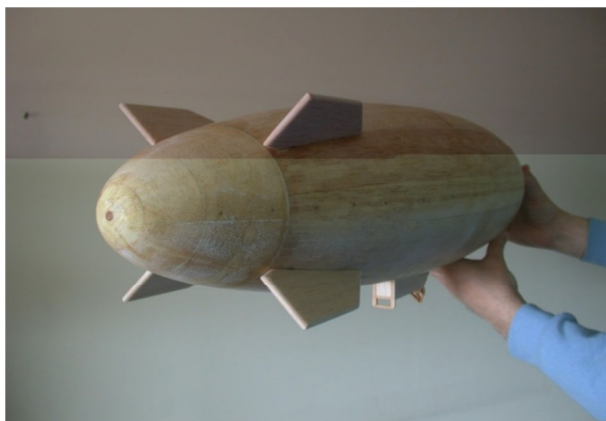


Fig. 4 - Modelo AS8000 com as derivas e a gôndola.

Para o aperto do modelo ao cabeçote da balança, foi construída uma caixa a qual foi embutida nas supra citadas cavernas, com o formato do mecanismo de fixação à balança, furação do cabeçote, sendo o fundo em contraplacado de 5mm e um rebordo de 1,5 cm. A caixa, relativamente às dimensões do cabeçote, tinha uma folga de 3 mm para permitir uma rápida e precisa colocação do modelo no supra citado cabeçote.

2.5 Regularização da superfície do modelo

Para esta operação e seguintes, foi construído um suporte para apoio do modelo através de uma longarina de madeira com 8 mm de diâmetro, permitindo assim, rodar o modelo em torno do eixo longitudinal sem este tocar o chão. Ver Figura 5.

Nesta fase, procedeu-se ao enchimento da superfície com betume de balsa (Hobbylite Balsa Colorede Filler) e à posterior regularização da superficial através de lixagem.



Fig. 5 - Suporte para apoio do modelo

2.6 Forragem do modelo com fibra de vidro

Segui-se a fase final da preparação, para a subsequente forragem com fibra de vidro. Para tal, preparou-se 100 g de resina, constituída por 62% de resina e 38% de secante, com mistura cuidadosa para boa homogeneização, seguida de diluição por 25% a 30% de metanol.

Procedeu-se então à forragem da superfície, do dirigível (assente no suporte supra citado.) com fibra de vidro de 18 g.m^{-2} , com compressão por folha plástica transparente, estendida por toda a superfície para melhor acabamento e uniformização da distribuição da resina, sendo o excesso de fibra cortado com X-acto.

2.7 Colocação das tomadas de pressão e corte da tampa de ligação ao cabeçote

As tomadas de pressão previamente marcadas, segundo as cotas da tabela 2, foram, após a forragem com fibra de vidro, furadas para encaixe de tubos de latão com 20 mm de comprimento e 1,5 mm de diâmetro, colados à estrutura do modelo com cianoacrilato, aos quais posteriormente foram acoplados tubos em silicone para ligação ao manómetro multi tubos, para leitura das pressões nas respectivas secções, estas são 37 desfasadas de 90° , a primeira é comum, à segunda corresponde a vigésima, à terceira corresponde a vigésima primeira e assim sucessivamente até à décima nona à qual corresponde a trigésima sétima.

Tabela 2- Modelo AS800
Cotas dos tubos de pressão do modelo AS800

Pressão Vertical	Pressão Horizontal	COTAS mm
1	****	0
2	20	6
3	21	20
4	22	40
5	23	80
6	24	120
7	25	150
8	26	190
9	27	240
10	28	295
11	29	355
12	30	420
13	31	480
14	32	540
15	33	600
16	34	640
17	35	680
18	36	720
19	37	760

De seguida foi cortada a tampa de ligação ao cabeçote, corte efectuado junto às longarinas a fim de não diminuir a rigidez do modelo, a 43° com a finalidade de acompanhar a linha de curvatura, em forma de coroa circular com $16 \times 12 \text{ mm}$, tendo um furo de 26 mm para permitir a entrada do veio da balança no modelo, reduzindo assim ao mínimo os fenómenos de interferência modelo/balança.

2.8 Construção das derivas e da gôndola

Foram construídas quatro derivas e a gôndola, amovíveis, utilizando a mesma escala do modelo, ou seja, 1/13, com o mesmo material do modelo. Ver Figura 4.

Cada deriva é fixada ao corpo do dirigível através de dois pernos em carbono, com 1 mm de diâmetro e quinze mm de comprimento, que encaixam em tubos de alumínio com 1,2 mm de diâmetro interno. A gôndola é fixa ao modelo do mesmo modo que as derivas sendo fixa por quatro pernos também em carbono.

2.9 Regularização da superfície para acabamento e pintura.

O acabamento superficial foi então iniciado com a regularização superficial de preparação para a pintura, através do enchimento da superfície não uniforme e dos poros com resina, seguido de lixagem com lixa de água (400 e 600) bem molhada para aumentar o deslize, ficando assim o dirigível pronto para a primeira demão de tinta.

2.10 – Pintura e acabamentos

A pintura da superfície do dirigível, foi feita com várias camadas de tinta acrílica negra mate (Spies Hecker, tipo Permacran Vorlack, série 293). Após a pintura de cada camada, o dirigível foi sucessivamente lixado com lixa de água 400 e água, fazendo-se aplicação localizada de uma mistura de pó de talco com tinta, para regularização superficial antes da demão de tinta seguinte.

Foram aplicadas cinco demãos de tinta, seguidas de três demãos de verniz acrílico (Spies Hecker Permacron Verdünnung 3363) com lixagem entre demãos com lixa de 800-1000, com água e polimento, até se obter uma superfície espelhada. Toda a pintura e aplicação de verniz foram feitas com aerógrafo.

Após a pintura foi verificada toda a tubagem, garantindo assim que esta se encontrava totalmente livre e desimpedida de possíveis resíduos, com a finalidade de garantir medições das pressões não falseadas.

2.11 – Forma final

A cor negra mate, como se mostra na fig.5, foi escolhida para facilitar o contraste em visualizações com fumo e tufos de lã. O dirigível assim obtido apresentava uma forma dimensionalmente tão próxima quanto possível dos valores de projecto e mostrou-se extremamente rígida e resistente à utilização normal.



Fig. 5 - Forma final do modelo AS800, sendo visíveis a gôndola, as derivas e a caixa de fixação à balança da AFA.

4. CONCLUSÕES

O modelo construído permitiu obter valores dos coeficientes de força e de momento para rumos de vento a toda a roda do envelope;

A presença de uma esteira comparativamente estreita, comparada com o diâmetro máximo do envelope, para escoamento incidente a derrapagem nula, mas com a maior parte das superfícies de guiamento e controlo da cauda nela imersas;

O modelo construído para ser utilizado nos ensaios mostrou-se perfeitamente adequado ao fim em vista, superando em qualidade as características impostas, à partida, apresentando robustez, leveza, acabamento superficial e versatilidade ótimas;

A extensão da perturbação do escoamento global pela presença da gôndola.

Em Portugal, o desenvolvimento dos conceitos e dos processos de logística inversa, têm sido iniciados mas de uma forma ainda incipiente e com evidentes lacunas na aplicação.

REFERÊNCIAS

[1]-Jane's Unmanned Aerial Vehicles and Targets, 1995.

[2]-Lourtie, P. Azinheira, J. R. Rente, J. P. and Felício, P. "ARMOR Project – Autonomous Flight Capability", AGARD FVP 95 Specialists Meeting on the Design and Operation of Unmanned Air Vehicles, Ankara, 1995. Khoury, G.A. e Gillet, J.D.-Airship Technology, Cambridge Aerospace Series, 2002.

[3]-Ribeiro, J.M.A. Optimização da Forma Aerodinâmica de um digível não Tripulado, Tese de Doutoramento, UTAD. Vila Real, 2009.