



ESTRUTURAS AERODINÂMICAS

MÁRCIO ALVES SUZANO

Obras do Autor

- ❖ **SUZANO**, *Márcio Alves*, **Peso e Balanceamento**, 2ª Ed. Rio de Janeiro: Armazém Digital, 2005.
 - ❖ **SUZANO**, *Márcio Alves*, **Materiais de Aviação**, 3ª Ed. Rio de Janeiro: Armazém Digital, 2005.
-



4ª Edição





Estruturas Aerodinâmicas

Copyright © 2007, Garamond Driven Publishing.

Todos os direitos são reservados, no Brasil por:

Márcio Alves Suzano

PoDeditora

Rua do Catete, 90 grp 201/202

Glória, Rio de Janeiro - RJ

Tel. 2236-0844

E-mail: suzanomarcio@yahoo.com.br

www.podeditora.com.br

www.marciosuzano.cjb.net

www.aerolitteris.zip.net

Nenhuma parte desta publicação pode ser utilizada ou reproduzida-em qualquer meio ou forma, seja mecânico, fotocópia, gravação, etc. – nem apropriada ou estocada em banco de dados sem a expressa autorização do autor.

Coordenação Editorial: PoDeditora

Capa: Marcos Menezes

Impressão e Acabamento: PoDeditora

Biblioteca Nacional - Brasil **Dados arquivados na Biblioteca Nacional**

Suzano, Márcio Alves, 1967-

ISBN - 978-85-60205-23-3

Certificado de Registro e Averbação:
Estruturas Aerodinâmicas

Este certificado protege à literalidade do trabalho apresentado, e não as idéias nele contidas.

Bibliotecário responsável: PoDeditora

“Dedico à minha amada esposa Rosângela de M. Suzano, meus filhos Thainá de M. Suzano e Rodrigo de M. Suzano, que foram fontes inspiradoras para meu encontro com a arte e a Jesus Cristo por permitir que eu esteja dedicando esta obra às pessoas que tanto amo”.

CONTEÚDO

PREFÁCIO	PÁG. 7
INTRODUÇÃO	PÁG. 8

ESTRUTURAS AERODINÂMICAS

CAP. I	CLASSIFICAÇÃO GERAL DAS AERONAVES	PÁG. 10
CAP. II	PARTES FUNDAMENTAIS DE UM AVIÃO	PÁG. 18
CAP. III	ASA	PÁG. 25
CAP. IV	FUSELAGEM	PÁG. 28
CAP. V	EMPENAGEM	PÁG. 29
CAP. VI	TREM DE POUSO	PÁG. 30
CAP. VII	PRINCIPAIS FORÇAS ATUANTES NA ESTRUTURA	PÁG. 36
CAP. VIII	REPAROS ESTRUTURAIS	PÁG. 40
CAP. IX	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA REBITAGEM	PÁG. 51
CAP. X	ESTRUTURA DE HELICÓPTEROS	PÁG. 54
	CONHECIMENTO TÉCNICO GERAL DE ESTRUTURAS	PÁG. 60
	QUESTIONÁRIO	PÁG. 77
	BIBLIOGRAFIA	PÁG. 90

PREFÁCIO

Nesta obra, procurei aglutinar tantos conhecimentos de engenharia, como técnicos de aviação, pois proporcionará a todos os leitores uma fácil compreensão. Este trabalho foi montado com o objetivo de proporcionar aos leitores esclarecimentos sobre conhecimentos de “Estruturas de avião e helicópteros”.

Este livro foi elaborado com a finalidade de reforçar o estudo dos interessados pela especialidade de estruturas aerodinâmicas, pois esta parte, se destina exclusivamente a “Engenharia Estrutural” da aeronave, utilizando-se de conhecimentos teóricos e práticos voltados à área de exatas. Procurei aglutinar tantos conhecimentos de engenharia, como técnicos de aviação, pois proporcionará a todos os leitores uma fácil compreensão.

Com base no conteúdo programático estabelecido, desenvolveu-se o que há de bom e objetivo nos métodos tradicionais, com o sistema moderno de ensino, fazendo com que o leitor, apanhando gosto pela especialidade, alcance com sucesso o desenvolvimento na aprendizagem. A que se propõe o objeto deste trabalho.

Autor: Eng^o/Esp MÁRCIO ALVES SUZANO

INTRODUÇÃO

O vôo é um velho sonho da humanidade. Por volta do ano de 1250, o frade inglês Roger Bacon sugeriu o ortóptero, máquina voadora, que bate asa como um pássaro.

Em 1490, Leonardo da Vinci, artista, arquiteto, engenheiro e homem de ciência (1452 – 1519), que estudara o vôo dos pássaros, projetou algumas máquinas voadoras, também do tipo ortóptero. Foi o primeiro que teceu considerações sérias sobre o vôo. Analisou, de modo bastante adiantado para a época, os fenômenos relacionados com a aerodinâmica, mostrando que as aves, para voar, se apóiam no ar.

O homem só conseguiu voar em aparelhos mais pesados que o ar, depois de abandonada a idéia de imitar as aves.

Em 1796, Sir George Gayley construiu um minúsculo helicóptero que só não voou por falta de um motor adequado.

A partir da segunda metade do século XIX, os planadores obtiveram grande sucesso, constituindo o passo decisivo para se chegar ao aeroplano.

O inglês Sir George Gayley, além do helicóptero, construiu um planador que, lançado do alto de uma colina, chegou a planar satisfatoriamente.

O primeiro homem, contudo, que conseguiu manter-se, efetivamente, no ar, em um planador e realizar estudos científicos sobre essa forma de vôo, foi o alemão Otto Lilienthal.

Entre os anos de 1891 e 1896, realizou vários vôos na Alemanha, lançando-se do alto de uma colina. De cada um destes vôos deixou minuciosos relatos.

Projetara equipar um dos seus lançadores com motor. Não chegou a realizar esse plano por ter morrido, quando um de seus aparelhos se destruiu em pleno ar.

Pelo final do século XIX, várias experiências foram efetuadas com planadores equipados com motores de diversos tipos.

Clément Ader, na França, com seu aparelho denominado Avion (nome mais tarde incorporado ao vocabulário aeronáutico), Langley, nos EUA e Phillips e Maxim, na Grã-Bretanha, estiveram a ponto de conseguir o vôo mecânico do mais pesado que ar.

Mas somente em 23 de outubro de 1906, Alberto Santos Dumont, brasileiro, nascido em Minas Gerais a 20 de julho de 1873, realizou o primeiro vôo de um avião.

ESTRUTURAS AERODINÂMICAS

CAPÍTULO I

Classificação Geral das Aeronaves

São as máquinas destinadas ao transporte de pessoas e de utilidades através do ar.

As aeronaves são classificadas em dois grupos: aeróstatos (mais leve de que o ar) e aeródinos (mais pesados que o ar). Os aeróstatos sustentam-se no ar segundo o princípio de Arquimedes que diz: “*Todo corpo imerso em um fluido, sofre um empuxo para cima, igual ao peso do fluido deslocado*”. Os aeróstatos compreendem os balões livres, os balões cativos e os dirigíveis.

Os aeróstatos são cheios com ar quente ou com gás menos denso do que o ar, como por exemplo: hélio, hidrogênio, etc. Os dirigíveis diferem dos balões porque possui dispositivo moto propulsores que possibilita o seu vôo enquanto que os balões deslocam-se pela ação das correntes aéreas.

Os aeródinos sustentam-se no ar dinamicamente devido às reações aerodinâmicas que surgem entre o ar e a aeronave ou dispositivos destas. No grupo dos aeródinos estão atualmente incluídos: avião, giro plano, helicópteros e planador.

1. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO TIPO

- a) Litoplanos;
- b) Hidroaviões;
- c) Anfíbios;
- d) Autogiros;
- e) Planadores;
- f) Deltas; e
- g) Helicópteros.

Litoplano – A aeronave com capacidade de decolar e pousar em superfícies sólidas (litosfera), equipada com trem de pouso ou aterragerem.



Hidroavião – Aeronave com capacidade de decolar e pousar (amerissagem ou amaragem) em superfícies líquidas. Aviões do tipo hidro são os que já foram projetados para essa finalidade. Dotados de fuselagem apropriada para flutuar na água ou adaptadas para esse fim, com flutuadores. Podem ser de dois tipos: aerobotes e com flutuadores.

Anfíbio – Aeronave com capacidade de decolar e pousar em superfícies sólidas e líquidas. Um avião é anfíbio

quando a sua fuselagem é um aerobote com flutuadores laterais e dotado com trem de aterrager escamoteável.



Autogiro – É uma aeronave de asa auto-rotatória apresentando uma combinação de helicóptero e avião convencional. A tração é fornecida por hélice tratora e um motor, semelhante aos dos helicópteros, que dá sustentação. O rotor gira pela reação da corrente de ar, produzida pela tração da hélice.



Planadores – Aeronave sem motor, cujo lançamento no espaço tem que ser feito pelo sistema de reboque ou arremesso. São volívolos, isto é, praticam vôo, à vela. Os planadores são impulsionados pelas correntes de ar

ascendentes. Existem muitas ocasiões em que às condições de tempo são favoráveis para a formação de massas ascensional. Essas massas de ar ascendentes que se denominam, geralmente, nos círculos de planadores, como “térmicas” são as condições de tempo mais usadas para vôos à vela prolongados e para melhor altura.



Delta – É um avião, cuja forma das asas se assemelha à quarta letra do alfabeto grego, um triângulo equilátero. Combina ailerons em uma só unidade, localizada no bordo de fuga das asas: os “elevons”. Comandos diferenciais acionam-se separadamente.



Helicóptero – Aeronave de asa rotatória, com capacidade de voar em qualquer plano, isto é, horizontal, vertical, diagonal e ficar pairado no ar. Essas qualidades fazem o helicóptero o mais versátil aparelho de voar.



Convertiplano – É um avião no qual o órgão que produz a ascensão vertical, gira 90 graus e se transforma em órgão de tração. Exemplo Bell XV-3 e Harrier.

Vertiplano – É o avião que faz decolagem e pouso de cauda, isto é, com conversão total da aeronave.

2. CLASSIFICAÇÃO QUANTO A DECOLAGEM E POUSO

Local de pouso e decolagem – Refere-se esta classificação ao tipo de pista onde o avião opera. Tem-se:

Superfície

Líquida

Sólida

Líquida e Sólida

Avião

Aquático ou Hidroavião

Terrestre

Anfíbio

Hoje em dia a uma tendência muito grande em reduzirem-se as distâncias de pouso e de decolagem dos aviões; chegando-se a ponto de certos tipos decolarem quase na posição vertical como fazem os aviões VTOL e os STOL. A designação dos referidos aviões é feita adotando-se as letras iniciais das palavras inglesas. Assim:

V – Vertical \longrightarrow (Vertical)

TO – Take Off \longrightarrow (Decolagem)

L – Landing \longrightarrow (Aterragem)

S – Short \longrightarrow (Curta)

Em português esses aviões seriam melhores identificados por VTOL – avião de decolagem e aterragem vertical e o STOL avião de decolagem e aterragem curta.

3. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO NÚMERO DE LUGARES

- a) Monoplace: somente o piloto;
- b) Biplace: dois lugares;
- c) Triplace: três lugares;
- d) Quadriplace: quatro lugares; e
- e) Multiplace: acima de quatro lugares.

4. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO NÚMERO DE MOTORES

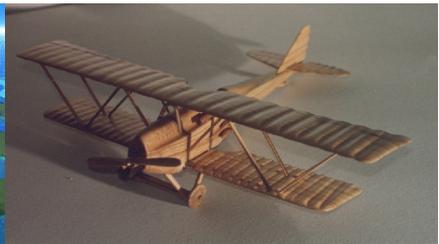
Há atualmente, aviões com um, com dois, com três, com quatro e com vários motores. Conforme a quantidade de motores classificam-se os aviões em:

- a) Monomotores ou Monoreatores: um grupo moto-propulsor;
- b) Bimotores ou Bireatores: dois grupos moto-propulsores;
- c) Trimotores ou Trireatores: três grupos moto-propulsores;
- d) Quadrimotores ou Quadrireatores: quatro grupos moto-propulsores; e
- e) Polimotores ou Polireatores: mais de quatro grupos moto-propulsores.



5. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO NÚMERO DE PLANOS

- a) Monoplano: somente uma asa;
- b) Biplano: duas asas; e
- c) Triplano: três asas.



CAPÍTULO II

Partes Fundamentais de um Avião

Todo avião compõe-se, essencialmente, das seguintes partes:

- a) **Fuselagem:** É a parte do avião onde estão presas as asas e os estabilizadores; serve para transportar a carga útil.
- b) **Asas:** A principal função das asas é a de criar, através das reações aerodinâmicas, a força de sustentação que suporta o avião.
- c) **Empenagem:** É o conjunto de cauda formado pelos estabilizadores vertical e horizontal e superfícies de controle a eles presos, que proporcionam estabilidade ao avião em vôo e mudam a sua atitude.
- d) **Superfície de comando:** As superfícies de comando são classificadas em dois grupos: **primárias** e **secundárias**.
- e) **Trem de pouso:** É o órgão necessário para suportar o avião no solo e permite as manobras de **decolagem** e **pouso**.
- f) **Grupo moto-propulsor:** Serve para produzir a tração necessária para vencer a resistência do ar. Ele consiste do motor ou motores; hélice (quando for convencional ou turbo-hélice) e também turbo-jato.

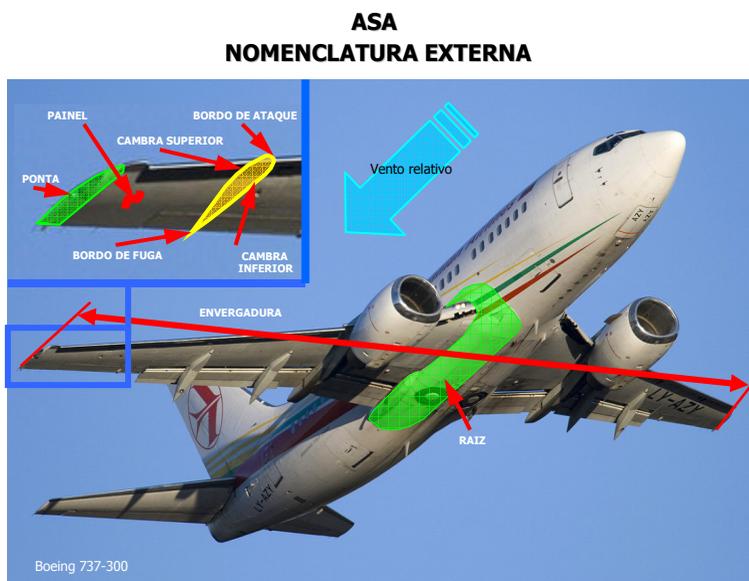


CAPÍTULO III

Asa

É uma superfície plana, horizontal, cuja principal finalidade é manter o avião no ar ou, em outras palavras, é o que produz sustentação. Poder servir também como alojamento do trem de pouso, tanques de combustível, máquina fotográfica, metralhadora, berço dos motores, etc.

1. NOMENCLATURA EXTERNA DA ASA



a) **Painel:** É parte da asa da ponta até a junção com a fuselagem. Portanto, um avião monoplano tem dois painéis de asa: o esquerdo e o direito, podendo ser denominadas de asa esquerda e asa direita.

- b) **Envergadura:** É a distância em linha reta de uma ponta a outra da asa.
- c) **Base ou Raiz:** É parte onde é fixada à fuselagem.
- d) **Bordo de Ataque:** É a parte dianteira da asa.
- e) **Bordo de Fuga:** É a parte traseira da asa, por onde se dá a vazão dos filetes de ar.
- f) **Ponta da asa:** É a extremidade da asa a parte mais distante da fuselagem.
- g) **Cambra superior:** Superfície dorsal do aerofólio, geralmente de formato reto, na qual os filetes de ar do vento relativo passam a uma velocidade mais ou menos uniforme.
- h) **Cambra inferior:** Superfície ventral do aerofólio, geralmente de formato reto, na qual os filetes de ar do vento relativo passam a uma velocidade mais ou menos uniforme.
- i) **Montante:** Peça alongada de forma aerodinâmica, que tem por finalidade suportar certos elementos do avião, tais como: a asa e pernas de força do trem de pouso fixo.
- j) **Aerofólio:** É toda superfície curva destinada a oferecer reações úteis quando em deslocamento através do ar.

2. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO FORMATO

- a) **Retangular:** Aerodinamicamente mais eficaz, produzindo maior sustentação.
- b) **Trapezoidal:** Construção mais sólida com maior fixação à fuselagem.
- c) **Elíptica ou afilada:** Tipo que combina as qualidades acima: boa sustentação e boa fixação.

3. CLASSIFICAÇÃO QUANTO A POSIÇÃO

- a) **Baixa:** Tangenciando a parte inferior da fuselagem.