

MATERIAIS DE AVIAÇÃO



MATERIAIS DE AVIAÇÃO

MÁRCIO ALVES SUZANO

Obras do Autor

❖ **SUZANO, Márcio Alves, Estruturas Aerodinâmicas, 3ª Ed.**
Armazém Digital, Rio de Janeiro, 2007.

❖ **SUZANO, Márcio Alves, Peso e Balanceamento, 2ª Ed.** *Armazém Digital, Rio de Janeiro, 2007.*



4ª Edição





Materiais de Aviação

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 - 978-85-60205-21-9

Certificado de Registro e Averbação:

Materiais de Aviação

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

Bibliotecário responsável: PoDeditora

Dedico esta obra à minha querida esposa, filhos e a meus queridos pais.

Agradeço aos que colaboraram, de uma ou de outra maneira, para a conclusão deste trabalho, os mais sinceros agradecimentos. Citar nomes seria correr o risco de alguma omissão, que embora involuntária, seria injusta, portanto, a todos muito obrigado.

ÍNDICE

RECORDAÇÃO	11
I – ESFORÇOS E DEFORMAÇÕES.....	13
1- CARGA	
2- ESFORÇOS	
3- CLASSIFICAÇÃO DO CORPO	
4- CLASSIFICAÇÃO DAS CARGAS	
5- TIPOS DE LIMITES DE DEFORMAÇÃO	
6- TIPOS DE RUPTURAS	
II – MATÉRIAS PRIMAS.....	16
1- MINÉRIOS	
2- PROPRIEDADES FÍSICAS DOS METAIS	
3- LIGAS METÁLICAS	
4- ALUMÍNIO	
5- LIGAS DE ALUMÍNIO	
6- IDENTIFICAÇÃO DAS LIGAS DE ALUMÍNIO	
7- LIGAS DE AÇO	
8- ADIÇÃO DE METAIS AO AÇO	
9- OS METAIS QUE SÃO ADICIONADOS AO AÇO	
10- IDENTIFICAÇÃO DAS LIGAS DE AÇO	
11- TRATAMENTOS E IDENTIFICAÇÃO	
III – MATERIAIS PRIMÁRIOS.....	38
1- REBITES	
2- REBITES ESPECIAIS	
3- PARAFUSOS	
4- PORCAS	
5- ARRUELAS	

IV – CORROSÃO.....	78
1- DEFINIÇÃO	
2- PROCESSOS DE CORROSÃO	
3- IDENTIFICAÇÃO DA CORROSÃO	
4- INSPEÇÕES	
5- PROTEÇÃO DAS SUPERFÍCIES	
6- FORMAS DE CORROSÃO	
BIBLIOGRAFIA.....	84

PREFÁCIO

Este trabalho foi montado com o objetivo de proporcionar aos leitores esclarecimentos sobre conhecimentos de “Materiais de Aviação”.

Este livro foi elaborado com a finalidade de reforçar o estudo dos interessados pelos conhecimentos de aeronaves de asa fixa e rotativa, pois esta parte se destina exclusivamente a dar suporte aos conhecimentos de “Grupo Moto-Propulsor - GMP e Células” da aeronave, utilizando-se de conhecimentos teóricos e práticos voltados à área de exatas.

Nesta obra, 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 pelos diversos materiais aeronáuticos, 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.

RECORDAÇÃO

Matéria: É tudo que ocupa lugar no espaço e pode ser pesado.

Ex: água, ferro, ar, etc.

Corpo: É uma porção limitada da matéria.

Ex: Cobre é a matéria, e o pedaço de fio é um corpo.

Objeto: É um corpo com forma especial.

Ex: cadeira – madeira é o corpo, e a cadeira o objeto.

Força: É a ação de um corpo sobre o outro.

Ex: gravidade:

A força tem:

3ª Lei de Newton: Toda ação corresponde a uma reação de mesma intensidade, mesmo sentido e mesma direção.

Direção: Vertical, de cima para baixo ou de baixo para cima;

Sentido: De cima para baixo;

Intensidade: $9,81\text{m/s}^2$. Quando não especificada vale 10 m/s^2 .

O avião em vôo está sujeito a uma grande variedade de forças, não só devido às manobras que executa, mas também, por causa da ação das correntes aéreas que produzem as forças aerodinâmicas.

As forças externas, independente da natureza das mesmas, que atuam no avião chamam-se cargas.

A resistência que o corpo ou a estrutura do avião oferecem às cargas é também uma força, porém interna, conhecida pelo nome de esforços. (3ª Lei de Newton “Ação e Reação”).

As cargas produzem deformações nos corpos e nas estruturas. Se a deformação for permanente, isto é, se não houver retorno do corpo ou da estrutura as suas dimensões originais cessadas a ação das cargas, diz-se que o corpo e a estrutura são de natureza plástica. No caso oposto, isto é, não havendo deformação permanente, então o corpo e a estrutura são de natureza elástica.

As forças podem agir combinadamente, como tração, torção e flexão.

O conhecimento da estrutura dos metais e de seus usos e limitações de resistência são vitais para construir e manter qualquer equipamento, especialmente as estruturas aeronáuticas.

Um pequeno desvio das especificações de projeto quando se faz manutenção ou reparo, ou na utilização de materiais com qualidade inferior, pode resultar na perda de equipamentos e vidas humanas.

É importante estar familiarizado com as propriedades físicas dos diversos metais para a seleção do material correto, num trabalho de reparo dentro das especificações previstas pelo fabricante.

- I- Esforços e Deformações
- II- Matérias Primas
- III- Materiais Primários
- IV- Corrosão

Obs: tudo que sofrer “Stress” leia tensão ou esforços.

Conversão: $\text{PSI} = \text{Kg/cm}^2 \times 14,22$
 $\text{Kg/cm}^2 = \text{PSI} \times 0,07031$

I – ESFORÇOS E DEFORMAÇÕES

(Obs.: Observar bem os “termos empregados”).

1 – **Cargas**: São forças externas que atuam sobre um corpo.

2 – **Esforços**: É a resistência oferecida pelo corpo às cargas.

3 – **Classificação do corpo ou da estrutura quanto à natureza da deformação:**

3.a) **Plástica**: Deformação permanente, o corpo não tende a retornar à forma original.

3.b) **Elástica**: Deformação temporária, o corpo tende a retornar à sua forma original.

Observação: O corpo de natureza elástica, possui uma estrutura molecular com grande percentual de propriedades de elasticidade.

4 – **Classificação das cargas (forças):**

São classificadas em 5 tipos: Tração; Compressão; Flexão; Torção e Cisalhamento.

4.a) **Tração** :

“É o esforço causado por duas forças que atuam na mesma direção e sentidos opostos” e que tende a provocar o alongamento do corpo.

4.b) **Compressão:**

“É o esforço causado por duas forças que atuam na mesma direção e sentidos opostos” que tende a provocar a diminuição do comprimento do corpo (amassamento).

4.c) **Flexão:**

É o esforço que uma ou mais forças produzem quando atuam no sentido de dobras ou fletir um corpo. (Tração e Compressão atuam ao mesmo tempo).

4.d) **Torção:**

É o esforço que aparece quando a força ou as forças atuam em um corpo torcendo-o.

4.e) **Cisalhamento:**

“É o esforço produzido por duas ou mais forças opostas de mesma direção, atuando paralelamente em um corpo”. As forças são iguais e estão próximas uma da outra e tem a sua direção perpendicular a um dos eixos do corpo (podendo ser feito por tração ou compressão).

5 – **Tipos de limites de deformação:**

5.a) **Proporcionalidade:** A deformação é proporcional às cargas aplicadas.

5.b) **Elasticidade plástica:** A deformação é desproporcional as cargas aplicadas; (Material sofre um alongamento, entretanto, **NÃO** se rompe).

5.c) **Ruptura:** É a deformação máxima que o corpo atinge antes de se romper; (Material rompe, entretanto não podemos definir um ponto exato, pois os ensaios destrutivos da peça são feitos por dados probabilísticos).

6 – **Tipos de Rupturas:**

6.a) **Ruptura por estática:**

A ruptura por estática se dá através de aplicações de cargas contínuas (aumento contínuo).

6.b) **Ruptura por impacto:**

A ruptura por impacto se dá através de cargas repentinas. (quebra do trem de pouso em pouso placado).

6.c) **Ruptura por fadiga:**

A ruptura por fadiga se dá através de cargas cíclicas e variações de temperatura (intempéries).

Obs: (vibrações e frequência de turbulência em vôo diminui o TLV – Tempo Limite de vida).

II – MATÉRIAS PRIMAS

1 – **Minérios:** É o metal mais substâncias inúteis (canga) encontradas na natureza.

<u>Metal</u>	<u>Minério</u>
Alumínio.....	Bauxita
Ferro.....	Hematita
Cobre.....	Cuprita
Chumbo.....	Galena
Zinco.....	Blenda
Estanho.....	Cassiterita

2 – Propriedades Físicas dos Metais:

A) Elasticidade: É a propriedade física que o metal possui de se deformar e retornar a sua forma original.

B) Ductibilidade: É a propriedade física que o metal possui de se reduzir a fios (trefilação).

Obs: Trefilação passar de um diâmetro maior para um diâmetro menor por tração.

C) Maleabilidade: É a propriedade física que o metal possui de se reduzir a chapas (martelagem) e a lâminas (laminação). Ambos por processos industriais.

D) Dureza: É a propriedade física que o metal possui de resistir a riscos e cortes ou a penetração.

E) Fusibilidade: É a propriedade física que o metal possui de se fundir (passar para o estado líquido).

F) Outros: Condutividade, Resistência, Fragilidade, Densidade, Dilatação.

3 – Ligas Metálicas: União de dois ou mais metais. (normalmente acima de dois metais)

4 – Alumínio: A partir de 1866 obtido pelo processo de eletrólise do mineral Bauxita tem resistência a tração da ordem de 13.000 PSI.

A) Metal de grande aplicação aeronáutica.

B) Dúctil, maleável, bom condutor de calor, de eletricidade, pouca resistência mecânica.

C) Muito anticorrosivo.

D) A identificação do Alumínio puro é 1.100 ou 2S (comercialmente – 2S – classificação antiga – tem um pouco de manganês).

5 – Ligas de Alumínio:

Característica:

- Pouco peso, (1/3 do peso do aço);
- Considerável resistência à tração. (A liga 7075-T6 é da ordem de 80.000 PSI – comparado aos aços de baixo carbono);
- Larga aplicação em estruturas aeronáuticas;
- Módulo de elasticidade 1/3 do aço;
- Coeficiente de expansão térmica o dobro do aço.
- (continua em desenvolvimento e a Aviação acompanha)

A) Conhecida por dural ou duro – Alumínio.

B) Pouco anticorrosivo (oxidação do Alumínio: pó branco).

C) Cobertura com Alumínio puro: ALCLAD por deposição eletrolítica da ordem de 5,5% da Ech (.005”) para proteção contra corrosão.

D) Composição das ligas: cobre, manganês, magnésio etc. Porcentagem total dos componentes entre 6 a 7% em média.

E) Identificação: através de quatro (4) números XXXX.

Obs: Normalizado pela M.S (Military Standard) ou AN (Army e Navy) adotado em nossa aviação.

6 – Identificação das ligas de Alumínio:

Elemento de maior quantidade	Controle sobre impureza	Identificação antiga ou Alumínio acima de 99% em quantidade (*)
X	X	XX
1 – Alumínio (*) 2 – Cobre 3 – Manganês 4 – Silício 5 – Magnésio 6 – Magnésio-Silício 7 – Zinco 8 – Outros 9 – Não padronizados		

Classificação Antiga

~~00S~~
~~01S~~ } Foram canceladas

02S – Iniciou-se a partir dos 2S {Alumínio Industrial Puro.

03S

. . S – Especificação Standard (Padrão)

.

17S Sem S ligas só para fundição.

.

.

61S (Dois números era muito pouco referencial para estudo).

Nova Classificação MS ou AN

(4 dígitos) XXXX.

1º Algarismo – Elemento de Maior Quantidade

1XXX – Alumínio

2XXX – Cobre

3XXX – Manganês

.

.

7XXX – Zinco

2º Algarismo – Controle sobre Impureza

X0XX – sem controle de impureza

X1XX – controle sobre 1 impureza

X2XX – controle sobre 2 impurezas

3º e 4º Algarismos – Identificação Antiga

XX02 – Liga 2S – Alumínio

XX03 – Liga 3S – Manganês

.

.

XX24 – Liga 24S – Cobre e Manganês

Somente para as ligas de Alumínio 1XXX os dois últimos Algarismos representam a porcentagem de Alumínio acima de 99%, quando o elemento de maior quantidade é o Alumínio.

1130 – 1XXX – Alumínio puro 99% (classificação antiga 2S)

X1XX – Controle sobre 1 impureza

XX30 – porcentagem de Alumínio acima de 99% ⇒ 99,3%.

Exemplo: 2024 Liga de Alumínio

- 2 - Elemento de maior quantidade Cobre
- (tem outros componentes Mn – Ni e outros)
- 0 - Sem controle de impureza
- 24 - Identificação antiga 24S.