

## CAPÍTULO 2

### MONTAGEM E ALINHAMENTO

#### INTRODUÇÃO

Este capítulo inclui tanto montagem quanto alinhamento, uma vez que estas matérias estão diretamente relacionadas. A montagem envolve o ajuntamento das diversas seções componentes de uma aeronave, tal como seção da asa, unidades da empenagem, naceles e trem de pouso.

Alinhamento é o ajuste final das diversas seções componentes para proporcionar a reação aerodinâmica apropriada.

Duas considerações importantes em toda operação de montagem e alinhamento são: (1) Operação apropriada do componente quanto à sua função mecânica e aerodinâmica; e (2) manutenção da integridade estrutural da aeronave, através da utilização correta dos materiais, estrutura e dispositivos de segurança.

Montagem e alinhamento impróprios, podem resultar na exposição de determinados componentes em esforços, maiores do que aqueles para as quais eles foram projetados.

A montagem e o alinhamento devem ser feitos de acordo com os requisitos prescritos pelo fabricante da aeronave. Esses procedimentos são geralmente detalhados no manual de serviço, ou no de manutenção aplicável.

A especificação da aeronave ou a folha de dados de especificação de tipo, também proporcionam informações valiosas relativas ao controle.

O alinhamento dos sistemas de controle varia com cada tipo de aeronave, dessa forma, seria impraticável definir um procedimento preciso. Contudo, alguns princípios aplicam-se para todas as situações, e isso será discutido nesse capítulo.

É essencial que as instruções do fabricante da aeronave sejam seguidas, quando ajustando uma aeronave.

#### SISTEMAS DE CONTROLE DE VÔO

São usados, geralmente, três tipos de sistemas de controle: (1) a cabo; (2) por meio de hastes rígidas; e (3) sistema de tubo de torque. O sistema de cabo é extremamente mais

utilizado porque as deflexões da estrutura, na qual está instalado, não afetam a sua operação. Muitas aeronaves incorporam sistemas de controle que são a combinação de todos os três tipos.

#### Ferragens do sistema de controle de vôo, ligações mecânicas e mecanismos

Os sistemas que operam as superfícies de controle de vôo, ferragens, hastes de ligação e mecanismos. Esses itens conectam as superfícies de controle aos controles na cabine.

Incluídos nestes sistemas, estão conjuntos de cabos, guias de cabos, ligações, batentes ajustáveis, amortecedores das superfícies de controle ou mecanismos de travamento, unidades de reforço das superfícies de controle, atuadores operados por motores hidráulicos.

#### Conjunto de cabos

Um conjunto convencional de cabos consiste de cabo flexível, terminais (prensados na extremidade do cabo) para a ligação com outras unidades, e esticadores. As informações com relação a construção de cabos convencionais e as terminais de ligação, estão contidas no capítulo 6 do Livro de Matérias Básicas.

Em cada inspeção periódica regular, os cabos deverão ser inspecionados por quebra dos fios, passando um pano ao longo do seu comprimento e observando os pontos onde o pano fica preso.

Para uma cuidadosa inspeção do cabo, movemos a superfície de controle para o seu limite extremo de curso. Isto permitirá a verificação das áreas do cabo na polia, guia do cabo e do tambor.

Se a superfície do cabo estiver corroída, aliviemos a tensão do cabo. Então, cuidadosamente forçamos a abertura do cabo distorcendo os fios, e inspecionamos o interior. A corrosão no interior dos fios do cabo é considerada como falha, devendo o cabo ser substituído.

Se não existir corrosão interna, removemos a corrosão externa com um trapo de

pano grosso ou escova de fibra. Nunca devemos usar escovas de fios metálicos ou solventes para limpar o cabo. Escovas metálicas incrustadas com diferentes partículas metálicas poderão causar futuras corrosões.

Solventes removem o lubrificante interno do cabo, resultando também em futuras corrosões. Após a limpeza cuidadosa do cabo flexível, aplicamos um composto preventivo da corrosão. Esse composto preserva e lubrifica o cabo.

A ruptura dos fios ocorre mais freqüentemente onde os cabos passam sobre polias, e através dos guias de cabo. Pontos típicos de quebra são mostrados na figura 2-1. Os cabos de controle e arames deverão ser substituídos, se estiverem desgastados, distorcidos, corroídos ou com outro tipo de avaria.

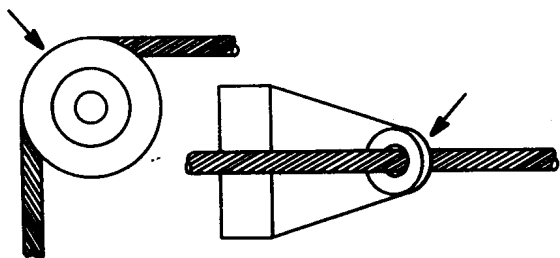


Fig. 2-1 Pontos típicos de ruptura de cabos.

Cabos revestidos são usados ao longo de algumas das grandes aeronaves. Eles consistem de cabos de aço flexível, convencionais, envolvidos em um tubo de alumínio prensado para prender o cabo em seu interior.

A construção do cabo revestido tem certas vantagens. As mudanças de tensão, devido a temperatura, são menores do que nos cabos convencionais. Além disso, a quantidade de estiramento em uma determinada carga, é menor do que a que ocorre com o cabo convencional.

Os cabos revestidos devem ser substituídos quando a cobertura estiver desgastada, expondo fios com desgaste, quebrada, ou apresentando pontos de desgaste causados pelo atrito com os pinos guia dos cabos.

## Esticadores

O esticador é um dispositivo usado nos sistemas de cabo de controle para o ajuste da

tensão do cabo. A parte central do esticador possui rosca esquerda interna em uma das extremidades e rosca direita, também interna, na outra extremidade. Quando ajustando a tensão do cabo, os terminais são aparafusados em igual distância, em ambos os finais, na parte central.

Após o ajuste do esticador, ele deverá ser frenado. Os métodos de frenagem de esticadores são abordados no capítulo 6 do Livro Matérias Básicas.

## Conectores de cabo

Em adição aos esticadores, conectores de cabo são usados em alguns sistemas. Esses conectores permitem que um cabo seja rapidamente conectado ou desconectado de um sistema. A figura 2-2 ilustra um tipo usado de conector de cabo. Esse tipo é conectado ou desconectado pela compressão da mola.

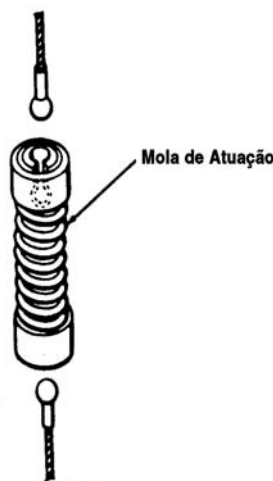


Figura 2-2 Conector de cabo do tipo mola.

## SISTEMAS DE CONTROLE OPERADOS HIDRAULICAMENTE

Como a velocidade dos mais recentes modelos de aeronaves aumentou, a atuação dos controles em vôo ficou mais difícil. Logo, tornou-se evidente que o piloto necessitaria de auxílio para superar a resistência do fluxo de ar, para controlar o movimento.

Os compensadores de mola, que eram operados pelo sistema de controle convencional, eram movimentados para que o fluxo de ar sobre eles, realmente movessem as superfícies de controle primário. Isso era suficiente para as aeronaves que não operavam em uma gama de alta velocidade (250 - 300 m.p.h.).

Para as altas velocidades foi projetado um sistema de controle auxiliado por força hidráulica.

Sistema de cabos de comando convencionais, ou de hastes rígidas, estão instalados e fixados a um quadrante de transmissão de força. Com o sistema ativado, o esforço do piloto é usado para abrir as válvulas, direcionando, desse modo, o fluido hidráulico para os atuadores, os quais estão conectados às superfícies de controle por hastes de comando.

Os atuadores movem as superfícies de controle para a condição de voo desejada. O esforço inverso move a superfície de controle na direção oposta.

### Controle manual

O sistema de controle da cabine é conectado por uma haste através do quadrante de transmissão de força ao sistema de controle do atuador. Durante a operação manual, o esforço do piloto é transmitido ao manche, e, por ligações diretas a superfícies de controle. Os aviões que não têm sistema de reversão manual podem ter pelo menos três fontes de força hidráulica: principal, secundária (standby) e auxiliar. Alguns ou todos os controles primários podem ser operados por esses sistemas.

### Trava dos comandos

Um came no eixo do quadrante de controle encaixa em um rolete, sobre pressão de mola, para neutralizar os controles com o sistema hidráulico desligado (aeronave estacionada).

A pressão é bloqueada nos atuadores e desde que os controles estejam neutralizados pelo came e rolete, nenhum movimento das superfícies de controle será permitido.

### GUIAS DOS CABOS

Os guias dos cabos (figuras 2-3) consistem primariamente de guias, selos de pressurização, e polias.

Um guia de cabo pode ser feito de material não metálico, tal como o FENOL, ou um material metálico macio como o alumínio. Os guias envolvem o cabo na sua passagem por orifícios em paredes, ou qualquer outra parte metálica. Eles são usados para guiar os cabos em

linha reta, através, ou entre partes estruturais da aeronave. Os guias nunca alteram o alinhamento do cabo mais do que 3° da linha reta.

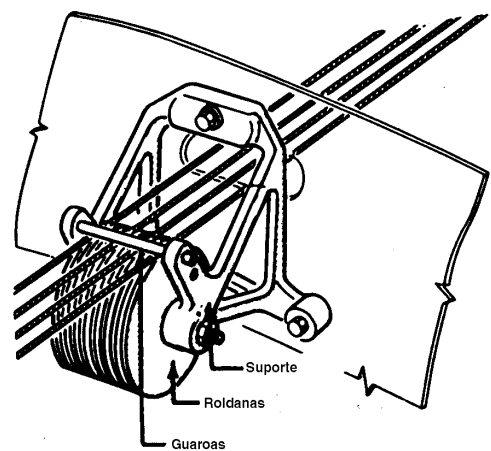
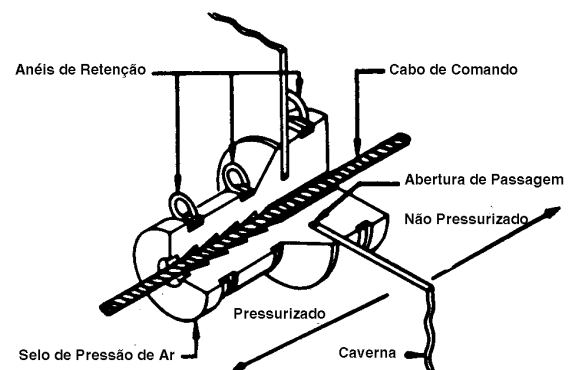
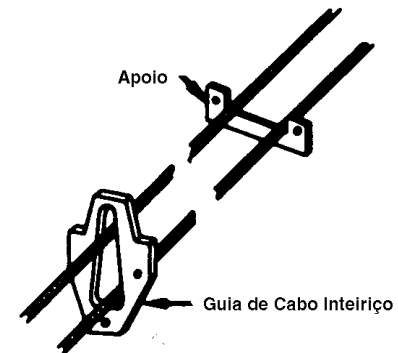
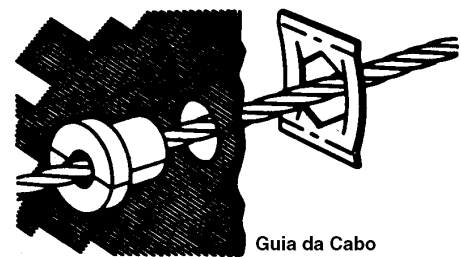


Fig. 2-3 Guias dos cabos de comando.

Selos de pressão estão instalados onde os cabos (ou hastes) se movem através das cavernas de pressão. O selo agarra fortemente o bastante para evitar perda de pressão de ar, mas não para impedir o movimento do cabo.

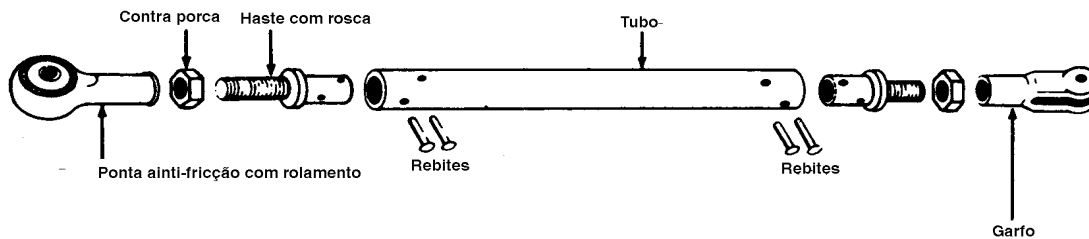
Os selos de pressão devem ser inspecionados em intervalos regulares, para determinar que os anéis de retenção estão no lugar. Se um anel de retenção soltar-se, ele pode escorregar ao longo do cabo e causar emperramento de uma roldana.

Roldanas são usadas para guiar os cabos e também para mudar a direção do movimento do cabo.

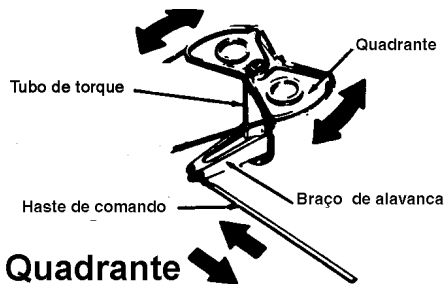
Os rolamentos das roldanas são selados, e não necessitam de outra lubrificação senão aquela feita na fabricação. Braçadeiras presas à estrutura da aeronave suportam as roldanas. Os cabos que passam sobre as roldanas são mantidos no lugar por guardas bem ajustadas para prevenir emperramento ou que os cabos escapem quando afrouxarem, devido às variações da temperatura.

## LIGAÇÕES MECÂNICAS

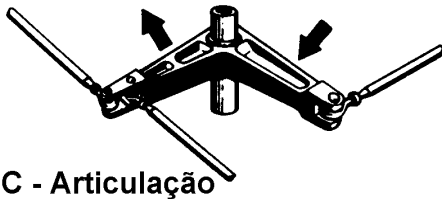
Várias ligações mecânicas conectam os comandos da cabine com os cabos e as superfícies de controle.



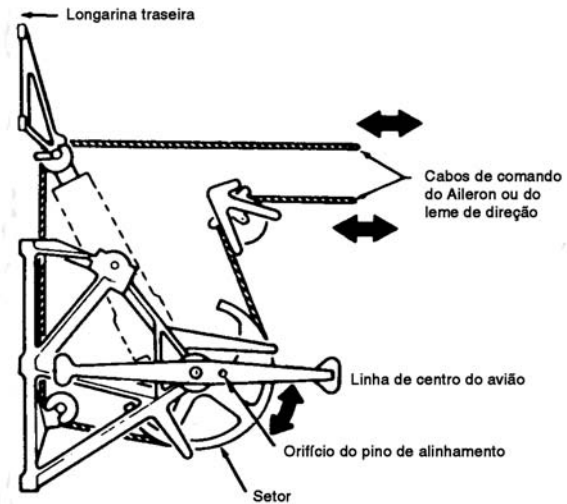
**A - Haste de comando**



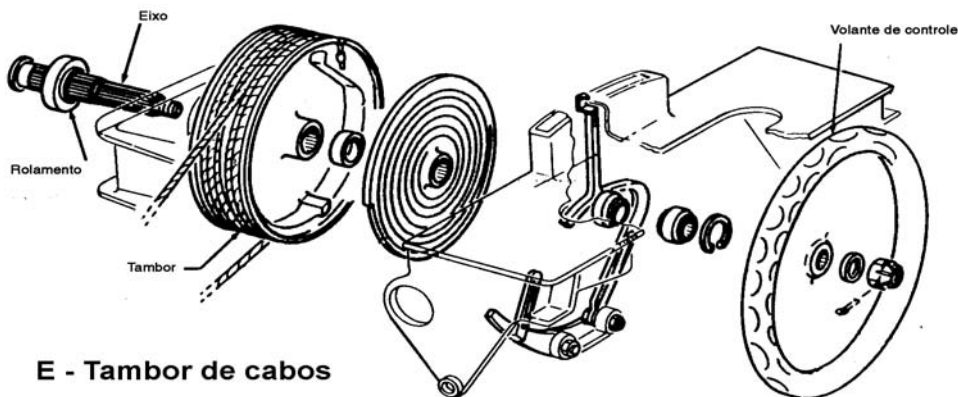
**B - Quadrante**



**C - Articulação**



**D - Setor**



**E - Tambor de cabos**

Figura 2-4 Ligações mecânicas dos controles de vôo.

Qualquer desses mecanismos transmite movimento, ou, mudança de movimento, do sistema de comando. A ligação consiste primariamente de hastes de comando (puxa-empurra), tubos de torque, quadrantes, setores, articulações e tambores.

Hastes de comando são usadas como conexões nos sistemas de comando de vôo, para dar um movimento de puxa-empurra. Elas podem ser ajustadas por um ou ambos os terminais. A figura 2-4 A, mostra as partes de uma haste de comando. Observe que ela consiste de um tubo com roscas nas pontas e uma haste ajustável antifricção, ou haste com esticador, fixa em cada extremidade do tubo. A haste, ou esticador, permite a fixação do tubo às partes do sistema de comando de vôo. A contra-porca, quando apertada, previne que a haste ou esticador afrouxem.

As hastes de comando devem estar perfeitamente retas, a menos que projetadas para serem de outra maneira, quando estiverem instaladas.

O braço articulado a que elas estão fixadas, deve ser checado quanto a liberdade de movimento, antes e depois de ser fixado às hastes de comando.

O conjunto como um todo deve ser checado para o correto alinhamento. Quando a haste é ajustada com os rolamentos de alinhamento próprio, o movimento de livre rotação das hastes deve ser obtido em todas as posições.

É possível que as hastes fixadas com os rolamentos venham a desconectarem-se, por causa da fixação que retém a pista das esferas na haste.

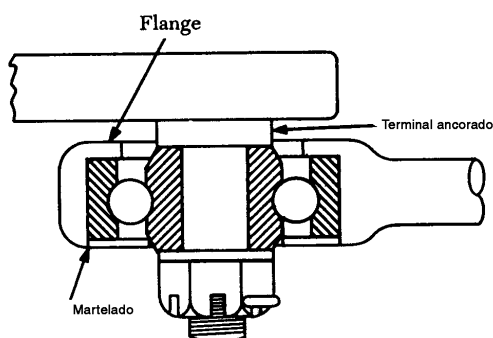


Figura 2 -5 Flange da haste interposto entre a pista do rolamento e o terminal do parafuso.

Isso pode ser evitado através da instalação de hastes de comando, de forma que o flan-

ge da haste seja interposto entre a pista das esferas e o terminal ancorado do pino de fixação, ou parafuso, como mostrado na figura 2 - 5.

Outra alternativa é colocar uma arruela, de diâmetro maior do que o furo no flange, sob a porca de retenção na extremidade do pino ou do parafuso de fixação.

## TUBOS DE TORQUE

Quando é necessário um movimento angular ou de torção no sistema de comando, um tubo de torque é instalado. A vista "B" da figura 2-4 mostra como um tubo de torque é usado para transmitir movimento em direções opostas.

Quadrantes, articulações, setores e tambores mudam a direção do movimento e transmitem movimento a peças, tais como hastes de comando, cabos e tubos de torque. O quadrante mostrado na figura 2-4B é típico de conexões de sistema de comando de vôo usado por vários fabricantes. As figuras 2-4C e 2-4D ilustram uma articulação e um setor. A vista "E" ilustra um tambor de cabos. Os tambores de cabos são usados primariamente em sistemas de compensação. Como a roda de comando de compensação é movida no sentido do relógio, ou no sentido contrário ao do relógio, o tambor enrola ou desenrola para atuar os cabos do compensador.

## BATENTES

Batentes ajustáveis ou não (o que o caso requiera) são usados para limitar o percurso ou curso de movimento dos ailerons, profundos e leme.

Normalmente existem dois jogos de batentes para cada uma das três superfícies de comando principais, sendo um jogo localizado na superfície de comando, ou nos cilindros amortecedores, ou como batentes estruturais (figura 2-6), e outro no comando da cabine. Qualquer destes pode servir como real limite de parada. Contudo, aqueles situados nas superfícies de controle, normalmente realizam esta função.

Os outros batentes normalmente não se tocam, mas são ajustados para uma folga definitiva quando a superfície de comando está totalmente estendida de seu curso.

Estes funcionam como batentes de sobrepujamento para prevenir que os cabos estiquem e danifiquem o sistema de comando, durante manobras violentas.

Quando da montagem dos sistemas de controle, consultamos o Manual de Manutenção aplicável, para a seqüência dos passos de ajuste destes batentes, para limitar o percurso da superfície de controle.

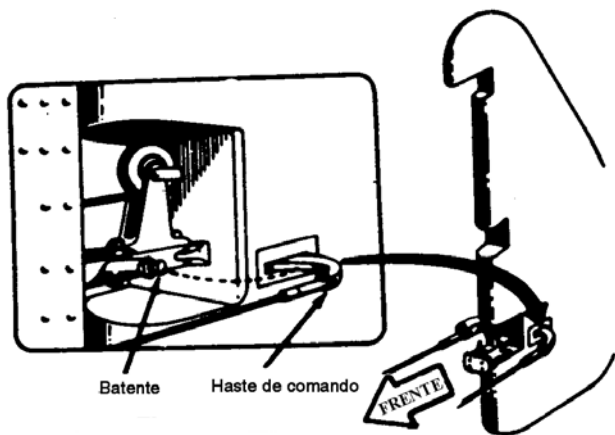


Fig. 2-6 Batente ajustável do leme de direção.

## AMORTECEDORES DE SUPERFÍCIES DE CONTROLE E EQUIPAMENTOS PARA TRAVAMENTO

Vários tipos de equipamentos são usados para travar as superfícies de controle, quando a aeronave está parqueada ou ancorada. Equipamentos para travamento previnem danos às superfícies de controle e suas conexões dos ventos, em alta velocidade ou em rajadas. Os equipamentos comuns que estão em uso são: freio de trava interno (freio de setor) e êmbolo atuado por mola e travas externas das superfícies de controle.

### Equipamentos para travamento interno

O equipamento para travamento interno é usado para segurar os ailerons, leme e profundor em suas posições neutras.

O equipamento para travamento é usualmente operado através de um sistema de cabos por um êmbolo atuado por mola (pino) que encaixa em um furo na conexão mecânica da superfície de controle.

A mola conectada ao pino força-o de volta à posição destravada quando a alavanca de comando na cabine for colocada na posição

"destravada". Um tarugo excêntrico é usado em alguns outros tipos de aeronaves para travar as superfícies de controle.

Os sistemas de travamento de superfície de comando são usualmente projetados de tal forma, que as manetes não podem ser avançadas até as superfícies de controle estarem destravadas. Isso previne decolagem com as superfícies de controle na posição travada.

Uma típica trava de comando para pequenas aeronaves consiste de um tubo de metal, que é instalado para travar a roda de comando, e os pedais do leme a um ponto de fixação na cabine. Desse tipo, é o sistema ilustrado na figura 2-7.

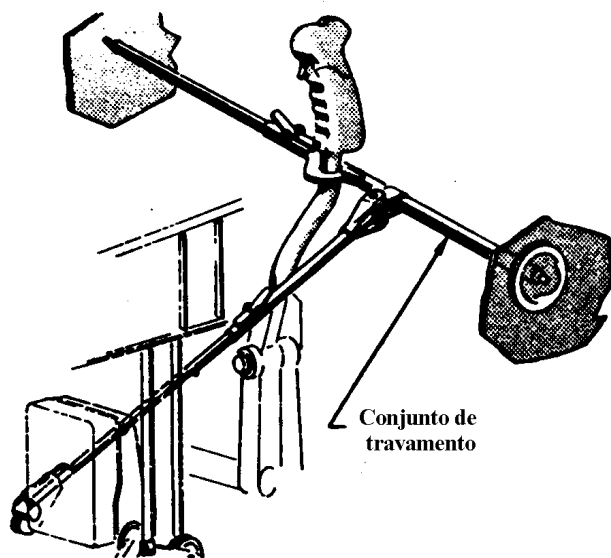


Fig. 2-7 Conjunto típico de trava de comandos para pequenas aeronaves.

### Amortecedores de superfícies de controle

Unidades de reforço hidráulico são usadas em algumas aeronaves para mover as superfícies de controle. As superfícies são usualmente protegidas das rajadas de vento através de amortecedores incorporados às unidades de reforço.

Em algumas aeronaves, um cilindro amortecedor auxiliar é conectado diretamente à superfície para fornecer proteção.

Os amortecedores controlam hidraulicamente ou amortecem o movimento da superfície de controle, quando a aeronave está parqueada. Isto previne que as rajadas de vento façam com que as superfícies de controle batam violentamente entre os seus batentes e possivelmente provoquem danos.

## Travas externas das superfícies de controle

São travas com o formato de blocos de madeira canelada. Os canais dos blocos encaixam-se em aberturas entre as superfícies de comando e a estrutura da aeronave, travando as superfícies na posição neutra.

Quando não estão em uso, essas travas ficam estocadas dentro da aeronave.

## Reguladores de tensão dos cabos

Reguladores de tensão dos cabos são usados em alguns sistemas de controle de vôo, porque existe uma considerável diferença na expansão da temperatura entre a estrutura de alumínio das aeronaves, e os cabos de aço de controle.

Algumas das grandes aeronaves incorporam reguladores de tensão nos sistemas de cabos de controle para manterem, automaticamente uma desejada tensão nos cabos. A unidade consiste de uma mola de compressão e um mecanismo de travamento, o qual permite que a mola corrija a tensão do sistema somente quando o sistema de cabos estiver em neutro.

## AJUSTANDO A AERONAVE

As superfícies de controle devem mover-se em uma certa distância da posição neutra. Estes movimentos devem se sincronizados com os movimentos dos controles da cabine. O sistema de controles de vôo deve ser ajustado para que estas condições possam ser obtidas.

De um modo geral, a ajustagem consiste no seguinte:

1. Posicionamento do sistema de controles de vôo em neutro, e temporariamente, travado por meio de pinos de trava ou blocos; e
2. Ajustagem do curso das superfícies, tensão dos cabos de comando, hastes de ligação, e ajustagem dos batentes para as especificações dos fabricantes das aeronaves.

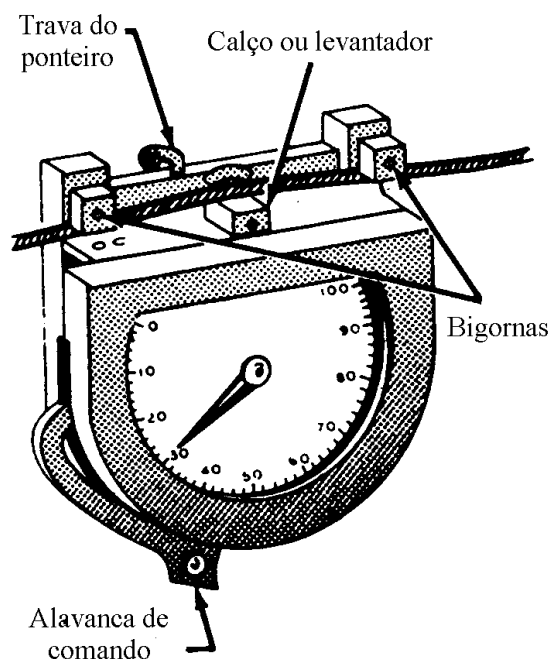
Quando ajustando os sistemas de controles de vôo, são necessários diversos equipamentos de regulagem. Esses equipamentos consistem principalmente de tensiômetros, cartas de regulagem de tensão de cabos, transferidores, acessórios de regulagem, gabaritos de contorno e régua.

## Medição da tensão dos cabos

Para determinar a quantidade de tensão de um cabo de comando, é usado um tensiômetro. Quando sujeito a uma correta manutenção, um tensiômetro tem uma precisão de 98%.

A tensão do cabo é determinada pela quantidade medida de força, necessária para estica-lo entre dois blocos de aço endurecido, chamados de bigornas. Um levantador, ou calço, é pressionado contra o cabo, forçando-o a um afastamento. Diversos fabricantes produzem uma variedade de tensiômetros, sendo cada tipo destinado a uma diferente espécie de cabo, medida de cabos, ou diferentes tensões.

Um tipo de tensiômetro é ilustrado na figura 2-8.



Somente Amostra

No. 1			Tension Lb.	No. 2		No. 3	
Dia. 1/16	3/32	1/8		5/32	3/16	7/32	1/4
12	16	21	30	12	20		
19	23	29	40	17	26		
25	30	36	50	22	32		
31	36	43	60	26	37		
36	42	50	70	30	42		
41	48	57	80	34	47		
46	54	63	90	38	52		
51	60	69	100	42	56		
			110	46	60		
			120	50	64		

Exemplo

Figura 2-8 Tensiômetro.

Com a alavanca de comando afastada, colocamos o cabo a ser testado, sob as duas bigornas. Então, apertamos a alavanca (movendo-a para cima). Esse movimento da alavanca empurra para cima o levantador, o qual empurra o cabo, forçando-o contra as bigornas. A força necessária para isso é indicada pelo ponteiro no mostrador. Como o exemplo da tabela apresentada abaixo, diferentes levantadores numerados são usados com as diferentes medidas de cabos.

Cada levantador possui um número de identificação e pode ser facilmente inserido no tensiômetro.

Além disso, cada tensiômetro tem uma tabela de calibração (figura 2-8), a qual é usada para converter a leitura do dial em libras (a tabela de calibração é muito semelhante a carta exemplo mostrada abaixo na ilustração). A leitura do dial é convertida em libras de tensão do seguinte modo: usando o levantador nº 2 (figura 2-8) para medir a tensão de um cabo de 5/32 de polegada de diâmetro, uma leitura de "30" é obtida.

A verdadeira tensão (ver a tabela de calibração) do cabo é de 70 libras. Observando a carta, notamos também, que um levantador nº 1 é usado com os cabos de 1/16, 3/32 e 1/8 de polegada. Como o tensiômetro não foi projetado para o uso em cabos de 7/32 ou de 1/4 de polegada, nenhum valor é mostrado na coluna nº 3 da carta.

Quando tomando uma leitura, poderá haver dificuldade em ver o dial, devido à posição do tensiômetro no cabo. Por este motivo, o tensiômetro possui uma trava para o ponteiro. Empurrando essa trava, o ponteiro ficará travado, indicando a última leitura. O tensiômetro poderá, então, ser removido, e a leitura da tensão ser feita em melhor posição. Após a leitura, destravamos o ponteiro, que retornará a zero.

As cartas de regulagem da tensão de cabos (figura 2-8), são ferramentas gráficas, usadas para compensar as variações de temperatura. Elas são usadas, quando for necessário estabelecer a tensão de cabos dos sistemas de controles de vôo, sistemas de trem de pouso, ou qualquer outro sistema operado por cabos.

Para usar a carta, determinamos a medida do cabo que deve ser ajustado e a temperatura do ar ambiente. Por exemplo, suponhamos que o cabo seja de 1/8 de polegada

de diâmetro, e que é um cabo 7x19 (cabo com 7 pernas de 19 fios), e a temperatura ambiente é de aproximadamente 25° C (85° F).

Seguimos a linha de 85° F até o ponto em que ela intercepta a curva de 1/8 de polegada (medida do cabo). Estendemos uma linha horizontal, do ponto de intercessão até o ponto extremo à direita da carta. O valor neste ponto indica a tensão (carga de regulagem em libras) a ser aplicada no cabo. A tensão para este exemplo é de 70 libras.

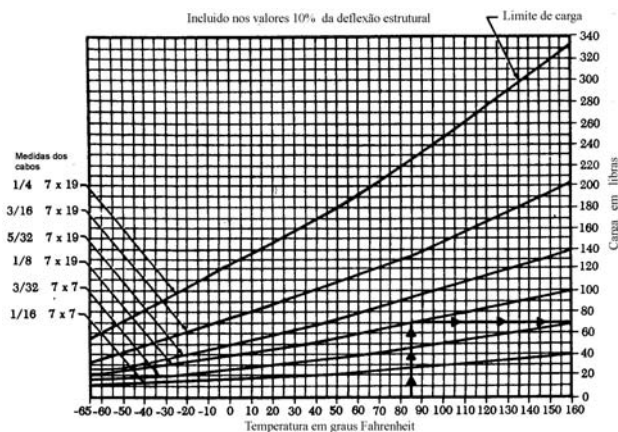


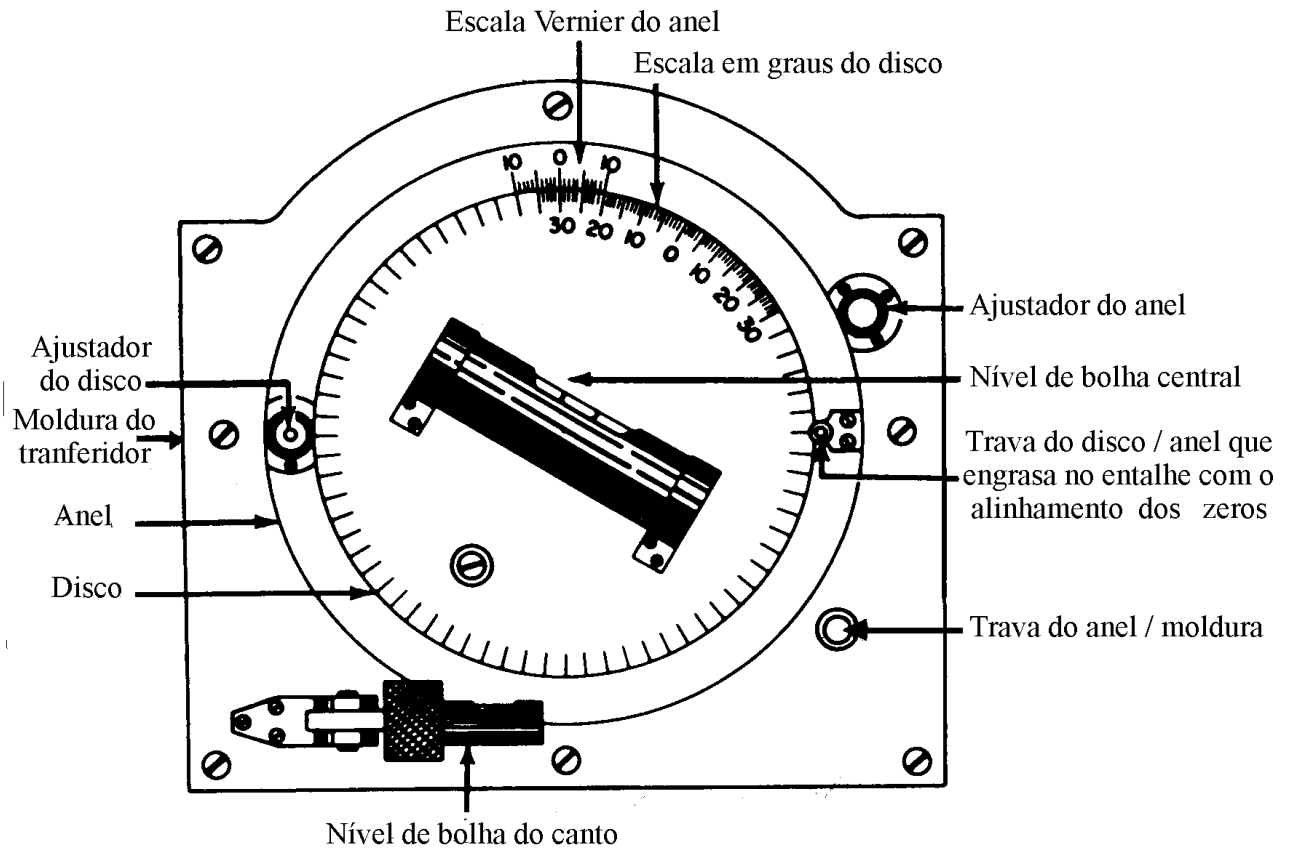
Figura 2-9 Tabela típica de ajustagem de cabos.

### Medição da amplitude das superfícies de comando

As ferramentas de medição da amplitude das superfícies, primariamente inclui transferidores, gabaritos de contorno, régua e moldes para ajuste. Essas ferramentas são usadas na regulagem dos sistemas de controle dos comandos de vôo para assegurar que o desejado deslocamento será obtido.

Os transferidores são ferramentas para medir ângulos em graus. Vários tipos de transferidores são usados para determinar a amplitude das superfícies dos comandos de vôo. Um transferidor que pode ser usado para medir aileron, leme de profundidade, ângulo de deslocamento do flape, é o transferidor universal de hélice. Esse transferidor (figura 2-10) é montado em uma moldura, um disco, um anel e dois níveis de bolhas de ar. O disco e o anel rodam independentemente um do outro e da moldura (o nível do canto é usado para posicionar a moldura verticalmente quando medindo ângulo das pás de hélice). O nível do centro é usado para posicionar quando medindo o deslocamento da superfície de controle.





Com a trava disco/anel no entalhe, girar o ajustador do disco até o travamento com o anel;

- 1 Mover a superfície de controle para a posição neutra. Colocar o transferidor sobre a superfície de controle e girar o ajustador do anel até que a bolha do nível esteja centralizada (o anel deve estar destravado da moldura do transferidor);
- 2 Travar o anel na moldura do transferidor utilizando a trava anel/moldura;
- 3 Mover a superfície de controle até o seu limite de movimento;
- 4 Destruar o disco do anel utilizando a trava disco/anel;
- 5 Girar o ajustador de disco até a centralização da bolha do nível central;
- 6 Ler a amplitude da superfície de controle em graus no disco e em décimos de graus na escala Vernier.

Figura 2-10 Usando o transferidor universal de hélices para medir o curso das superfícies de controle

A trava do disco / anel é usada para assegurar que o zero do anel na escala Vernier e o zero do disco em graus estão alinhados.

A trava do anel na moldura não permite que o anel se mova quando o disco estiver em movimento.

Notamos que eles saem de um ponto e avançam em direções opostas.

A escala Vernier do anel é graduada com marcação dupla de 0 - 10.

O procedimento para uso e operação do transferidor no controle de medida da amplitude das superfícies de controle é mostrado na figura 2-10.

### Gabaritos e moldes

Moldes e gabaritos são ferramentas especiais (de precisão) designadas pelo fabricante para medir e controlar o deslocamento de superfícies. Marcando o gabarito ou o molde, assegura-se o controle da amplitude da superfície.

### Réguas

Muitas vezes o fabricante da aeronave dá o valor do deslocamento de um particular controle de superfície em graus e polegadas.

Se o deslocamento for em polegadas, a régua pode ser usada para medir o deslocamento da superfície.

## VERIFICAÇÃO DO AJUSTE

O objetivo desta seção é explicar os métodos de verificação do alinhamento, relativo ao ajuste dos componentes estruturais principais da aeronave. Não é intenção que estes procedimentos sejam exatamente aplicáveis a uma aeronave em particular. Quando ajustando uma aeronave, sempre os procedimentos e métodos devem ser especificados pelo fabricante da aeronave.

### Alinhamento estrutural

A posição ou o ângulo dos componentes da estrutura principal é relacionado com a linha de referência longitudinal, paralela à linha central da aeronave e a uma linha de referência lateral, paralela a linha que liga as pontas das asas.

Antes de verificar a posição ou o ângulo dos componentes principais, a aeronave deve estar nivelada.

As aeronaves pequenas geralmente têm fixos cavilhas ou blocos, conectados a fuselagem, paralelos ou coincidentes com as linhas de referência.

Um nível d'água e uma prancha reta são apoiados nas cavilhas ou blocos, para a verificação do nível da aeronave. Esse método de verificação de nível da aeronave, também é aplicável nas aeronaves de grande porte.

Entretanto, o método da grade é algumas vezes usado em grandes aeronaves.

A placa de grade (figura 2-11) é fixada no piso da aeronave ou suporte da estrutura, um fio de prumo é suspenso de uma posição pré-determinada no teto da aeronave sobre a placa de grade.

O ajuste necessário dos suportes para nivelar a aeronave, é indicado na escala da grade.

A aeronave estará nivelada, quando o fio de prumo estiver suspenso sobre o ponto central da grade.

Certas preocupações precisam ser observadas a todo momento. Normalmente, ajustes e alinhamentos não podem ser realizados em local aberto. Se isto não puder ser evitado, a

aeronave deverá ser posicionada com o nariz contra o vento. A pesagem e o balanceamento da aeronave deverão ser, exatamente, como descrito no manual do fabricante. Em todos os casos, a aeronave não será levantada pelo macaco, antes de se assegurar que o peso máximo de levantamento, não excedeu o especificado pelo fabricante.

Com poucas exceções, o diedro e os ângulos de incidência das aeronaves modernas convencionais não podem ser ajustados. Alguns fabricantes permitem o ajuste do ângulo de incidência das asas, para corrigir as condições de asa pesada.

O diedro e o ângulo de incidência são verificados após um pouso duro ou após uma carga de vôo anormal, para assegurar que os componentes não estão torcidos, e que os ângulos estão dentro dos limites especificados.

Existem diversos métodos de verificação do alinhamento estrutural e ajuste de ângulos. Quadros de ajustes especiais, os quais incorporam ou podem receber os instrumentos especiais (nível de bolha ou inclinômetro) para determinar o ângulo usado em algumas aeronaves.

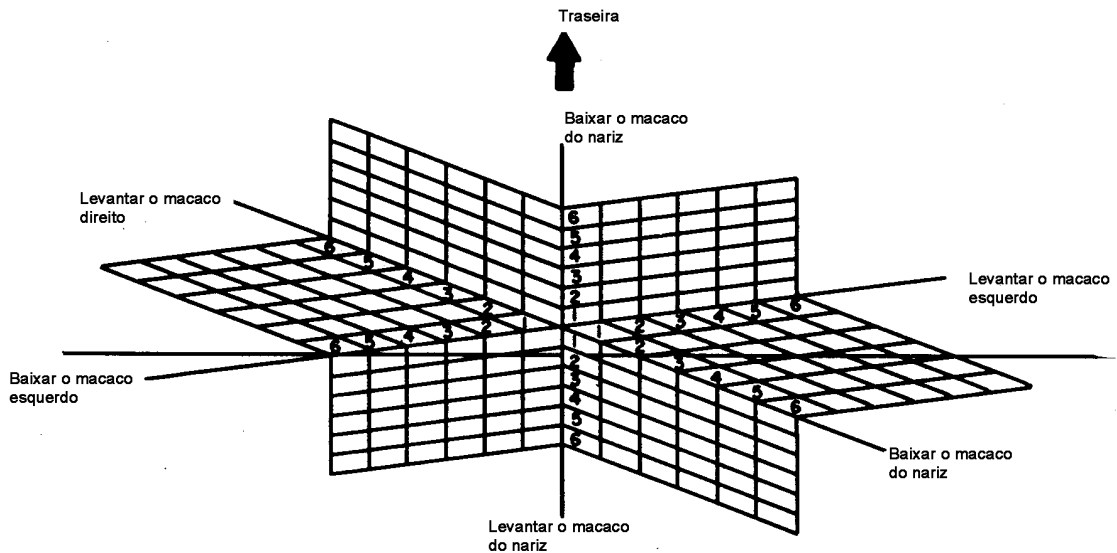
O alinhamento da aeronave é verificado usando-se um fio de prumo sobre uma placa graduada ou um teodolito e uma escala de visada.

Geralmente o manual do fabricante especifica o equipamento a ser utilizado.

Quando da verificação do alinhamento, uma tabela de seqüência deve ser montada e seguida para garantir que as inspeções estejam sendo feitas em todas as posições especificadas.

As inspeções especificadas de alinhamento, geralmente incluem:

- 1) Ângulo do diedro da asa.
- 2) Ângulo de incidência da asa.
- 3) Alinhamento do motor.
- 4) Incidência do estabilizador horizontal.
- 5) Diedro do estabilizador horizontal.
- 6) Verificação do estabilizador vertical quando a sua correta posição (vertical).
- 7) Inspeção de simetria



A escala indica uma unidade por polegada de movimento do macaco

Figura 2-11 Típica placa de nivelamento.

### Inspeção do diedro

O ângulo do diedro é inspecionado em posições específicas, usando quadros especiais previstos pelo fabricante da aeronave. Se tal quadro não estiver disponível, uma prancha plana e um inclinômetro podem ser usados. Os métodos de inspeção do diedro são mostrados na figura 2-12.

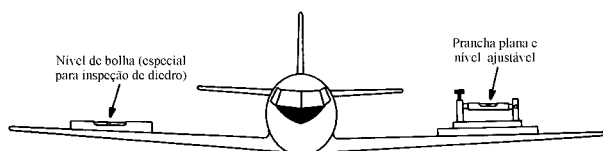


Figura 2-12 Inspeção do diedro.

É importante que o diedro seja inspecionado nas posições especificadas pelo fabricante. Sem dúvida, parte das asas ou o estabilizador horizontal podem, algumas vezes, ser horizontais, ou, em raras ocasiões, um diedro negativo pode estar presente.

### Inspeção de incidência

A incidência geralmente é inspecionada pelo menos em duas posições especificadas na superfície da asa, para assegurar que a asa está livre de torção.

Vários quadros de incidência são usados para checar o ângulo de incidência. Alguns têm

pontos nas bordas dianteiras, que precisam ser colocadas em contato com o bordo de ataque da asa; outros são equipados com cavilhas, que ficam fixadas em alguma parte da estrutura.

O propósito em qualquer um desses casos é nos certificarmos que o quadro está fixado na posição exata. Em muitas situações os quadros serão colocados na área livre do contorno da asa, por uma pequena extensão fixada ao quadro. Um típico quadro de incidência é mostrado na figura 2-13.

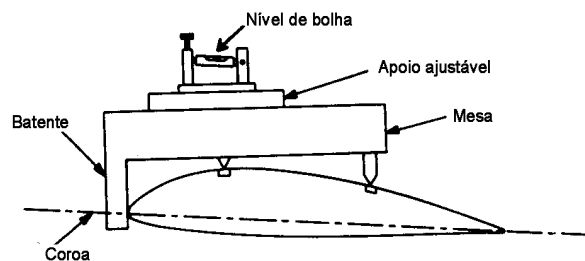


Figura 2-13 Um típico quadro de medição do ângulo de incidência.

Quando usado, o quadro é colocado na posição especificada na superfície que está sendo inspecionada. Se o ângulo de incidência estiver correto, uma inclinação no topo do quadro indicará zero, ou dentro de uma tolerância especificada do zero.

Modificações das áreas onde o quadro de tolerância está localizado pode afetar a leitura.

Por exemplo, se um sistema de degelo estiver instalado no bordo de ataque, isto afetará a posição tomada por um quadro que tenha um batente no bordo de ataque.

### Inspeção da superfície vertical

Após o ajuste do estabilizador horizontal ter sido inspecionado, a verticalidade do outro estabilizador, relativa a linha de referência lateral, pode ser inspecionada.

As medidas são tomadas de um dado ponto em um dos lados do topo da superfície, para um ponto dado na esquerda ou direita do estabilizador horizontal (fig. 2-14). As medidas devem ser similares, sem ultrapassar os limites.

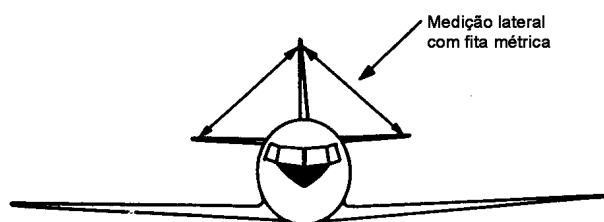


Figura 2-14 Checando a verticalidade do estabilizador vertical.

Quando for necessário inspecionar o alinhamento das dobradiças do leme direcional, removemos o leme e passamos uma linha de fio de prumo através da ligação das cavernas das dobradiças do leme. A linha deve passar centralizada por todas as cavernas.

Deve ser notado que algumas aeronaves têm o bordo de ataque do estabilizador vertical compensado com a linha central longitudinal, para neutralizar o torque dos motores.

### Inspeção de alinhamento dos motores

Os motores são geralmente montados com a linha de empuxo paralela ao plano longitudinal horizontal de simetria.

Entretanto, isto nem sempre é verdadeiro quando os motores são montados nas asas. Inspecionamos para assegurar que a posição dos motores, incluindo alguns graus de compensação, está de acordo com o tipo de montante.

Geralmente, a inspeção acarreta uma medida da linha central do montante, até a linha central longitudinal da fuselagem (fig. 2-15) no ponto especificado no manual aplicável.

### Inspeção de simetria

O princípio de uma inspeção típica de simetria é ilustrado na figura 2-15. As figuras necessárias, tolerâncias e pontos de inspeção de uma aeronave em particular, serão encontrados no seu manual de serviço ou manutenção.

Nas pequenas aeronaves, as medidas entre os pontos são geralmente tomadas usando uma trena. Quando medindo longas distâncias, é aconselhável que uma escala com mola seja usada com a trena, para obter tensão igual. Um 5lbs de tensão normalmente são suficientes.

Onde grandes aeronaves são medidas, as posições onde as medições são tomadas, normalmente estão marcadas no solo. Isto é feito pela suspensão de um fio de prumo nos pontos de inspeção, e marcando o ponto do chão sob cada prumo. As medidas são, então, tomadas entre o centro de cada marca no solo.

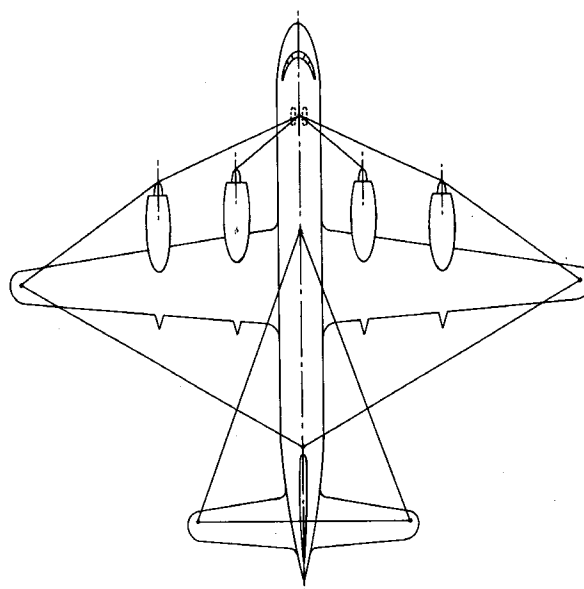


Figura 2-15 Método típico de inspeção da simetria de uma aeronave.

### AJUSTE DAS SUPERFÍCIES DE COMANDO

Na seqüência, para um sistema de controle funcionar apropriadamente, é preciso ser ajustado corretamente. As superfícies de controle movem-se através de roldanas e são sincronizadas com o movimento dos controles da cabine de comando. Ajustes em alguns sistemas requerem que os procedimentos sejam seguidos passo-a-passo, como o esboço do

manual de manutenção da aeronave. Embora um procedimento de ajuste completo para muitas aeronaves, esteja fora dos detalhes naturais que requerem diferentes ajustes, o método básico segue três passos:

- 1) Travar os controles na cabine de comando e as superfícies na posição neutra.
- 2) Ajustar a tensão dos cabos, mantendo o leme direcional, profundores ou ailerons na posição neutra.
- 3) Ajustar os batentes dos controles para o limite do movimento da superfície, nas dimensões dadas para a aeronave em ajuste.

A faixa de amplitude dos controles e das superfícies de controle, devem ser inspecionadas em ambas as direções, partindo do neutro.

O ajuste do sistema de compensadores, é feito da mesma maneira. O controle do compensador é colocado no neutro (sem compensação), e a superfície é geralmente ajustada para a linha de fluxo com a superfície de controle. Porém, em algumas aeronaves, os compensadores podem ser ajustados um ou dois graus fora do alinhamento, com a posição neutra. Após o compensador e seu mecanismo de controle estarem na posição neutra, ajustamos a tensão do cabo de comando.

Pinos, normalmente chamados pinos de ajuste, são muitas vezes usados para simplificar o conjunto de roldanas, hastes e etc., nas suas posições neutras. Um pino de ajuste é um pequeno pino metálico ou braçadeira.

Quando um pino de ajuste não está disponível, a posição neutra pode ser estabelecida por meio das marcas de alinhamento, por um gabarito especial ou pela tomada linear das medidas.

Se o alinhamento final e o ajustamento do sistema estiverem corretos, devemos se possível, sacar os pinos de ajustagem facilmente.

Qualquer aperto indevido dos pinos nos furos de ajustagem indica tensionamento incorreto ou mau alinhamento do sistema.

Após um sistema ter sido ajustado, o movimento completo e sincronizado dos controles deveriam ser checados. Quando checando a faixa de movimento da superfície de

controle, os controles devem ser operados da cabine sem mover a superfície de controle.

Durante a checagem do deslocamento da superfície de controle, nos asseguramos que correntes, cabos, etc, não tenham chegado a seus limites de deslocamento, quando os controles estiverem em seus respectivos batentes. Onde dois controles estão instalados, deve haver sincronia para que funcionem satisfatoriamente, quando operados de ambas as posições.

Compensadores articulados, e outros tipos, devem ser checados de maneira similar aos controles principais de superfície. O indicador de posição deve ser checado, para ver se funciona corretamente. Se macacos de rosca são usados para atuar nos compensadores articulados, checamos para ver se eles não estão estendidos mais que o limite especificado, quando o compensador estiver nas posições extremas.

Após determinar que o sistema de controle funciona apropriadamente, e está ajustado, ele deve ser inspecionado, para determinar se o sistema está montado corretamente; assim, operará livremente sobre a faixa especificada de movimento. Devemos ter certeza de que todos os esticadores, terminais das hastes, porcas e parafusos, estão corretamente frenados.

## **AJUSTAGENS DE UM HELICÓPTERO**

As unidades de controle de vôo localizadas na cabine (figura 2-16) de todos os helicópteros, são muito semelhantes. Eles têm ainda um ou dois dos seguintes controles: (1) controle de passo coletivo; (2) controle de passo cíclico; e (3) pedais de controle direcional.

Basicamente, essas unidades fazem as mesmas coisas, apesar do tipo de helicóptero na qual eles estão instalados. Porém, isso acontece onde a maioria das semelhanças terminam.

A operação dos sistemas em que essas unidades estão instaladas, varia de acordo com o modelo do helicóptero. O ajuste do helicóptero coordena os movimentos dos controles de vôo, e estabelece as relações entre o rotor principal e seus controles e, também, entre o rotor de cauda e seus controles. O ajuste não é um trabalho difícil, mas requer grande precisão e atenção aos detalhes. Severo detalhamento para os procedimentos de ajustes é necessário. Ajustes, limpezas e tolerâncias devem ser exatos.

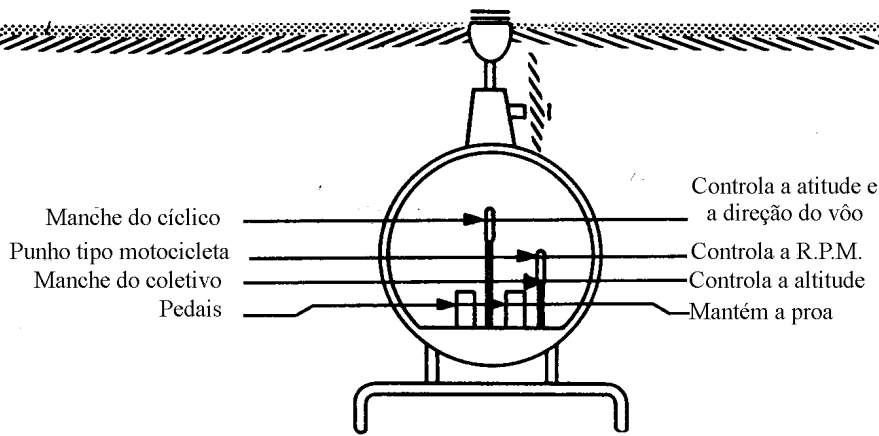


Figura 2-16 Controles do helicóptero e a principal função de cada um.

Os ajustes de vários sistemas de controle de voo podem ser separados em três grandes itens:

1. - O primeiro consiste da colocação do sistema de controle numa posição particular, mantendo-o na posição com pinos, grampos, ou guias; e ajustando as várias ligações para consertar o componente de controle imobilizado.
2. - O item dois, consiste da colocação das superfícies de controle na específica posição de referência: usando um ajuste guia (figura 2-73), um transferidor de precisão, ou um nível de bolha de ar, para checar a diferença entre a superfície de controle e uma superfície fixa na aeronave.
3. - O item três, consiste em ajustar a faixa máxima de deslocamento dos vários componentes.

Esse ajuste limita o movimento físico do sistema de controle.

Após o completo ajuste estático, uma verificação do sistema de controle de voo deve ser realizada, de acordo com o tipo de helicóptero e sistema afetado, mas usualmente incluem determinar que:

- 1) A direção do movimento das pás do rotor principal e de cauda está correta em relação ao movimento dos controles do piloto.
- 2) As operações interconectadas dos sistemas de controle (potência do motor e passo coletivo) estão coordenadas corretamente.
- 3) A faixa de movimento e a posição neutra dos controles dos pilotos estão corretas.
- 4) Os ângulos de passo máximo e mínimo das pás do rotor principal, estão dentro dos limites especificados. Isto inclui cheques de para frente e para trás (*for-and-aft*), passo cíclico lateral e ângulos das pás do passo coletivo.
- 5) A trajetória das pás do rotor principal está correta.
- 6) No caso de aeronave multirotora, o ajuste e movimento das pás do rotor estão sincronizados.
- 7) Quando compensadores são instalados nas pás do rotor principal, eles estão corretamente ajustados.
- 8) Os ângulos de passo máximo, mínimo, neutro, e o ângulo de inclinação das pás do rotor de cauda estão corretos.
- 9) Quando controles duplos são fornecidos, eles funcionam corretamente e em sincronismo.

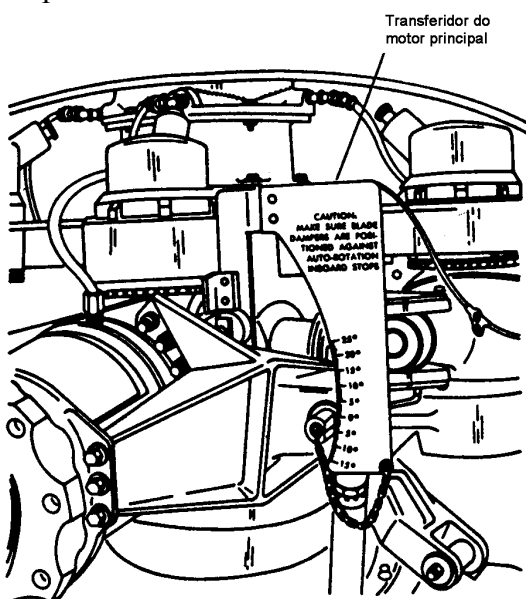


Figura 2-17 Um típico transferidor de ajuste.

Para completar os ajustes, um cheque total de todas as ligações deve ser feito, garan-

tindo pontos essenciais. Todos os parafusos, porcas, e extremidades das hastes devem estar corretamente fixados e frenados.

### Trajatória da pá

Quando as pás do rotor principal não fazem um mesmo cone durante a rotação, é denominado fora de trajetória. Isto pode resultar em excessiva vibração na coluna de controle.

Trajatória da pá é o processo de determinar as posições das pontas das pás do rotor relativas uma a outra, enquanto a cabeça do rotor está girando, e determinando a necessária correção para manter estas posições dentro das tolerâncias certas. A trajetória mostra somente a posição relativa das pás, não suas trajetórias de vôo. As pás devem todas seguir uma às outras, o máximo possível.

O propósito da trajetória da pá trazer as pontas de todas as pás no mesmo caminho, durante o seu ciclo completo de rotação.

A fim de manter as pás do rotor na trajetória com um tempo mínimo, e o máximo de precisão, o equipamento correto deve ser usado.

O equipamento geralmente usado para a trajetória das pás inclui:

- 1) Bandeira de trajetória com material de bandeira.
- 2) Lápis de cera ou giz colorido.
- 3) Material conveniente de marcação.
- 4) Refletores e lâmpadas de rastreamento (figura 2-18).
- 5) Bastão de trajetória.
- 6) Ferramenta de ajuste de compensador.
- 7) Indicador de ângulo do compensador.

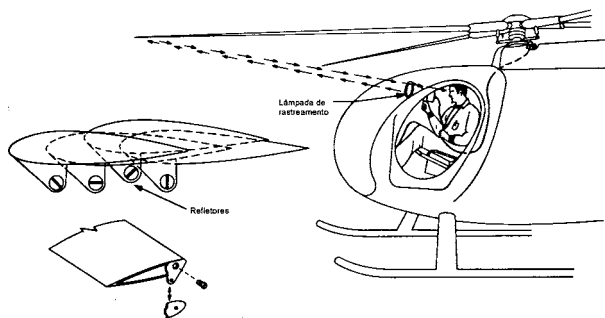


Figura 2-18 Trajetória da pá com lâmpada de rastreamento.

Antes de começar uma operação de trajetória de pá, as pás novas ou recentemente revisadas devem ser checadas quanto a

adequada incidência. Os compensadores devem estar em zero nas pás novas ou revisadas. Os compensadores de pás em funcionamento não devem ser alterados até que uma trajetória das pás tenha sido determinada.

Um dos meios de verificar a trajetória das pás é o da bandeira (figura 2-19).

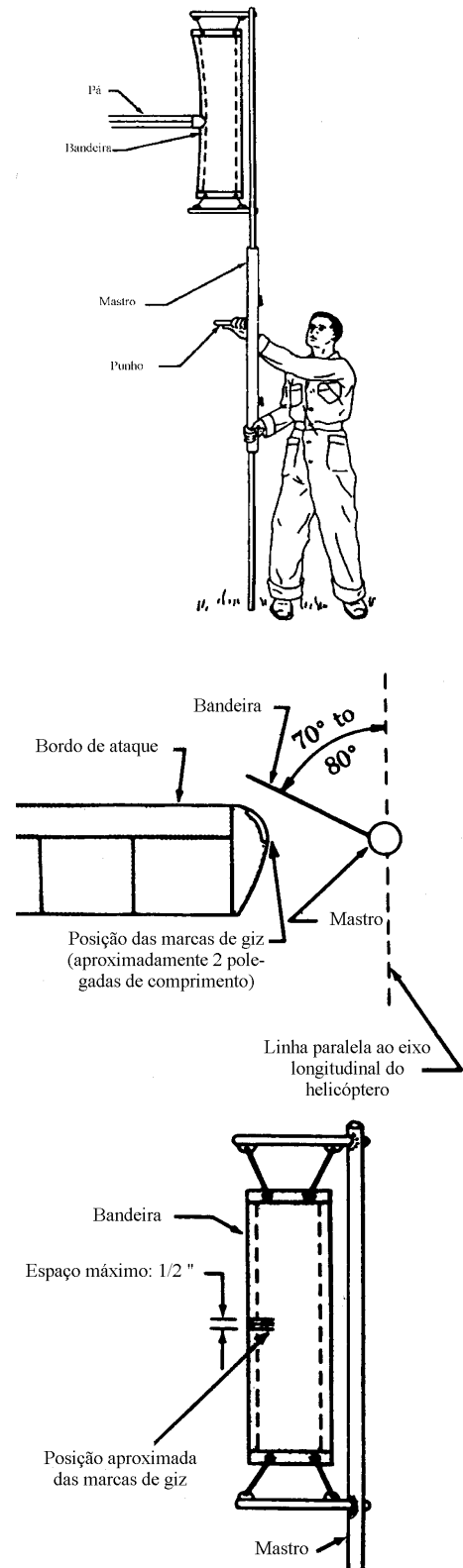


Figura 2-19 Trajetória da pá

As pontas das pás são marcadas com giz ou lápis de cera. Cada ponta de pá deve ser marcada com uma cor diferente de modo que facilite determinar a trajetória de uma em relação a outra. Este método pode ser usado para todos os tipos de helicópteros que não tenham dispositivo de propulsão nas pontas das pás. Um homem mantém as faces da bandeira na direção da rotação das pás, assistindo a retração das pás.

Faceando por fora, próximo as pás, permite ao homem que segura a bandeira, observar as pás quando elas entram em contato com a bandeira. O ângulo da bandeira para a corda da pá é importante.

Se esse ângulo for grande, as marcas serão longas e a bandeira tremulará excessivamente. Se o ângulo for estreito, a pá deve cortar a bandeira.

O ângulo mais satisfatório é de mais ou menos 80° para a corda da pá. As marcas das bandeiras serão então de aproximadamente 3/16 a 1/4 de polegada de comprimento. O método da bandeira para trajetória, pode ser usado não somente para descobrir a posição relativa das pás, mas também as características de vôo das pás nas diferentes rotações e ajustes de potência.

De modo que, para plotar as características de vôo para ajustes das pás, é necessário pegar um pouco das diferentes r.p.m. selecionadas e gravar seus resultados. Um mínimo de três traços é necessário para produzir um *plot* satisfatório. Quatro traços são desejáveis para produzir um *plot* nas cabeças tendo três ou mais pás de rotor.

Quando a trajetória delineada está completa, uma pá é escolhida como referência. Usualmente, a pá referência é a pá central do *plot* de um sistema de rotor multipá e a pá mais baixa no sistema de rotor dessas pás. Se a pá central ou a pá mais baixa da *plot* mostra uma característica de vôo incomum, outra pá deve ser escolhida como pá de referência.

A trajetória da pá que aparece com o aumento do r.p.m. é uma pá elevada, outra que desce com o aumento da r.p.m., ou a potência, é uma pá de descida.

Quando uma pá elevada e uma pá de descida se encontram no mesmo ponto, é chamado um cruzamento. Por causa das tendências de subida e descida das pás ajustadas imprópriamente, é possível ter todas as pás em um ponto comum em certa r.p.m. e potência,

mas fora da trajetória outra r.p.m. ou potência é selecionada.

O erro mais comum na trajetória da pá é trazer as pás com os compensadores somente na r.p.m. de cruzeiro. As pás devem, então, se encontrar no ponto de um cruzamento e se separar em diferentes r.p.m. e potência selecionadas, ou velocidade à frente; o que resultará uma condição fora de trajetória.

A trajetória correta é produzida mantendo uma constante separação das pás, em todas r.p.m., potência selecionada e velocidade de vôo. Uma separação constante pode ser mantida somente pelo ajuste correto dos compensadores. Após uma separação constante ter sido estabelecida com os compensadores, é necessário trazer as pontas das pás num caminho único de rotação com os comandos de inclinação das pás. Dobrando o compensador para cima, a pá subirá, para baixo, ela descera.

A dobra do compensador deverá ser mantida para um mínimo, porque o ângulo do compensador produz um excessivo arrasto nas pás. Os ajustes dos compensadores das pás de rotor principal (se houver) deverão ser checados para eliminar momentos de desbalanceamento, que aplicarão torque nas pás do rotor.

O ajuste do compensador é checado quanto a correção pelo giro do rotor na velocidade prescrita, e assegurando que a coluna do controle do passo cíclico permanece estacionário. Fora de balanceamento aparecerão movimentos de vibração na coluna.

## **PRINCÍPIOS DE BALANCEAMENTO OU REBALANCEAMENTO**

Dos princípios que são essenciais no balanceamento ou rebalanceamento das superfícies de controle não é difícil compreender se uma simples comparação for usada. Por exemplo, uma gangorra que está desbalanceada deve ser comparada a uma superfície de controle que não teve pesos de balanceamento instalados, como na figura 2-76. Pela ilustração, é fácil compreender como uma superfície de controle tem naturalmente cauda (bordo de fuga) pesada.

A condição de desbalanceamento pode causar uma avaria de flutuação ou vibração na aeronave e, portanto, deve ser eliminada. A melhor solução para isto, é o adicionamento de pesos, internamente, ou no bordo de ataque dos



compensadores, ailerons, ou no local apropriado nos painéis de balanceamento. Quando isto é feito certo, existe uma condição de equilíbrio, que pode ser comparada com uma gangorra com uma criança sentada na parte menor da prancha.

O efeito dos momentos nas superfícies de controle pode ser facilmente compreendido pela observação e estudo da gangorra com duas crianças de pesos diferentes, e sentadas em diferentes posições sobre ela.

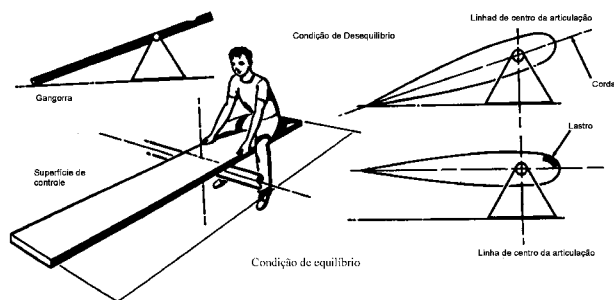


Fig. 2-20 Condições de equilíbrio e de desequilíbrio.

A figura 2-21 mostra uma gangorra com uma criança de 40 quilos sentada à uma distância de 1,80m do ponto de apoio da mesma. O peso da criança tende a girar a gangorra na direção dos ponteiros do relógio até que toque o chão. Para se nivelar a gangorra ou trazê-la para uma condição de balanceamento, uma criança é colocada na ponta oposta da mesma. A criança deve ser colocada num ponto igual ao momento da criança do lado esquerdo da gangorra.

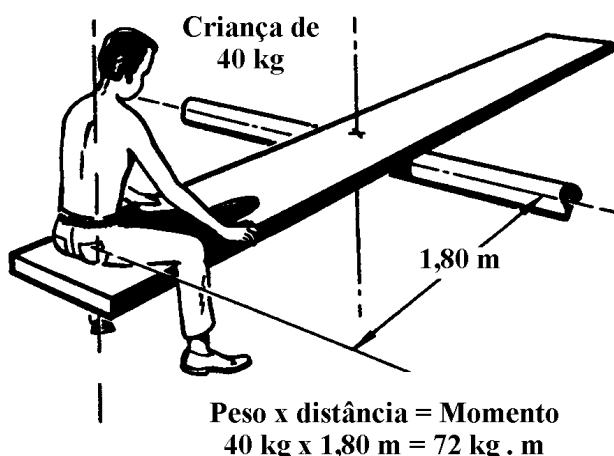


Figura 2-21 Momento.

Suponhamos que a criança seja colocada a uma distância de 2,40m à direita do ponto de

apoio. Uma simples fórmula pode ser usada para determinar o peso exato que a criança deve ter para equilibrar ou trazer a gangorra para uma condição de nivelamento. Para se produzir uma condição de balanceamento da gangorra (ou superfície de controle), o momento no sentido anti-horário deve igualar o momento no sentido horário.

O momento é encontrado multiplicando-se o peso pela distância. Portanto, a fórmula para balancear a gangorra é:

$$P_2 \times D_2 = P_1 \times D_1$$

P<sub>2</sub> seria o peso desconhecido da segunda criança. D<sub>2</sub> seria a distância (em metros) do ponto de apoio até onde a segunda criança está sentada (2,40m). P<sub>1</sub> seria o peso da primeira criança (40 kg). D<sub>1</sub> seria a distância do ponto de apoio até onde a primeira está sentada (1,80m).

Para encontrar-se o peso da segunda criança torna-se um caso simples de substituição, aplicando-se a fórmula como se segue:

$$P_2 \times D_2 = P_1 \times D_1$$

$$P_2 \times 2,40 \text{ m} = 40\text{kg} \times 1,80\text{m}$$

$$P_2 = \frac{72}{2,40} = 30\text{kg}$$

$$P_2 = 30\text{kg}$$

Assim, o peso da segunda criança teria de ser 30kg. Isto prova a fórmula:

$$30 \text{ kg} \times 2,40 \text{ m} = 40 \text{ kg} \times 1,80 \text{ m}$$

$$72 \text{ kg} \cdot \text{m} = 72 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Isso resultaria numa condição de equilíbrio da gangorra uma vez que o momento no sentido anti-horário em torno do ponto de apoio é igual ao momento no sentido horário em torno do mesmo ponto.

O mesmo efeito é obtido numa superfície de controle, pela adição de peso.

Uma vez que a maioria dos reparos em superfícies de controle são feitos atrás da linha central da dobradiça, resultando numa condição de bordo de fuga pesado, o peso é adicionado adiante da linha central da dobradiça.

O correto peso para o rebalanceamento deve ser calculado e instalado na posição adequada.

## Rebalanceamento de superfícies móveis

A matéria nesta seção é apresentada somente com o propósito de familiarização, e não deve ser usado num rebalanceamento de superfícies de controle. Instruções explícitas para o balanceamento de superfícies, são dadas nos manuais de serviço, e deve ser seguida com muito atenção.

Após reparos feitos a qualquer hora em superfícies de controle, adicionando-se peso à frente ou atrás da linha central da dobradiça, a superfície de controle deve ser rebalanceada.

Algumas superfícies de controle que estejam desbalanceadas estarão instáveis e não ficarão numa posição aerodinâmica durante o voo normal.

Por exemplo, um aileron que está com o bordo de fuga pesado, se deslocará para baixo quando as asas desviam para cima; e para cima, quando as asas desviam para baixo.

Tais condições podem causar inesperadas e violentas manobras da aeronave. Em casos extremos, trepidações e oscilações podem desenvolver-se a tal ponto, que podem causar a completa perda da aeronave. O rebalanceamento de uma superfície de controle diz respeito ao balanceamento estático e ao dinâmico.

## Balanceamento Estático

Balanceamento estático é a tendência de um objeto de permanecer parado quando sustentado pelo seu próprio centro de gravidade. Existem duas maneiras pelas quais uma superfície de controle pode estar desbalanceada estaticamente.

Elas são chamadas de sub-balanceamento e sobre-balanceamento. Quando uma superfície de controle é montada numa posição balanceada, a tendência do movimento do bordo de fuga sob a posição horizontal indica um balanceamento deficiente.

Alguns fabricantes indicam esta condição com um sinal de mais (+).

A figura 2-22A ilustra uma condição de sub-balanceamento de uma superfície de controle. Um movimento para cima, do bordo de fuga, acima da posição horizontal (figura 2-22B), indica sobrebalanceamento. Esse é designado por um sinal de menos (-). Estes

sinais mostram a necessidade de peso no ponto correto para conseguir-se uma superfície de controle balanceada, como mostrado na figura 2-22C.

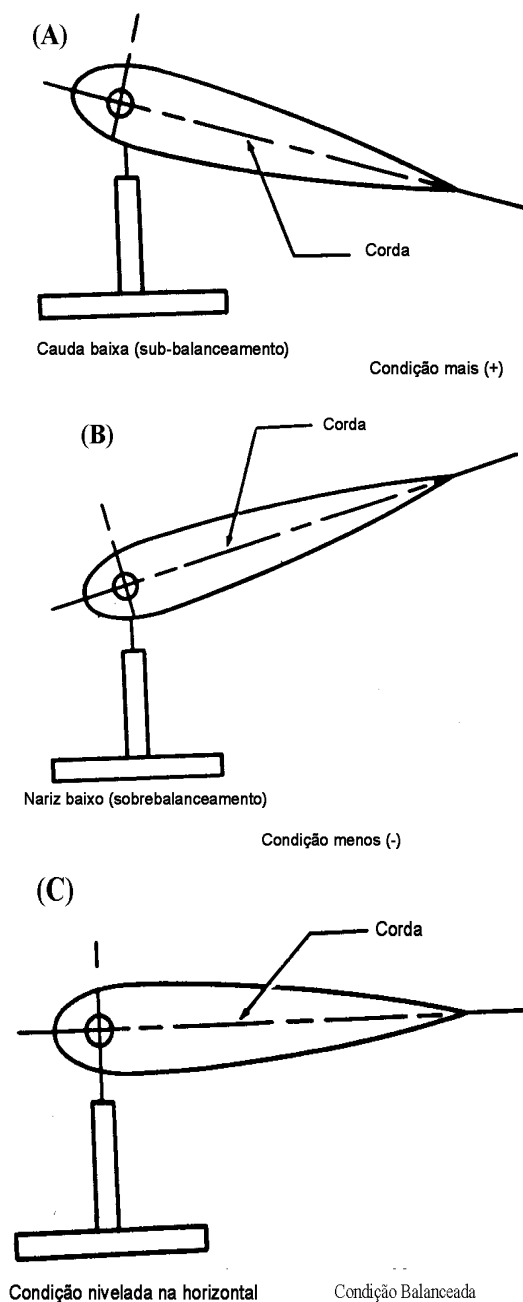


Figura 2-22 Balanceamento estático das superfícies de controle

Uma condição de cauda pesada (balanceamento estático) causa indesejável desempenho de voo, e, normalmente, não é admitida.

Melhores operações de voo são obtidas através de um balanceamento estático com nariz pesado. A maioria dos fabricantes defende a existência de superfícies de controle feitas especificamente para se obter esta condição.

## Balaceamento Dinâmico

Balaceamento dinâmico é aquela condição na rotação de um corpo, no qual todas as forças de rotação são balanceadas dentro dos mesmos, de modo que nenhuma vibração é produzida enquanto o corpo estiver em movimento.

O balaceamento dinâmico, assim relacionado às superfícies de controle, é um esforço para se manter o equilíbrio quando a superfície é submetida a movimento durante o vôo. Implica na colocação de pesos em pontos corretos ao longo da longarina das superfícies. A localização dos pesos será, na maioria dos casos, adiante da linha central da dobradiça.

## PROCEDIMENTOS PARA REBALANCEAMENTO

### Requisitos

Reparos na superfície de controle ou seus compensadores, geralmente aumentam o peso atrás da linha central da dobradiça, requerendo um rebalanceamento estático em toda a superfície bem como em seus compensadores.

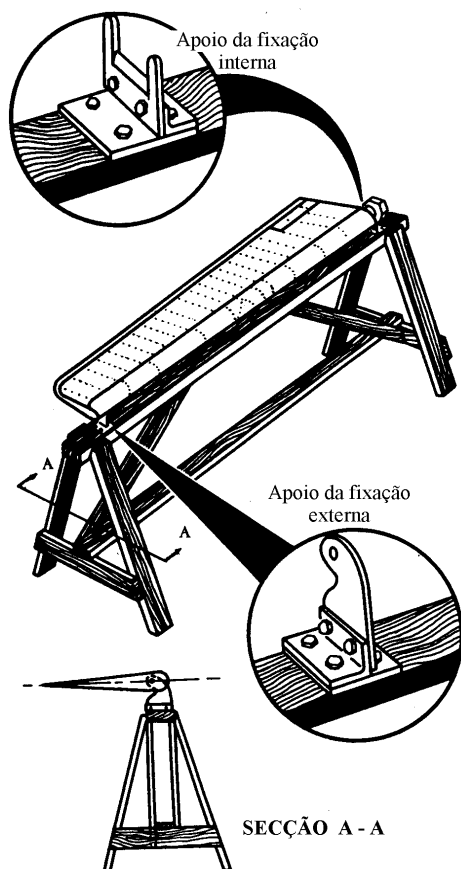


Figura 2-23 Gabarito de balanceamento

As superfícies, de controle para serem rebalanceadas, devem ser removidas da aeronave e apoiadas sobre um lugar apropriado, um cavalete ou gabarito de montagem.(figura 2-23)

Os compensadores da superfície devem ser presos numa posição neutra, quando esta superfície estiver montada num local apropriado. Este local deve estar nivelado e ser localizado numa área livre de correntes de ar. A superfície deve ser capaz de girar livre em torno da dobradiça. Uma condição de balanceamento é determinada pelo comportamento do bordo de fuga quando a superfície é suspensa pelos pontos da dobradiça.

Qualquer atrito excessivo resultaria numa falsa reação causando um sub-balanceamento ou sobrebalanceamento da superfície.

Quando a superfície de controle é instalada no local ou gabarito, uma posição neutra deve ser estabelecida pela linha da corda da mesma, na posição horizontal (figura 2-24). Usamos um nivelador para determinar a posição neutra antes de continuarmos com os procedimentos de balanceamento. Às vezes uma simples checagem visual é o suficiente para determinarmos se a superfície está balanceada ou não.

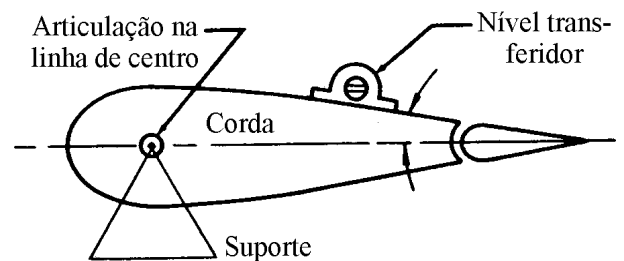


Figura 2-24 Estabelecendo uma posição neutra.

Qualquer compensador, ou outras montagens que permaneçam na superfície durante o balanceamento, devem estar nos seus devidos lugares. Se qualquer das montagens ou partes precisarem ser removidas antes do balanceamento, devem ser removidas.

## MÉTODOS

Atualmente, quatro métodos de balanceamento (rebalanceamento) de superfícies de controle, são usados por vários fabricantes de aeronaves. Os quatro métodos são comumente

chamados de método de tentativa por peso (tentativa e erro) e método de componentes.

O método de cálculo para o balanceamento de uma superfície de controle é diretamente mencionado, para os princípios de balanceamento discutidos anteriormente. Ele tem uma vantagem sobre os outros métodos, pois pode ser executado sem remover a superfície da aeronave.

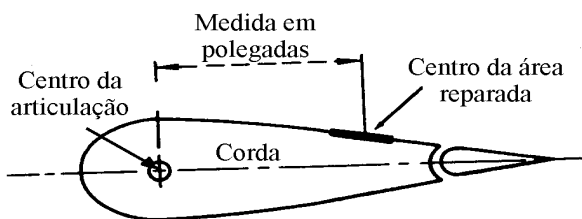


Figura 2-25 Método de calcular o balanceamento.

Usando-se o método de cálculo, o peso do material da área do reparo, e o peso dos materiais usados para realizar o reparo, devem ser conhecidos. Subtraindo-se o peso removido do peso acrescido, teremos como resultado o peso líquido, do montante adicionado à superfície.

A distância da linha central da dobradiça ao centro da área do reparo é então medida em polegadas. Esta distância deve ser determinada para uma medida mais próxima de um centésimo de polegada. (fig. 2-25).

O próximo passo é multiplicar a distância versus o peso líquido do reparo. Isto resultará resposta em POL-LBS (Polegadas-Libras).

Se as POL-LBS resultantes dos cálculos estiverem dentro das tolerâncias especificadas, a superfície de controle será considerada balanceada. Se não estiver dentro dos limites especificados, consultamos o manual de serviços do fabricante, a fim de sabermos quantos pesos são necessários, materiais usados para pesos, desenhos para fabricação e locais de instalação para se adicionar pesos. O método para o balanceamento de uma superfície de controle requer o uso de uma balança graduada em centésimos de libras. Um local de apoio e gabaritos de balanceamento para a superfície são também requeridos.

A figura 2-26 mostra uma superfície de controle montada para fins de balanceamento.

O uso do método da balança requer a remoção da superfície de controle da aeronave.

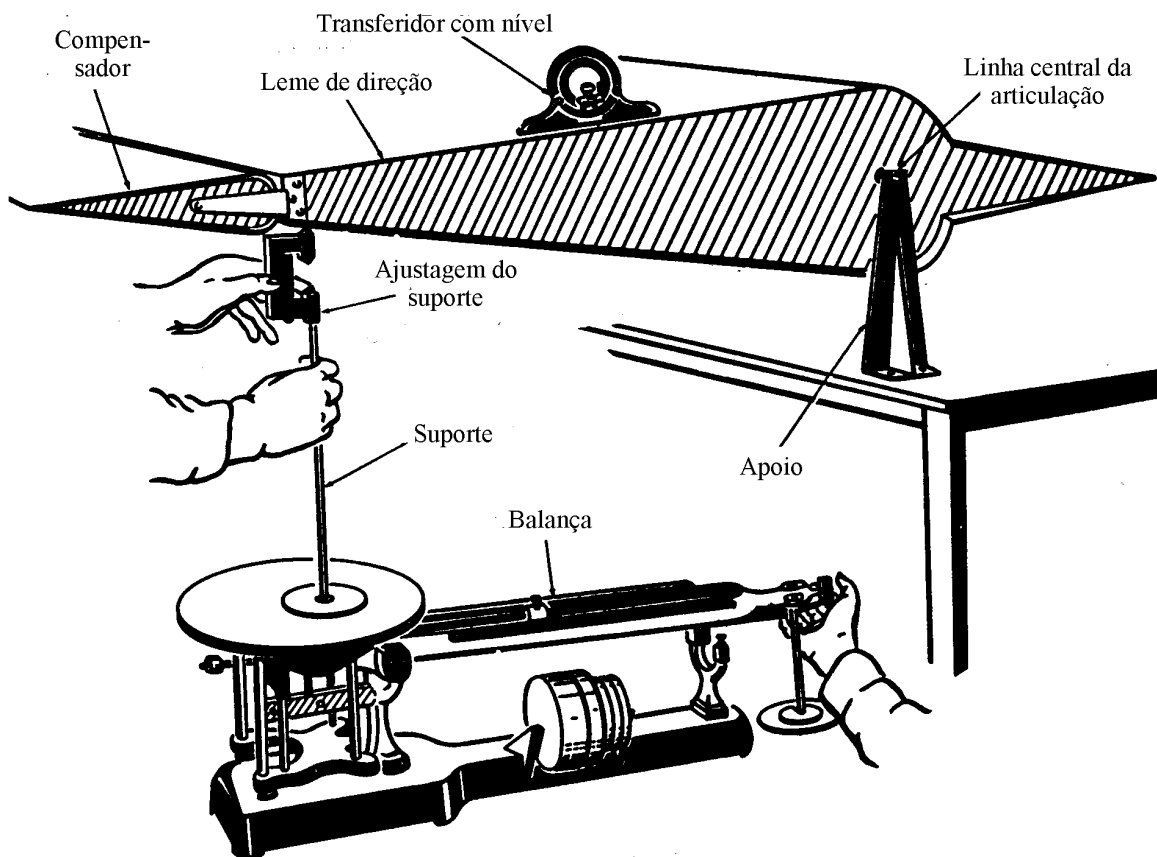


Figura 2-26 Balanceamento de superfície de comando.