

Piloto Privado



REGULAMENTOS de Tráfego Aéreo

Instrutor

MATEUS PACHECO

Instruções ao Aluno



Caro aluno Trem de Pouso;

Primeiramente, gostaria de desejar-lhe boas-vindas ao curso de Regulamentos de Tráfego Aéreo. Esta disciplina é de suma importância, e lhe situará nas mais diversas situações envolvendo espaços aéreos, controle de tráfego, regras e normas; garantindo que você não somente obtenha sucesso na banca da ANAC, mas também realize voos sempre mais seguros.

A dedicação e estudo constante fazem parte da formação de um bom piloto, e nós da Trem de Pouso, estamos junto contigo para lhe garantir que o primeiro passo, o curso de Piloto Privado, seja dado da melhor maneira possível, proporcionando uma base sólida possibilitando que seus voos sejam ainda mais altos.

No decorrer de seus estudos nesta disciplina, você perceberá a riqueza de informações que a mesma traz consigo, afinal de contas, estamos lidando com uma regulamentação que foi criada para garantir acima de tudo padronização e segurança, onde quer que você esteja voando.

Partindo deste princípio, como instrutor desta matéria, planejei aula após aula, sempre com o intuito de deixá-las o mais didático possível, para que você aluno possa entender a matéria abordada. Mas para que tudo fique mais fácil, conto com você em leituras extras, indo um pouco além das vídeo-aulas, pois seria impossível eu comentar todos os detalhes em vídeo.

O nosso material escrito que você está recebendo em PDF, está completo e com informações que vão além das vídeo-aulas. Acompanhe esse material sempre que assistir as aulas, faça anotações e sempre que quiser, pode me chamar através dos botões dúvida ou comentário que ficam abaixo da aula, será sempre um prazer trocar ideias com você.

Não esqueça de ler o CBA (Código Brasileiro de Aeronáutica), eu anexei esse material na aula 14.

Outro ponto FUNDAMENTAL ao seu estudo é baixar no google a versão atualizada da ICA 100-12, esse é a verdadeira bíblia do regulamento de tráfego aéreo e vai complementar o seu estudo aqui.

Entenda que as aulas vão facilitar o seu estudo, mas regulamentos é fundamentalmente leitura, então, baixe esse material e tenha ele sempre acessível na hora de estudar regulamentos, ok?!

Sendo assim, desejo sucesso em seus estudos, me colocando sempre à disposição para qualquer eventual dúvida que possa lhe aparecer do decorrer do seu curso.

Um abraço;



Mateus Pacheco



1.1) HISTÓRICO DA AVIAÇÃO

Com o desenvolvimento da aviação, surgiu a necessidade da padronização das operações aéreas. Para tanto, houveram algumas reuniões e convenções entre países, de forma a buscar um maior conhecimento e padronização das operações aéreas.

1919 – Convenção de Paris: ocorrida após o término da I Guerra Mundial, a Convenção de Paris ficou marcada pela criação da **CINA (Comissão Internacional de Navegação Aérea)**, um órgão responsável por estabelecer normas e técnicas para aviação, e que durou até o início da II Guerra, quando suas atividades foram interrompidas.

1928 – Convenção de Havana: com a inauguração das linhas aéreas na América Central, foi necessário estabelecer a **“Liberdade de passagem pelo espaço aéreo de outras nações”**.

1929 – Convenção de Varsóvia: nesta convenção, foram tratados a **criação dos bilhetes de passagem e notas de bagagem**, além da **responsabilidade do transportador em relação aos transportes aéreos**, bem como as **lesões e mortes** ocorridas durante este transporte.

1933 – Convenção de Roma: instituição de **regras uniformes em matéria de “Sequestro Preventivo de Aeronave”** e regras relativas a **danos causados por aviões a terceiros na superfície**.

1938 – Convenção de Bruxelas: ocorre a IV Conferência internacional de direito aéreo, com a **unificação de algumas regras** relativas aos danos causados por aeronaves a terceiros.

1944 – Convenção de Chicago: conhecida oficialmente como “Convenção sobre Aviação Civil Internacional”, **tratou da criação da ICAO (International Civil Aviation Organization) ou OACI (Organização da Aviação Civil Internacional) como uma organização responsável pela padronização e organização da aviação civil internacional**.

A convenção foi assinada em **07/12/1944**, após a ratificação da mesma por um número suficiente de Estados.

Na convenção de Chicago, a ICAO **adotou normas internacionais e métodos recomendados** no âmbito da aviação civil internacional, com o objetivo de **obter-se a segurança e regularidade** nas operações aéreas. Estas normas são chamadas de **ANEXOS**.



1.2) ICAO

A ICAO é uma agência especializada da ONU, **criada em 1944, e em vigor desde 4 de abril de 1947**, com sua sede localizada em **Montreal, Canadá**.

Além da sede em Montreal, a ICAO possui 7 escritórios regionais espalhados pelo mundo.

- Ásia e Pacífico – **Bangkok**;
- Oriente Médio – **Cairo**;
- África Central e Ocidental – **Dakar**;
- América do Sul – **Lima**;
- América do Norte, Central e Caribe – **Cidade do México**;
- África Oriental e Setentrional – **Nairóbi**;
- Europa e Atlântico Norte – **Paris**.

Cabe à ICAO o desenvolvimento dos princípios e técnicas de navegação aérea, além da organização e o progresso dos transportes aéreos internacionais, além de:

- Promover a segurança de voo;
- Desenvolver a aviação civil internacional;
- Estabelecer padrões e métodos recomendados (anexos);
- Encorajar o desenvolvimento de aerovias, aeroportos e auxílios à navegação aérea.

A ICAO foi criada devido a necessidade de se padronizar as operações que envolvem os seguintes aspectos da aviação:

- Técnica
- Eletrônica
- Meteorologia
- Tráfego Aéreo
- Despacho, etc.

Para isso, criou os anexos técnicos, nos quais estão padronizados todos os aspectos técnicos da aviação civil internacional.



Anexo 1 – Licença de Pessoal
Anexo 2 – Regras do Ar
Anexo 3 – Meteorologia
Anexo 4 – Cartas Aeronáuticas
Anexo 5 – Unidades de Medida
Anexo 6 – Operações de Aeronaves
Anexo 7 – Marca da Nacionalidade e Matrícula
Anexo 8 – Aeronavegabilidade de Aeronaves
Anexo 9 – Facilitação
Anexo 10 – Telecomunicações
Anexo 11 – Serviço de Tráfego Aéreo
Anexo 12 – Busca e Salvamento
Anexo 13 – Investigação de Acidentes Aeronáuticos
Anexo 14 – Aeródromos
Anexo 15 – Serviço de Informações Aeronáuticas
Anexo 16 – Ruído de Aeronaves
Anexo 17 – Segurança (Interferência Ilícita)
Anexo 18 – Cargas Perigosas
Anexo 19 – Gerenciamento de Segurança Operacional

No caso da impossibilidade da aplicação de alguma norma prevista nos anexos, ou caso haja a necessidade de adotar alguma regulamentação que difira em algum aspecto das normas internacionais publicadas, o Estado deverá apresentar a Diferença.

1.3) AUTORIDADES AERONÁUTICAS

Ministério da Defesa

O Ministério da Defesa é diretamente subordinado à Presidência da República, e tem sob sua responsabilidade o gerenciamento das forças armadas brasileiras, divididas em 3 comandos: Comando do Exército, da Marinha e da Aeronáutica.

Comando da Aeronáutica

O Comando da Aeronáutica é o órgão responsável pela aviação brasileira, sendo vinculado ao Ministério da Defesa.

Até 2006, o extinto DAC (Departamento de Aviação Civil) era responsável pela aviação civil nacional. Atualmente a regulação e organização das atividades de aviação civil competem à ANAC, sendo portanto, desvinculadas dos militares.

DECEA

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo é responsável por defender e controlar o espaço aéreo nacional, além de aplicar as normas e métodos recomendados pela ICAO, tendo responsabilidades técnicas e operacionais de proteção ao voo.

Cabem ao DECEA as seguintes atividades:

- Instalações de aeródromos;
- Instalações de auxílios a navegação;
- Suporte para a meteorologia;
- Suporte de comunicações;
- Informações aeronáuticas;
- Confecção de Cartas.

Subordinados ao comando da aeronáutica (COMAER), existem os chamados **COMAR, os Comandos Aéreos Regionais**.

I COMAR – Belém(PA)

II COMAR – Recife(PE)

III COMAR – Rio de Janeiro(RJ)

IV COMAR – São Paulo(SP)

V COMAR – Curitiba(PR)

VI COMAR – Brasília(DF)

VII COMAR – Manaus(AM)

Em cada COMAR estão situadas bases militares para melhor fornecer segurança e operações aéreas.

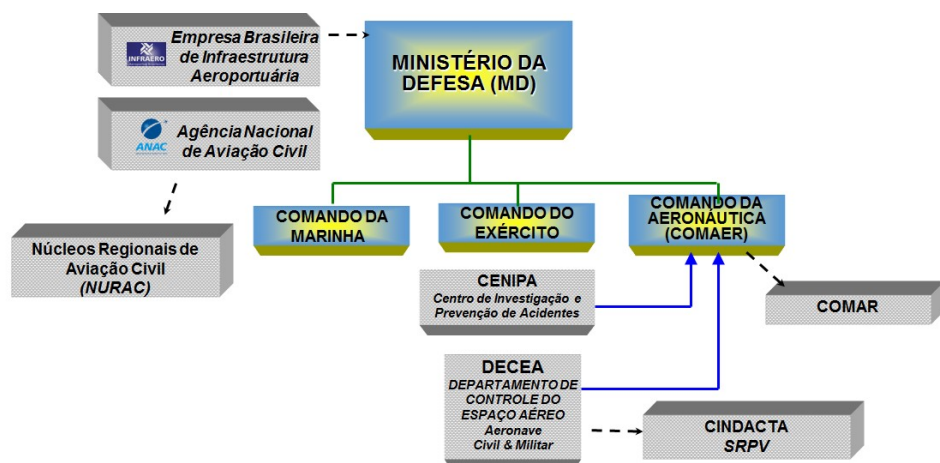
A fim de facilitar o planejamento, implantação, fiscalização e coordenação das atividades aeronáuticas, o DECEA dividiu o espaço aéreo brasileiro em **4 regiões**, chamadas de **RCEA (Região de Controle do Espaço Aéreo)**.

Dentro de cada RCEA existem:

- FIR (Região de Informação de voo);
- RDA (Região de Defesa Aérea);
- SSR (Radar Secundário de Vigilância).

Cada RCEA é controlado por um órgão denominado de **CINDACTA (Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo)**, que prestará a cobertura radar, a vigilância e o controle da circulação aérea, a fim de manter a soberania e a ordem do espaço aéreo brasileiro.

Além dos CINDACTAS, existe outro órgão que auxilia no gerenciamento da movimentação de aeronaves, mais especificamente no eixo Rio-São Paulo, o chamado **SRPV-SP(Serviço Regional de Proteção ao Voo de São Paulo)**. Este serviço existe devido ao grande fluxo de aeronaves na região compreendida entre o RJ e SP.



ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) é, desde 2006, o órgão responsável pela aviação civil brasileira, assumindo as funções que cabiam ao extinto DAC, que era um órgão militar.

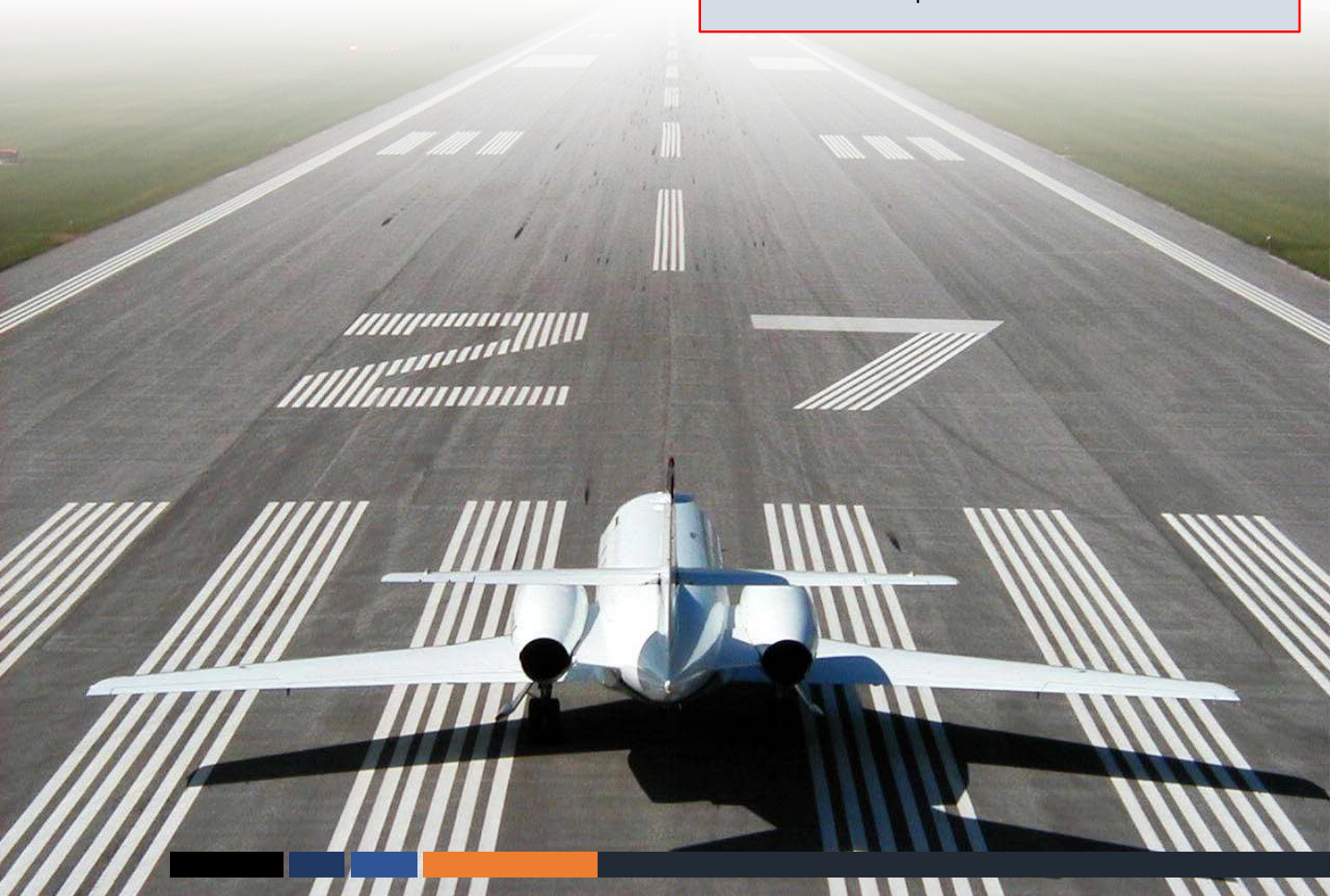
A ANAC é uma agência de regime autárquico, sendo vinculada ao Ministério da Defesa.

Sua sede localiza-se em Brasília-DF, além de contar com sedes regionais, as chamadas NURAC (Núcleo Regional de Aviação Civil).

Fique Atento!

As NURAC já tiveram outros nomes. Eram chamadas de SERAC depois foi substituído para GER, posteriormente para UR e agora é chamada de NURAC.

A ANAC tem como função a **fiscalização** das atividades de aviação civil e da infraestrutura aeronáutica e aeroportuária.





AERÓDROMOS

O que é um Aeródromo?

O que é um Aeroporto?

Define-se aeródromo como uma área definida sobre terra, mar ou área flutuante, destinada à chegada e partida de aeronaves.



Já um aeroporto é definido como um aeródromo dotado de facilidades para operação de aeronaves e estrutura para embarque e desembarque de passageiros e fluxo de pessoas e cargas.

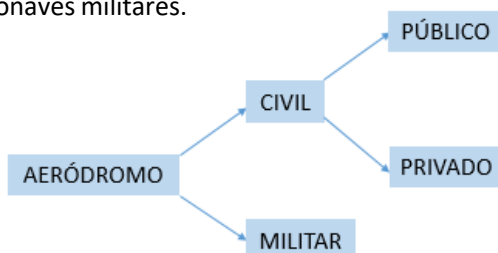


Portanto:

TODO AEROPORTO É UM AERÓDROMO, MAS NEM TODO AERÓDROMO É UM AEROPORTO.

Os aeródromos se classificam em:

- Aeródromos Cíveis: destinados, a princípio, para aeronaves cíveis ;
- Aeródromos Militares: para uso exclusivo de aeronaves militares.



Cíveis:

- Públicos: destinam-se ao tráfego de aeronaves em geral;
- Privados: só podem ser utilizados com permissão do seu proprietário, sendo vedada a exploração comercial.

Os aeroportos também possuem uma classificação, podendo ser:

- Domésticos: destinados às aeronaves em voo no território nacional;
- Internacionais: destinados às aeronaves nacionais e estrangeiras na realização de serviços internacionais, regulares ou não.

Toda aeronave que chegue do exterior fará seu primeiro pouso ou sua última decolagem em um aeroporto internacional!

Construção de Aeródromos

Para a construção de um aeródromo, é necessária prévia autorização do COMAR da área onde estiver localizado o aeródromo.

Aeródromos públicos: são construídos, mantidos e explorados diretamente pelo comando da aeronáutica.

O Comando da Aeronáutica pode autorizar a construção, manutenção e exploração de aeródromos públicos por terceiros, desde que as normas deste comando sejam seguidas.

Aeródromos privados: são construídos, mantidos e explorados por seus proprietários.

LEMBRE-SE

Registro e Homologação de Aeródromos

Registro:

É o ato através do qual o comandante do COMAR autoriza a utilização de um aeródromo privado, tendo validade de 5 anos, prazo renovável por igual período, desde que mantidas as condições técnicas para as quais fora aberto ao tráfego aéreo.

O cancelamento do registro poderá ser realizado pelo comandante do COMAR da área.

Homologação:

É o ato oficial no qual o Diretor Geral da ANAC autoriza a abertura e utilização de um aeródromo público. A homologação tem validade de 10 anos, prorrogável por igual período.

A homologação ou revogação de aeródromos públicos é de competência da ANAC.



RESUMINDO

Aeródromo Privado

Registro

Comandante do COMAR

5 anos

Aeródromo Público

Homologação

Diretor da ANAC

10 anos

PISTA – NÚMERO E ORIENTAÇÃO

→ A pista será indicada por um número, derivado de seu rumo magnético, indicado em sua cabeceira.

→ A numeração de pista é feita em rumos, de 10 em 10 graus, ignorando o zero final.

→ Como a numeração de pista utiliza dois algarismos, os rumos de dois algarismos têm que compensar a perda do zero final, adquirindo um zero a esquerda. Assim uma pista no rumo 18 graus tem o número 02. E como tem dois sentidos opostos, de fato são duas pistas, de números 02 e 20.

ATENÇÃO

→ As frações finais iguais ou superiores a 5 graus são arredondadas para a dezena superior, e as menores que 5 graus, para a dezena inferior.

→ Rumos de 001º a 004º, arredonda-se para a dezena inferior, neste caso 360º. Logo a numeração da pista será 36º e nunca 00º.

Observe alguns exemplos de numerações:

Ex. 1: Rumo magnético 37º

37º -> 40º -> 040 -> 04 Pista 04



Ex. 2: Rumo magnético 332º

332º -> 330º -> 330 -> 33

Pista 33



Ex. 3 Rumo magnético 001º

001º -> 00º -> 360 -> 36



UM POUCO A MAIS:

Além das numerações das pistas como citado acima, poderemos ter aeródromos com duas ou mais pistas paralelas em operação. Nesses casos, a representação segue o seguinte modelo:

→ Duas pista paralelas: L (Left), R (Right): 29L; 29R.

→ Três pistas paralelas: L (Left), C (center), R (Right): 29L; 29C; 29R.

→ Quatro pistas paralelas: L, R, L, R: 29L; 29R; 29L; 29R.

→ Cinco pistas paralelas: L, C, R, L, R: 29L; 29C; 29R; 29L; 29R.

→ Seis pistas paralelas: L, C, R, L, C, R: 29L; 29C; 29R; 29L; 29C; 29R.

Como escolher a pista para pouso em relação ao vento

Vamos utilizar o exemplo da pista de Florianópolis, cujas orientações são: 14 (140º) e 32 (320º) e vamos considerar que o vento sopra de 110º.



Para encontrar a pista em uso, basta subtrair $140^\circ - 110^\circ$ e $320^\circ - 110^\circ$ e verificar qual o menor resultado das duas operações. Neste caso $140^\circ - 110^\circ = 30^\circ$, logo, como é menor que 210° ($320^\circ - 110^\circ = 210^\circ$) a pista em uso, que trará melhores benefícios ao pouso ou decolagem será a pista 14.

Lembre-se que os resultados menores que 90° , revelarão a pista em uso, isso porque garantem que o vento apesar de ser de traves, seja de proa também.

Importante: Em locais controlados, a torre definirá a pista em uso, a não ser que o vento seja menor ou igual a 6Kt, quando ficará a critério do piloto escolher a pista.

RESISTÊNCIA DOS PISOS

Segundo a emenda 35, publicada junto ao anexo 14 (Aeródromos), as pistas de pouso têm seu pavimento caracterizado de duas formas, dependendo da resistência e do piso da mesma.

Se a resistência for de até 5700 kg(12500 lb), a pista será caracterizada com base no peso máximo de decolagem da aeronave e na pressão máxima admissível dos pneus.

Para pistas com capacidade de carga superior a 5700 kg, será usado o método PCN de classificação de pavimentos.

PCN – Pavement Classification Number: o PCN é um código que identifica a resistência de um pavimento para operações sem restrições. Neste código, serão informadas as seguintes propriedades de uma pista:

Tipo de pavimento:

F – pavimento flexível(asfalto);

R – pavimento rígido(concreto);

Resistência do subleito:

A – alta

B – média

C – baixa

D – ultra-baixa

Pressão máxima admissível dos pneus:

W – alta(sem limite);

X – média(até 1,5 MPa);

Y – baixa(até 1,0 MPa);

Z – muito baixa(até 0,5 MPa);

Método de avaliação:

T – Técnica: consiste no estudo específico das características do pavimento e na utilização da tecnologia para determinar o comportamento de um piso.

U – Prática: conhecimento do tipo e peso de aeronaves que, em condições normais, permitem que o pavimento resista satisfatoriamente.

Ex. 1:

PCN80/R/B/W/T

- Resistência do pavimento: PCN 80

- Tipo de pavimento: Rígido

- Resistência do subleito: Média

- Pressão máxima dos pneus: Sem limite de pressão

- Método de avaliação: Técnica

Ex.2:

Aeroporto de Criciúma/Forquilha(SC)SBCM

09 - (1488x30 ASPH 22/F/C/X/U) – 27

- Resistência do pavimento: PCN 22

- Tipo de pavimento: Flexível(asfalto)

- Resistência do subleito: Baixa

- Pressão máxima dos pneus: Média (até 1,00 MPa)

- Método de avaliação: Prática

ACN – Aircraft Classification Number: o ACN é um código que identifica se uma aeronave pode ou não operar em um certo aeródromo, devendo ser comparado com o número do PCN da pista.

Caso o ACN da aeronave for igual ou inferior ao PCN publicado, esta aeronave poderá operar no aeródromo em questão.

AERONAVES

Uma aeronave é definida como qualquer aparelho que possa sustentar-se na atmosfera a partir de reações do ar.

As aeronaves se classificam em:

- Aeronaves Civis: divididas em públicas e privadas;

- Aeronaves Militares: para uso exclusivo das forças armadas.

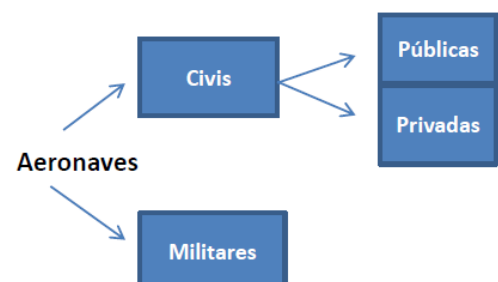
Aeronaves Civis:

- Públicas: Federais, Estaduais e Municipais;

- Privadas: Serviço público e Serviço privado;

*Serviços Aéreos Públicos - Transporte Aéreo Regular, serviços aéreos especializados para terceiros.

*Serviços Aéreos Privados – Transporte desportivo, transporte para o comércio/indústria, instrução ou transporte de benefício exclusivo do operador.





MARCAS DE NACIONALIDADE DAS AERONAVES

A ICAO reservou cinco grupos de duas letras para identificar as aeronaves brasileiras: PP, PT, PR, PS e PU.

IMPORTANTE: Segundo o CBA, aeronaves brasileiras são aquelas de matrícula brasileira! As matrículas de aeronaves civis brasileiras deverão ser compostas de 5 letras, separadas por um hífen, sendo que as 2 primeiras indicam a marca de nacionalidade da mesma, e as 3 últimas a marca de matrícula.

Aviação Comercial → PT ou PR

Aviação Geral → PT ou PP

Ultraleves → PU

Experimentais → PU

PP-FGM

Nacionalidade

Matrícula

Aeronaves Federais: PP ou PT, a primeira letra do grupo de três sendo “F”.

Ex.: PP-FGM, PP-FKW, PP-FXH.

No designativo de chamada, as aeronaves federais específicas podem usar as seguintes letras para melhor identificação na fonia, já que na maioria das vezes possuem prioridade sobre as demais.

Exército: EB

Marinha: MAR

Aeronáutica FAB



Aeronaves Estaduais: PP, a primeira letra do grupo de três sendo “E”.

Ex.: PP-EOS, PP-EJH.



Aeronaves Municipais: PP, a primeira letra do grupo de três sendo “M”.

Ex.: PP-MAB, PP-MAD

Aeronaves de empresa de transporte regular: PP, PT ou PR.

Ex.: PR-GTA(Gol), PR-MYS(Tam), PR-AYV(Azul), PR-AVB(Avianca).

Aeronaves construídas por amadores, experimentais, ou em processo de homologação: PP-ZAA/PP-ZZZ, ou PT-ZAA/PT-ZZZ



Ultraleves: PU-AAA /PU-ZZZ



Ps.: Nas marcas de matrículas, NÃO poderão constar:

- letras acentuadas;
- matrículas iniciadas com a letra Q;
- as que tenham W como segunda letra;
- as combinações com significados importantes: SOS, XXX, TTT, PAN, VFR, IFR;



DISTÂNCIAS DECLARADAS PARA UTILIZAÇÃO DAS PISTAS

Stopway ou Zona de Parada(SWY): área existente após a pista, destinada para eventual frenagem de aviões que abortam a decolagem. Esta área localiza-se no eixo da pista, e é capaz de suportar a aeronave durante uma decolagem abortada, sem causar danos estruturais à mesma.



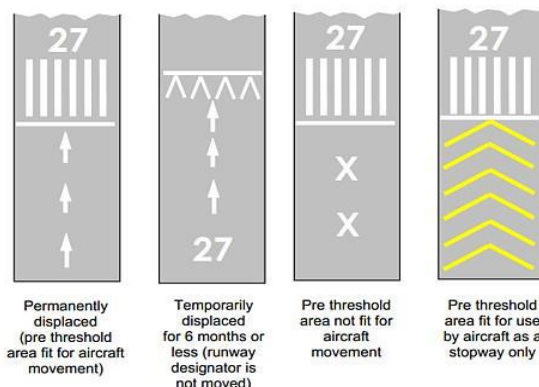
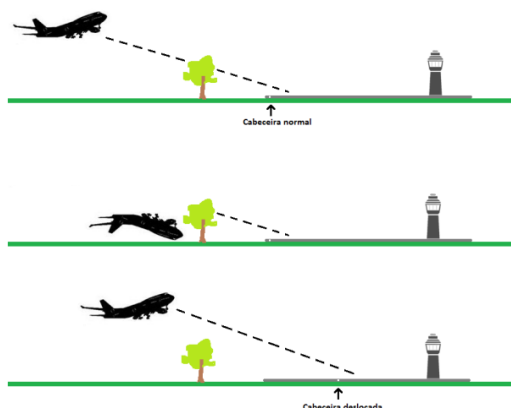
Figure 6-3.—Selected runway markings.

Clearway ou Zona de Limpa(CWY): área além do final da pista de decolagem, com pelo menos 150m(500 ft) de largura, localizada no mesmo eixo da pista, com uma área totalmente livre de obstáculos, usada para se ganhar altura imediatamente após a decolagem.



Cabeceira deslocada: em algumas pistas, existe um deslocamento do início da pista, normalmente executado para permitir que as aeronaves em procedimento de pouso possam livrar obstáculos existentes na rota de aproximação.

Geralmente deve-se à obstruções sob a trajetória de aproximação, ou ainda, em áreas sensíveis ao ruído aumenta-se a altura da aproximação para o pouso de aeronaves, e tem-se maior e melhor “abatimento de ruído”, entre outros motivos.

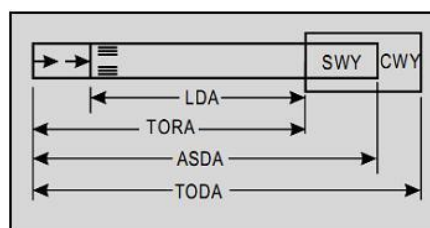


TORA – Take-off Run Available: é o piso disponível e adequado para a corrida de decolagem, incluindo a cabeceira deslocada(quando existente), porém sem incluir a Stopway.

ASDA – Accelerate-Stop Distance Available: é a distância utilizável para a parada de uma decolagem abortada.

TODA – Take-off Distance Available: é a distância utilizável para uma decolagem, sendo a soma da TORA com a CWY oposta, incluindo a SWY. 26

LDA – Landing Distance Available: é a distância disponível e adequada para o pouso de uma aeronave.



Obs.: Numa pista simples que não dispuser de cabeceira deslocada, SWY e CWY, o comprimento físico da pista, TORA, ASDA, TODA e LDA serão iguais entre si!

Informação! Estas distâncias estão apresentadas nas cartas ADC (Carta de Aeródromo), e também contam no ROTAER (Manual Auxiliar de Rotas Aéreas).

Se por algum motivo uma distância de pista não puder ser utilizada para decolagens, pousos, ou ambos, serão empregadas as palavras No Utilizable, ou a abreviatura NU.



ALFABETO FONÉTICO

O alfabeto fonético da ICAO é utilizado quando há necessidade de soletrar certas palavras, inclusive matrículas e indicativos de chamada de aeronaves.

A - Alfa	N - November
B - Bravo	O - Oscar
C - Charlie	P - Papa
D - Delta	Q - Quebec
E - Echo	R - Romeo
F - Foxtrot	S - Sierra
G - Golf	T - Tango
H - Hotel	U - Uniform
I - India	V - Victor
J - Juliet	W - Whiskey
K - Kilo	X - X-Ray
L - Lima	Y - Yankee
M - Mike	Z - Zulu

- 1: uno
- 6: meia dúzia
- 10: uno, zero
- 12: uma dúzia
- 20: dois, zero
- 23: dois, três



Um pouco a mais!!

FRASEOLOGIA PADRÃO

É extremamente importante uma perfeita comunicação entre controladores e aeronaves, para que o tráfego aéreo seja controlado com segurança e agilidade.

Assim, as mensagens utilizadas nas comunicações entre aviões e os órgãos de tráfego aéreo tem como objetivos:

- 1-Assegurar a uniformidade das comunicações radiotelefônicas;
- 2 - Reduzir ao mínimo o tempo de transmissão das mensagens;
- 3-Proporcionar autorizações claras e concisas.

IDIOMA

-O português deve ser o idioma normalmente utilizado;

-O inglês será utilizado como idioma internacional;

COTEJAMENTO DE MENSAGENS

Todas as autorizações ou instruções que o ATC (Controle de Tráfego Aéreo) transmitir ao piloto, o mesmo deve cotejar (repetir) ao controlador, para garantir a compreensão da mensagem.

Ex.:

Autorizações (para) – entrar na pista em uso, pousar, decolar, cruzar a pista em uso, etc.

Instruções – proas e velocidades, ajuste de altímetro, transponder, etc.

UNIDADES DE MEDIDA

Convenções Internacionais

O Conselho da ICAO adotou as normas e métodos recomendados referentes às unidades de medida em 1948, designando-as de Anexo 5 à Convenção.

O Brasil comunicou à OACI em 1963 as suas Diferenças entre os regulamentos nacionais e as normas da ICAO.

As seguintes medidas são utilizadas pelos serviços de tráfego aéreo e por toda aeronave que opera no Brasil:

Distância	Quilometro (Km) ou Milhas Náuticas (NM)
Altitude, Elevação, Altura	Altitude, altura, elevações (pés)
Pequenas distâncias (horizontais)	Metros
Velocidade Horizontal	Km/h, mph, Nm/h (kt – nó)
Velocidade Vertical	Ft/min
Velocidade do Vento	Nós (kt)(Nm/h)
Direção do Vento	Graus Magnéticos
Visibilidade	Metros (até 5000) e km (acima de 5km)
Ajuste do altímetro	Hectopascal(hPa)
Temperatura	Graus Celsius(C°)
Peso	Kg
Tempo	Horas e Minutos, 24h por dia (Hora UTC)

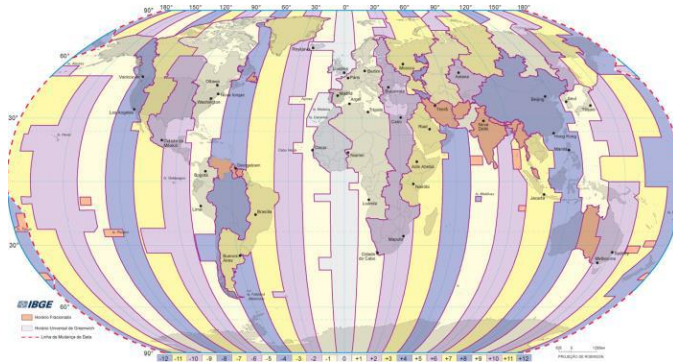


REFERÊNCIA HORÁRIA

É extremamente importante para a aviação ter um horário padrão para o mundo todo. Neste caso, é utilizado o horário Z (Zulu), ou UTC, que utiliza como referência o Meridiano de Greenwich, na Inglaterra.

Resumindo, todo plano de voo ou horário utilizado na aviação será em relação à hora Zulu.

Ex.: o horário de Brasília é de -3 horas em relação a hora Zulu. Portanto, se em Greenwich forem 15:40h, em Brasília a hora local será 12:40h! Já o horário brasileiro de verão é de -2 horas em relação ao horário Zulu.



INDICADORES DE LOCALIDADES

Os indicadores de localidade dos aeródromos brasileiros são distribuídos dentro de grupos, conforme o tipo de serviço de tráfego aéreo prestado e a região onde localiza-se o aeródromo.

O grupo **SBAA/SBZZ** é reservado para indicar aeródromos servidos por estações de comunicação que executem serviços de controle ou de informação de tráfego, visando a segurança da navegação aérea. A este serviço chamamos de Serviço Fixo Aeronáutico.

Todo aeródromo que dispõe de um serviço fixo será identificado por SB**, independente de sua localização no território brasileiro.

Ex:

SBRJ – Rio de Janeiro (Santos Dumont);

SBSP – São Paulo (Congonhas);

SBCH – Chapecó

SBFL – Florianópolis;

SBPA – Porto Alegre

GRUPO SDAA/SDZZ

Indica localidades desprovidas de auxílio fixo, situadas nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

Ex.:

SDRK – Rio Claro(SP);

SDNY – Nova Iguaçu(RJ);

SDOU – Ourinhos(SP);

SDTK – Parati(RJ);

SDCO – Sorocaba(SP);

GRUPO SNAA/SNZZ

Indica localidades desprovidas de auxílio fixo, situadas nos estados de PA, MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA, ES, MG e AP.

Ex.:

SNBR – Barreiras(BA);

SNAL – Arapiraca(AL);

SNPC – Picos(PI);

SNDC – Redenção(PA);

GRUPO SSAA/SSZZ

Indica localidades desprovidas de auxílio fixo, situadas nos estados de MS, PR, SC e RS.

Ex.:

SSAP – Apucarana(PR);

SSCK – Concórdia(SC);

SSKZ – Carazinho(RS);

SSDO – Dourados(MS);

GRUPO SWAA/SWZZ

Indica localidades desprovidas de auxílio fixo, situadas nos estados de MT, GO, TO, AM, AC, RO, RR e DF

Ex.:

SWKO – Coari(AM);

SWLC – Rio Verde(GO);

SWSI – Sinop(MT);

SWKK – Cacoal(RO);

Estes indicadores de localidade são atribuídos ou cancelados pela Divisão de Telecomunicações Aeronáuticas do DECEA.

Todos os indicadores de localidade de aeródromos brasileiros podem ser encontrados no Manual de Rotas Aéreas, o ROTAER.



As regras do ar são tratadas no anexo 2 da ICAO, sendo divididas em:

- Regras Gerais;
- Regras de Voo Visual(VFR);
- Regras de Voo por Instrumentos(IFR)

AUTORIDADE COMPETENTE

Cabem ao diretor do DECEA, as seguintes atividades:

a) Estabelecer/modificar:

- Ou cancelar espaços aéreos condicionados de caráter permanente;
- Em caráter temporário e previamente definido, de espaços aéreos condicionados que implique ou não em alterações em vigor através do SRPV e dos CINDACTAS;

b) Suspender operações em aeródromo em virtude de condições meteorológicas;

c) Interditar e Impraticabilizar área de manobras via órgão ATS;

d) Fixar os mínimos meteorológicos operacionais;

e) Estabelecer as características dos equipamentos de navegação e comunicação a bordo de aeronaves civis.

APLICABILIDADE DAS REGRAS DO AR

As regras do ar serão aplicadas a:

a) Toda aeronave que opere dentro do espaço aéreo brasileiro, incluindo águas territoriais e jurisdicionais, bem como o espaço aéreo que se superpõe ao alto mar que tiver sido objeto de acordo regional de navegação aérea, independente da matrícula da aeronave em questão;



AUTORIDADE, RESPONSABILIDADE E CUMPRIMENTO DAS REGRAS DO AR

→ A responsabilidade pelo cumprimento das regras do ar é atribuída aos órgãos de tráfego aéreo e aos comandantes das aeronaves.

→ O piloto em comando, estando ou não manejando os comandos, será responsável para que a operação de uma aeronave esteja de acordo com o estabelecido nas regras do ar.

→ Planejamento Do Voo: antes de iniciar um voo, o piloto em comando, por ser responsável quanto ao planejamento do voo, deve estar ciente quanto a informações meteorológicas, de aeroportos, cálculo de combustível, informações aeronáuticas.

→ O piloto em comando de uma aeronave será a autoridade máxima a bordo, tendo a decisão em tudo que for relacionado a ela, enquanto estiver em comando.

Cabe ressaltar que, o piloto em comando poderá desviar-se das regras do ar em uma ocasião de emergência que necessite de uma ação imediata. Deve ser enviado posteriormente a execução da “irregularidade” um relatório/mensagem à UR (atual NURAC) da ANAC informando o motivo do desvio.

UM POUCO A MAIS

Uso de intoxicantes, narcóticos, drogas e bebidas alcoólicas

É regra fundamental que não poderá qualquer tripulante estar sob influência de bebidas alcoólicas, intoxicantes, narcóticos ou drogas que lhe diminuam a capacidade de agir.

Nenhuma pessoa pode atuar ou tentar atuar como tripulante de uma aeronave civil nas seguintes condições:

*por um período não menor que 8 horas após ter consumido qualquer bebida alcoólica;

*enquanto estiver sob influência do álcool;

*enquanto estiver usando ou sobre efeito de qualquer droga, que afete de qualquer maneira, a segurança sua ou da aeronave, ou ainda, as faculdades mentais de ações desta pessoa;

*enquanto possuir álcool no sangue em quantidade igual ou superior a 0,04% do seu peso.

Sempre que a autoridade aeronáutica possuir base razoável para acreditar, que a pessoa violou um ou mais dos requisitos acima, esta pessoa deve fornecer a ANAC exames de laboratório que comprovem não estar sob efeito de álcool ou qualquer outra droga, ou autorizar que uma clínica, hospital, laboratório, ou médico que o façam. Os exames devem ser realizados em até 4 horas, contados a partir do momento que a pessoa tiver tentado ou atuado como tripulante.



REGRAS GERAIS

Proteção de pessoas e propriedades

a) Operação negligente ou imprudente de aeronaves: ao operar uma aeronave, o piloto deve tomar cuidados especiais, a fim de assegurar a segurança e proteção de pessoas e propriedades, e conduzir a aeronave de forma prudente.

b) Alturas mínimas: a proteção citada não visa somente pessoas e propriedades dentro da aeronave, mas também as que estiverem na região de sobrevoo. Daí surgiu a necessidade de se criar mínimos para uma operação segura.



Exceto em operação de pouso e decolagem, uma aeronave em voo VFR não poderá voar nas seguintes condições:

- Sobre cidades, povoados ou lugares habitados, em altura inferior a 1000 ft(300m);
- Em regiões montanhosas, em altura inferior a 2000 ft(600m);
- Em lugares desabitados, em altura inferior a 500 ft(150)m, sobre solo ou água.

c) Níveis de cruzeiro: os níveis de cruzeiro nos quais um voo, ou parte dele, deve ser conduzido, são definidos a partir da chamada “Regra do PI”. (Veja mais sobre a regra do PI na aula RTA 5 – Regras de Voo Visual).

d)/e)/f) Pulverização/Reboque/Paraquedismo
Estas 3 atividades só serão autorizadas mediante prévia coordenação e informações com o órgão de Tráfego Aéreo(ATS) vigente na área. **A autoridade competente para a autorização dos eventos acima, será o SRPV ou CINDACTA com jurisdição sobre a área.**

g) Voos em formação

As aeronaves não deverão voar em formação, exceto quando previamente acordado pelos pilotos em comando das aeronaves que estejam participando

do voo e em formação no espaço aéreo controlado de acordo com as condições determinadas pela autoridade competente.

As condições devem incluir os seguintes requisitos:

A formação opera como uma aeronave única quando se trata de navegação e de notificação de posição; A separação entre as aeronaves em voo deverá ser responsabilidade do líder de voo e dos pilotos em comando das outras aeronaves participantes, bem como deverá incluir períodos de transição quando as aeronaves estiverem manobrando para alcançar sua própria separação dentro da formação e durante manobras para iniciar ou romper essa formação; Cada aeronave deve manter uma separação e não exceda 0,5NM (1KM) lateralmente e longitudinalmente, bem como a 30M (100pés) verticalmente com respeito a aeronave líder.

PREVENÇÃO DE COLISÕES

Para que sejam prevenidas possíveis colisões, é muito importante que os tripulantes estejam sempre vigilantes e atentos durante as operações, independente da regra de voo ou do espaço aéreo no qual se está voando.

“As regras descritas a seguir não eximem o piloto em comando da responsabilidade de tomar a melhor ação para evitar uma colisão, incluindo as manobras baseadas nos avisos de resolução providas pelo equipamento TCAS”.

(Trecho retirado da ICA 100-12)

PROXIMIDADE

Nenhuma aeronave voará tão próxima da outra, de modo que possa ocasionar perigo de colisão!

Com exceção dos voos em formação, que devem ser previamente coordenados e autorizados.

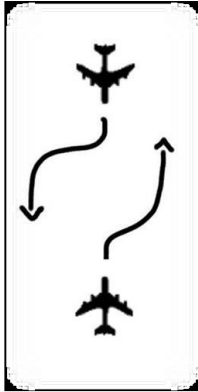
DIREITO DE PASSAGEM

A aeronave que tem o direito de passagem deve manter seu rumo e velocidade.

Toda aeronave obrigada pelas regras seguintes a afastar-se de outra, deverá evitar passar por cima, por baixo ou cruzar-lhe a frente, a menos que haja distância suficiente.

1 - Aproximação de frente

Quando duas aeronaves se aproximarem de frente, ou quase de frente, e exista perigo de colisão, ambas devem alterar seus rumos para a **direita**.



2 - Convergência:

Quando duas aeronaves estiverem em rota convergente, em níveis aproximadamente iguais, a que tiver a outra a sua direita cederá passagem.

Porém, devido à performance e manobrabilidade de algumas aeronaves, existem algumas exceções.

Segundo a regra geral, a aeronave que tiver outra a sua direita terá o direito de passagem.

Importante:

Aeronaves mais pesadas que o ar cederão passagem aos dirigíveis, que cederão passagem aos planadores, que cederão passagem aos balões.

É importante lembrar que aeronaves em emergência, independente do tipo, terão prioridade sobre todas as outras!

1º Aeronaves em Emergência

2º Balões

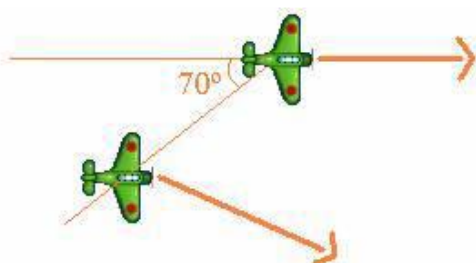
3º Planadores

4º Dirigíveis

3–Ultrapassagem:

Denomina-se aeronave ultrapassadora a que se aproxima da outra por trás, numa linha que forme um ângulo inferior a 70° com o plano de simetria da aeronave que será ultrapassada.

Toda aeronave que estiver sendo ultrapassada por outra terá o direito de passagem e a aeronave ultrapassadora, quer esteja subindo, descendo ou em voo nivelado, deverá manter-se fora da trajetória da primeira, modificando seu rumo para a direita.



4 – Pouso:

Durante a aproximação para pouso, o piloto de uma aeronave estará atento a diversos instrumentos na cabine, a fim de executar uma série de checks pré-pouso.

Como a atenção do piloto estará dividida entre os procedimentos pré-pouso e o controle da aeronave, é necessário que ele se isente de outras preocupações, como a separação com outras aeronaves.



Portanto, as aeronaves que estiverem em procedimento de pouso terão prioridade sobre as aeronaves que estão em voo, ou operando em terra/água.

Se houverem duas aeronaves aproximando para um mesmo aeródromo, terá prioridade a que estiver mais baixa, porém, sem prevalecer-se desta regra para cruzar a frente de outra que estiver em procedimento de pouso.

5 – Decolagem:

Toda aeronave no táxi, na área de manobras de um aeródromo, cederá passagem às aeronaves que estejam decolando ou por decolar.

6 – Movimentos das aeronaves na superfície:

Caso exista risco de colisão entre duas aeronaves taxiando na área de manobras de um aeródromo, os procedimentos tomados pelas aeronaves deverão ser similares às ações tomadas quando há potencial risco de colisão no ar.



- Quando duas aeronaves estiverem se aproximando de frente, ambas deverão retardar seus movimentos e desviar para a direita;
- Quando duas aeronaves estiverem em um rumo convergente, a aeronave que tiver outra à direita cederá passagem;
- Toda aeronave que estiver sendo ultrapassada por outra terá o direito de passagem, e a ultrapassadora se manterá a uma distância segura da outra.

7 – Operações na água:

Uma aeronave aproximando-se de outra aeronave ou embarcação, havendo risco de colisão, deve proceder de acordo com as circunstâncias e condições do caso, inclusive com as limitações próprias de cada uma, não havendo uma regra geral.

CIRCUITO DE TRÁFEGO PADRÃO

O circuito de tráfego padrão será executado com todas as curvas à esquerda, e será dividido em 5 partes:

- Perna contra o vento:** trajetória de voo paralela à pista em uso, no sentido do pouso;
- Perna de través:** trajetória de voo perpendicular à pista em uso, situada entre a perna contra o vento e a perna do vento;
- Perna do vento:** trajetória de voo paralela à pista em uso, entre a perna de través e a perna base, no sentido contrário ao do pouso;
- Perna base:** trajetória perpendicular à pista em uso, situada entre a perna do vento e a reta final.
- Reta final:** trajetória no sentido do pouso e no prolongamento do eixo da pista, compreendida entre a perna base e a cabeceira da pista em uso.

PS.:

- Chama-se “reta final longa” quando a aeronave inicia a aproximação final a uma distância superior a 7 km do ponto de toque, ou quando numa aproximação direta, encontra-se a 15 km do ponto;
- O ponto médio da perna do vento é, normalmente, onde a aeronave recebe da TWR o número na sequência de pouso;
- O circuito **padrão** deverá ser executado com **curvas à esquerda**, nas seguintes alturas:
 - a) Aeronaves a hélice: 1000 ft sobre o terreno;
 - b) Aeronaves a reação: 1500 ft sobre o terreno;
- A entrada no circuito é sempre realizada a 45º da perna do vento ou da perna contra o vento.





Voo visual é aquele em que a aeronave mantém, durante 100% do tempo de voo, separação das nuvens e outras formações meteorológicas, seguindo normas estabelecidas e determinadas regras e condições são sempre seguidas.

LUZES DAS AERONAVES

LUZES ANTI-COLISÃO – Vermelha ou Estroboscópica (parte superior ou inferior da empenagem) – ligada antes do acionamento, para informar que está quase em movimento. Objetivo principal de avisar as pessoas ao redor da aeronave da sua intenção de movimento.

LUZES DE NAVEGAÇÃO – Ponta da asa ESQUERDA vermelha e na ponta da asa DIREITA verde. Objetivo simples de informar a trajetória/direção da aeronave. Utilizada no período NOTURNO obrigatoriamente. Em conjunto com as luzes de navegação, para destacar a presença dessas, podem existir luzes estroboscópicas.

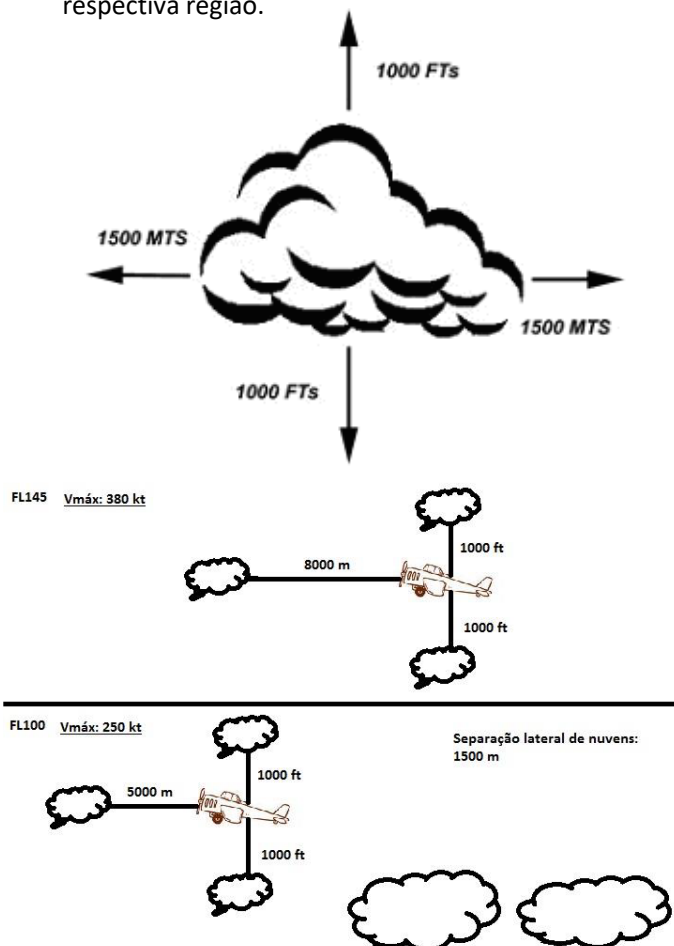
SEPARAÇÃO DE AERONAVES

Caberá ao **piloto em comando** de uma aeronave em voo VFR **providenciar sua separação em relação a aeronaves e outros obstáculos**, por meio do uso da visão. A única exceção é o espaço aéreo classe B, onde o controle fornecerá a separação para os voos VFR.

CONDIÇÕES GERAIS PARA A REALIZAÇÃO DO VOO VFR

- Manter referência com o solo ou água, de modo que as formações meteorológicas abaixo do nível de voo não obstruam mais de 50% da área de visão do piloto;
 - Voar abaixo do nível de voo FL 150, isso significa que o nível máximo de voo é o FL 145. (Veja mais sobre níveis VFR na regra do PI em seguida.)
 - Vel. máxima permitida até o FL100: 250 kt;
 - Vel. Máxima permitida do FL100 ao FL145: 380 kt;
 - Teto igual ou superior a 1500 ft(450m);
 - Visibilidade igual ou superior a 5000m(até o FL100);
 - Visibilidade igual ou superior a 8000m (do FL100 ao FL145).
 - Separação vertical em relação às nuvens de 1000 ft (300m), para cima ou para baixo;
 - Separação lateral de 1500 metros em relação às nuvens.
- Alturas mínimas de voo:
- Áreas habitadas: 1000ft aviões e 500ft para helicópteros

**** Para voar abaixo dos mínimos pré-estabelecidos, é preciso autorização do SRPV ou CINDACTA da respectiva região.**



RESTRIÇÕES PARA O VOO VISUAL

a) Aeronaves em voo visual não poderão decolar ou entrar no circuito de tráfego de um aeródromo, se:

- 1 – O teto for inferior a 450m (1500 ft);
- 2 – A visibilidade no solo for inferior a 5000 m;

Exceto, se houver autorização do ATC para voo VFR especial.

Voo VFR especial:

Um voo Visual especial só poderá ser realizado dentro das seguintes condições:

- No período diurno, dentro de uma CTR ou TMA, controlado por um APP;
- Teto entre 1000 ft(300m) e 1500 ft(450m);
- Visibilidade no solo entre 3000 m a 5000 m;
- As aeronaves deverão estar equipadas com rádio VHF em funcionamento;
- Os aeródromos de partida, destino e alternativa deverão dispor de balizamento luminoso das pistas de pouso em funcionamento;
- Farol de aeródromo em funcionamento;
- Biruta iluminada.



b) Exceto em operações de pouso e decolagem, o voo VFR não poderá ser efetuado:

- Sobre cidades, povoados ou lugares habitados, em altura inferior a 1000 ft(300m);
- Em lugares desabitados, em altura inferior a 500 ft (150)m, sobre solo ou água.

c) Para a realização de voos nos espaços aéreos Classes B, C e D (veja espaços aéreos na aula RTA 7 – Classificação do espaço aéreo), as aeronaves devem dispor de rádio transceptor para estabelecer comunicação via rádio com o órgão ATC apropriado.



d) É proibida a operação de aeronaves sem equipamento rádio ou com este inoperante, nos aeródromos providos de TWR ou AFIS, exceto nos seguintes casos:

- 1 – Aeronaves sem rádio e planadores pertencentes a aeroclubes sediados nestes aeródromos;
- 2 – Voos de traslado de aeronaves sem rádio ou com o mesmo inoperante, desde que haja prévia coordenação com o órgão ATC, e em horários que não prejudiquem o tráfego do aeródromo;
- 3 – Voos de aeronaves agrícolas sem rádio.

Observação:

-Nos voos VFR acima de 10.000ft AMSL até 15.000ft AMSL, são exigidos os seguintes limites:

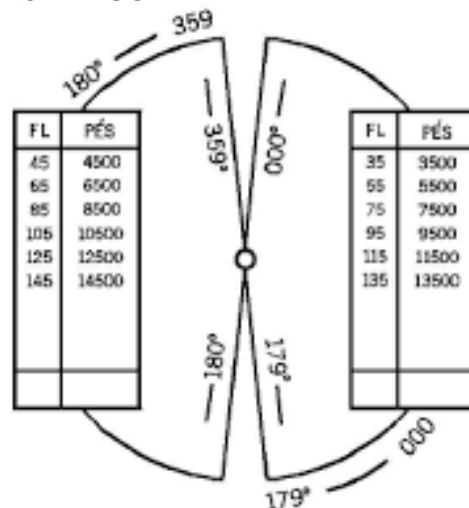
- Visibilidade de 8km
- Livre de nuvens
- Velocidade máxima de 380Kt

-Abaixo dos 300m (3000ft) AMSL, ou até 300m (1000ft) acima do terreno, o que for maior os limites serão os seguintes:

- Visibilidade 5Km;
- Livre de nuvens;
- Avistamento de solo ou água.

- O voo VFR tem como limite máximo o FL145;

NÍVEIS DE VOO



Níveis começam a partir de 3500 pés, abaixo disso voa-se altitude.

3500 pés (altitude) → FL035 (nível) até FL145

0º a 179º → Rumos ÍMPARES → Vai para LESTE

180º a 359º → Rumos PARES → Vai para OESTE

Essa regra permite que aeronave com rumos convergentes, estejam sempre em altitudes diferentes – evitando colisões.

Rumos voados sob regras de voo visuais terminam sempre com 5

Rumos voados sob regras de voo instrumentos terminam sempre em 0

Sendo assim, aeronaves sob regras de voo visuais terão sempre 1000 pés de separação entre si, assim como aeronaves sob regras de voo IFR (instrumento) terão sempre 1000 pés de separação entre si. Entre uma aeronave IFR e uma aeronave VFR haverá sempre a separação mínima de 500 pés.

Lembre-se: Para voar nível (altitude pressão), devemos utilizar no altímetro QNE. Teremos altitude utilizando QNH. Saiba mais sobre QNE e QNH na aula

Técnica para obtenção do rumo a ser voado:

Localizar o rumo magnético

Descobrir se ele é par ou ímpar. Par ou ímpar se refere ao número que vem imediatamente antes do 5.

Se o rumo voado é compreendido entre 000º e 179º será ímpar. Exemplos de níveis ímpares: FL35, FL55, FL75, FL95 ...

Se o rumo voado é compreendido entre 180º e 360º será par. Exemplos de níveis pares: FL45, FL65, FL85, FL125 ...

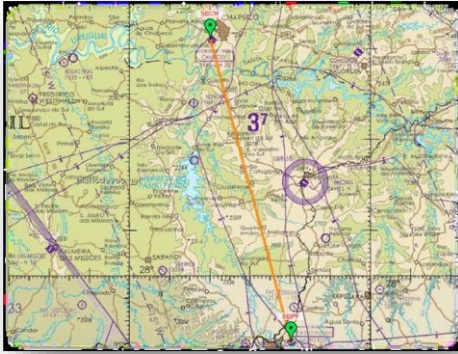
Exemplo:

Rumo 150º → Ímpar → 035, 055, 075

Mais alto → 075 (das opções acima).



CONDIÇÕES PARA REALIZAÇÃO DO VOO VFR EM ROTA



a) Período Diurno:

- 1 – Os aeródromos de partida, de destino e de alternativa, deverão estar registrados ou homologados para operação VFR;
- 2 – As condições meteorológicas predominantes nos aeródromos de partida, destino e alternativa deverão ser iguais ou superiores aos mínimos para operação VFR.

b) Período Noturno: além das condições necessárias para o voo VFR diurno, acrescenta-se:

- 1 – O piloto deverá possuir habilitação IFR;
- 2 – A aeronave deverá estar homologada para voo IFR e deverá estar equipada com rádio VHF em funcionamento.
- 3 – Os aeródromos de partida, destino e alternativa deverão dispor de:
 - Balizamento luminoso das pistas de pouso;
 - Farol de aeródromo em funcionamento;
 - Biruta iluminada;

Ps.: Exceção!

Não serão necessárias habilitação IFR para o piloto e homologação IFR para a aeronave, caso o voo VFR noturno seja inteiramente realizado em ATZ, CTR ou TMA (áreas controladas), e na inexistência desses espaços, quando realizado num raio de 50 km (27 NM) do aeródromo de partida.

VOO VFR CONTROLADO

- a) O voo VFR diurno ou noturno, realizado em ATZ* de aeródromos controlados, e o voo VFR Especial, serão considerados voos Controlados, desde que atendam às seguintes exigências:
 - Preenchimento de Notificação de voo;
 - Deve-se manter escuta permanente na frequência do órgão ATC correspondente, para que seja estabelecida comunicação com esse órgão.

b) Exceto nos casos previstos, ou quando determinado em contrário pelo órgão ATC, o voo VFR não será controlado, recebendo dos órgãos ATS tão somente os serviços de informação de voo e de alerta;

c) Aos voos VFR são prestados, em função do tipo de espaço aéreo onde estes voos se realizam, avisos para evitar tráfego, quando requerido;

d) Os voos VFR deverão obter autorização do ATC apropriado, sempre que forem realizados nos espaços aéreos classe B, C e D;

e) Quando o voo se realizar nos espaços aéreos classe E, F e G, os voos visuais não estarão sujeitos a “autorização de controle de tráfego aéreo”, recebendo dos órgãos ATS somente os serviços de informação de voo e de alerta.





Caro aluno: a aula 6 foi desenvolvida com caráter introdutório aos conceitos das áreas dos espaços aéreos. Alguns conteúdos aqui abordados como por exemplo, ATZ, CTR e TMA serão retomados e melhor aprofundado na aula 8 (ATZ, CTR, TMA, AFIZ). Tendo assistido a aula 6, com certeza, ficará muito mais fácil o aprendizado dos conteúdos abordados adiante.

Um abraço,

Pacheco.

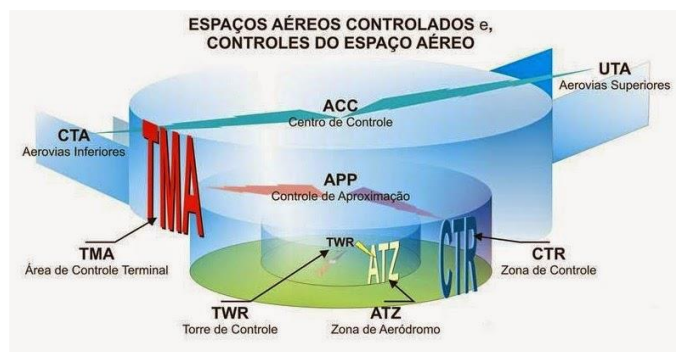
Aeródromo NÃO CONTROLADO

Em um aeroporto não controlado, é constituído apenas pela ATZ (Zona de Tráfego de Aeródromo) que é constituída apenas pelo circuito de tráfego aéreo.



Aeródromo CONTROLADO

Constituída por uma ATZ também, porém mais uma série de áreas importantes. Nessa região existe um CONTROLE (APP), uma TORRE (TWR) e pode existir também um SOLO (GND) que são órgãos de tráfego aéreo que controlam essas áreas.



TMA é uma área terminal, área designada para a chegada e a saída das aeronaves, geralmente tem um raio de cerca de 40Nm a partir de 3500 pés - controlado pelo APP (controle de aproximação).

** A terminal pode ter mais que 40Nm e também podem ter outro formato devido as especificidades de cada região.

Fora da TMA (terminal) as aeronaves controladas serão controladas pelo ACC da respectiva região (centro de controle). Aeronaves não controladas, contatam o ACC apenas para informação ou emergência. Geralmente essas aeronaves estarão voando no espaço aéreo classe G (veja mais sobre espaços aéreos na aula 7), devendo voar na frequência livre (123,45) para coordenação com outros tráfegos.

Sobre as áreas de controle:

a) Zona de tráfego de aeródromo (ATZ): espaço aéreo de dimensões definidas, estabelecido em torno de um aeródromo para proteção dos tráfegos. (controlado pela TWR – torre)

b) Áreas de controle terminal (TMA): áreas de configuração variável que normalmente se situam nas confluências das aerovias, envolvendo um ou mais aeródromos, e constam nas ARC e ERC. As TMA são controladas pelo APP que direcionará as aeronaves que estão ingressando na TMA (oriundas de aerovias ou outras direções).

Classificação das TMA:

- Classe A se a TMA tiver limite superior acima do FL145(exclusive);
- Classe E se a TMA tiver limite superior no FL145. (Mais encontradas no Brasil).

*As aeronaves que voam abaixo de 3500 pés, não estarão sujeitas ao controle do APP. Abaixo disso, as aeronaves estarão sujeitas às regras do espaço aéreo G (veja mais sobre espaços aéreos na aula 8)

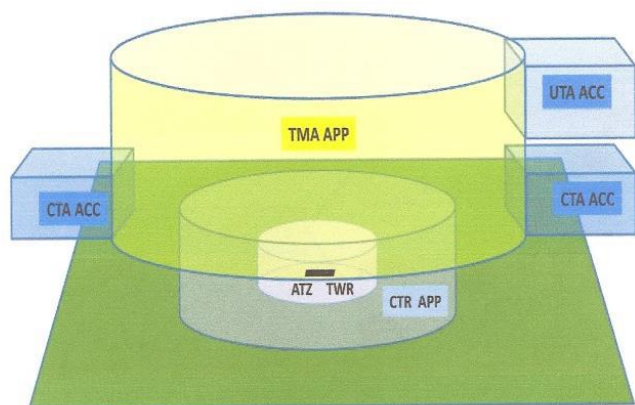
Quando voa-se em espaço aero não controlado, diz-se que a aeronave está voando em uma FIR (Região de informação de voo). (Veja mais sobre FIR abaixo e na aula 7)

c) Zonas de controle (CTR): zonas com configurações variáveis, em torno de um aeródromo, com a finalidade de proteger os procedimentos de saída e chegada IFR. Seu limite inferior será o solo ou água, e o limite vertical será o mesmo da TMA. As CTR são classe D. (Controlada pelo APP – Controle de Aproximação)

d) Áreas de controle (CTA): aerovias (AWY) inferiores e outras partes do espaço aéreo, definidas da seguinte forma:

- Classe A: do FL145 ao FL245;
 - Classe D: do nível mínimo da AWY ao FL145.
- (Controlado pelo ACC – Centro de Controle de Área)

e) Área de controle superior (UTA): aerovias (AWY) superiores e outras partes do espaço aéreo, sendo classe A. (Controlado pelo ACC – Centro de Controle de Área)



Resumindo:

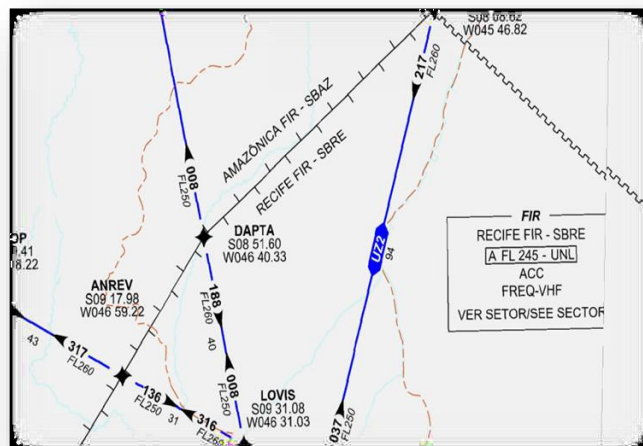
O piloto voando em CTA (em uma aerovia inferior), ao se aproximar de um aeródromo, fará contato com o APP (controle de aproximação) que é responsável pelo controle em uma TMA (terminal). Após, a aeronave entra na ATZ, onde será controlada pela TWR (torre de controle) para prosseguir para o pouso.

REGIÕES DE INFORMAÇÃO DE VOO (FIR)

LIMITES DE UMA FIR

- Limite vertical superior: ilimitado (UNL);
- Limite vertical inferior: solo ou água (GND ou MSL);
- Limites laterais: indicados nas ERC.

Exemplo: linha que divide as FIR Recife e FIR Amazônia



LIMITES DO ESPAÇO AÉREO:

O espaço aéreo é dividido em espaço aéreo superior e espaço aéreo inferior, sendo que cada um deles tem um limite superior e um limite inferior. Sendo que o limite lateral é visualizado na carta de voo.



Outras Áreas (veja mais sobre esses conteúdos na aula 09- Aerovias e Outras Áreas do Espaço Aéreo)

ROTAS ATS

São rotas destinadas a canalizar o fluxo de tráfego por corredores bem definidos.

Aerovias (AWY)

As aerovias são definidas como áreas de controle (inferior ou superior) ou parte delas, dispostas em forma de corredores e providas de auxílios-rádios à navegação. São como estradas no céu, que geralmente conectam uma terminal até a outra.

ROTAS DE ASSESSORAMENTO

São rotas dentro de uma FIR, dentro das quais é prestado o serviço de assessoramento de tráfego, apenas para os voos IFR. Esse tipo de rota é tido como uma transição à implantação do Serviço de Controle de Tráfego Aéreo (ATC). Nesta rota, normalmente o Centro dá sugestões necessárias à segurança do voo.

ROTAS DE INFORMAÇÃO

Rota dentro de uma FIR, ao longo da qual é prestado o Serviço de informação de voo (FIS).

ROTAS DE NAVEGAÇÃO DE AÉREA (RNAV)

Rota estabelecida para ser usada por aeronaves que possam utilizar o sistema de sistema de navegação de área: navegação inercial, ômega, etc.

ROTAS DE SAÍDA OU CHEGADA

Rotas estabelecidas normalmente numa área terminal, cuja finalidade é ordenar e facilitar o fluxo de saída e chegada das aeronaves evoluindo nesta TMA.

Designação das rotas ATS



ROTAS	LETRAS	EXEMPLOS
AWY estritamente nacionais	W	W45
AWY ou rotas <u>superiores</u>	U	UL5, UW19
Com serviço de assessoramento	D	UG164D
De informação	F	W31F
AWY exclusivas para helicópteros	K (Kopter)	KB34
AWY supersônicas	S (Supersonic)	S26



ÁREA DE RESPONSABILIDADE

Os serviços de tráfego aéreo (ATS) são prestados em todo o espaço aéreo nacional, incluindo o espaço situado acima das águas territoriais brasileiras.

O serviço ATS é dividido em:

- ATC – Controle de tráfego aéreo;
- FIS – Serviço de informação de voo;
- AS – Serviço de Alerta

O ATC é o serviço ATS mais importante, por incluir além do controle de tráfego, também o FIS e o AS.

PROVISÃO DOS SERVIÇOS DE TRÁFEGO AÉREO

Os serviços de tráfego aéreo no Brasil são providos pelos diversos órgãos ATS, subordinados ao SISCEAB (sistema de controle do espaço aéreo brasileiro), dentro dos respectivos espaços aéreos de responsabilidade.

NORMAS E MÉTODOS

O Brasil, através do DECEA, adota, para fins de tráfego aéreo, as normas e métodos recomendados pela ICAO, exceto por restrições ou modificações de algumas normas, apresentadas em forma de Diferenças.

ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO

Os ATS serão prestados em todo espaço aéreo sobre o território nacional, águas territoriais e todo espaço que tenha sido objeto de acordos internacionais.

SISTEMA DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO

O controle do espaço aéreo nada mais é do que a prestação de serviços de telecomunicações do COMAER e controle da navegação aérea no espaço aéreo brasileiro.

O órgão central do **SISCEAB** é o DECEA, responsável pelo planejamento e implementação do sistema, além da normatização, coordenação, controle e supervisão técnica dos órgãos ligados ao controle da circulação aérea nacional.

REGIÕES DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO – RCEA

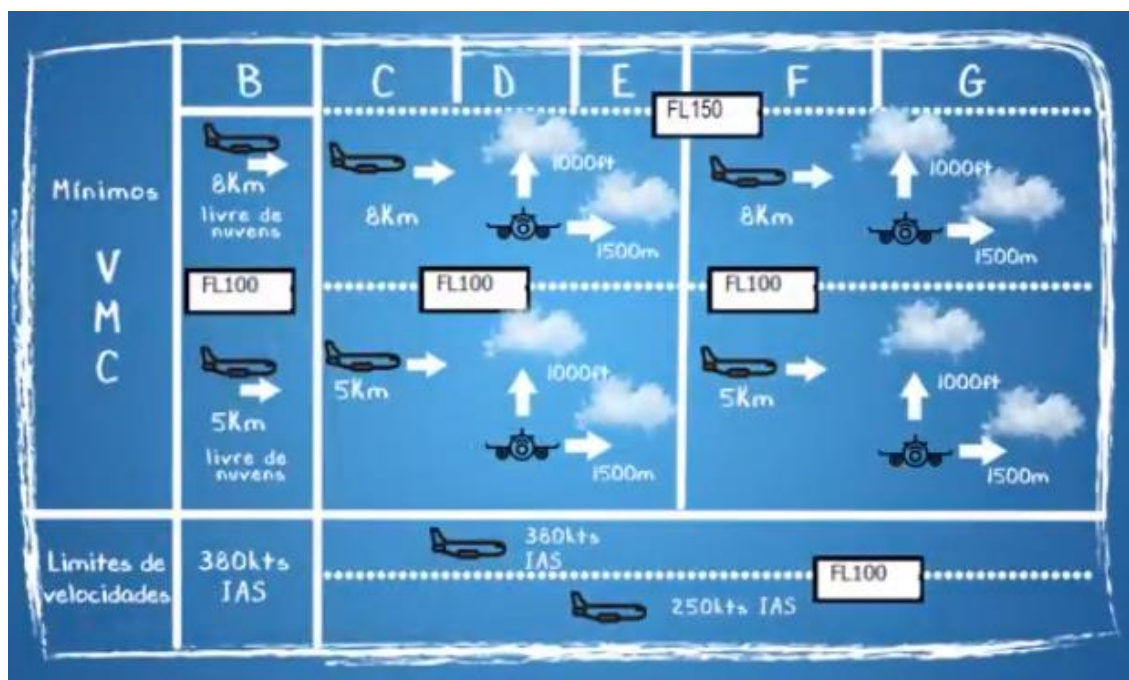
Para facilitar o funcionamento do SISCEAB, o espaço aéreo brasileiro é dividido em quatro RCEA, com jurisdição sobre os espaços aéreos correspondentes às FIR.

O DECEA é responsável pelo controle de tráfego nos RCEA, através de um centro de controle de área (ACC).

A cada RCEA corresponderá um Centro Integrado de Defesa e Controle do Espaço Aéreo (CINDACTA) ou um Centro de Área (ACC).



DIVISÃO PARA VOO VISUAL:



*A classificação A não aparece na imagem acima pois são permitidos somente voos IFR

Pontos importantes a serem observados:

Classificação do Espaço aéreo vai de A e G. Velocidades máximas mudam abaixo de FL 100 (250kts) e acima do FL 100 (380kt) nos espaços aéreos classe C, D, E, F, G. Sendo no espaço aéreo classe A a velocidade máxima é de 380kt de IAS.

Mínimos acima do FL 100 existem determinadas regras de voo visual (8km de visibilidade e livre de nuvens)

Mínimos meteorológicos abaixo do FL seguem outras regras visuais (5km de visibilidade e livre de nuvens)

Livre de nuvens significa: 1000 pés de altura vertical e 1500m horizontalmente.

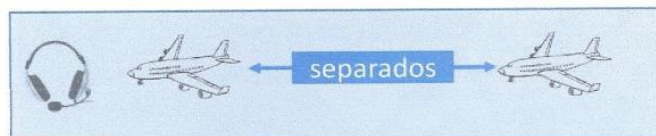
Espaços aéreos classe B e F não existem no Brasil. Nível de voo máximo para voo VISUAL é FL145 (inclusive).

CLASSIFICAÇÃO DO ESPAÇO AÉREO

A classificação dos espaços aéreos foi submetida à aprovação por parte dos estados membros da ICAO, antes que houvesse sua implantação. Os principais objetivos desta classificação são:

- Maior assistência aos voos VFR;
- Melhorar a "convivência" entre voos IFR e VFR;
- Melhorar a segurança operacional.

Classe A: espaço aéreo no qual são permitidos somente voos IFR; todos os voos são separados entre si e estão sujeitos ao ATC.



Encontrado nos voos realizados em:

- Aerovias inferiores (CTA) – FL150 ou acima
- Aerovias superiores (UTA).

Classe B: espaço aéreo no qual são permitidos voos VFR e IFR, todos os voos são separados entre si e serão controlados pelo ATC. No Brasil, não existe tal classe de espaço aéreo.



Classe C: espaço aéreo no qual são permitidos voos VFR e IFR; os voos IFR são separados entre si e dos voos VFR, enquanto os voos VFR são separados apenas dos voos IFR e recebem informação de tráfego aéreo em relação aos outros voos VFR, além de aviso para evitar tráfego, quando requerido.



Classe D: espaço aéreo no qual são permitidos voos VFR e IFR; os voos IFR são separados entre si e recebem FIS em relação aos voos VFR (e aviso para evitar tráfego quando requerido).

Os voos VFR recebem apenas informação de tráfego em relação a todos os outros voos IFR e VFR.

Encontrado nos voos realizados em:

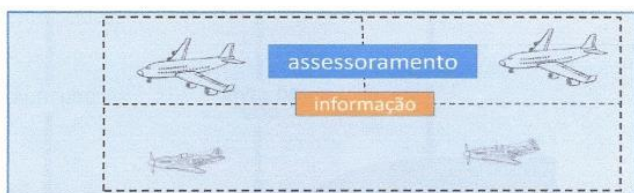
- Aerovias inferiores (CTA) – abaixo do FL150, até o nível mínimo da aerovia;
- Área de controle terminal (TMA) – com limite superior no FL 145;
- Zona de controle (CTR)



Classe E: espaço aéreo no qual são permitidos voos VFR e IFR; apenas os voos IFR estão sujeitos ao ATC e são separados de outros voos IFR. Todos os voos recebem FIS sempre que possível, e as aeronaves VFR podem voar neste espaço aéreo sem autorização prévia e sem notificação.



Classe F: espaço aéreo no qual são permitidos voos VFR e IFR; apenas os voos IFR recebem serviço de assessoramento de tráfego aéreo. Todos os voos recebem FIS, quando solicitado pelo piloto.



Classe G: espaço aéreo no qual são permitidos voos VFR e IFR, recebendo somente FIS, quando requerido.

Voos realizados nas FIR serão em espaço aéreo classe G.





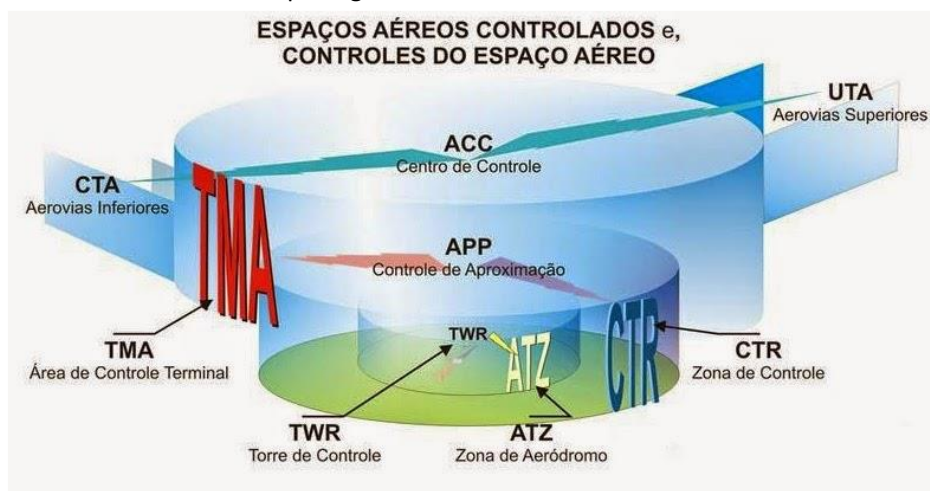
a) **Zona de tráfego de aeródromo (ATZ):** espaço aéreo de dimensões definidas, estabelecido em torno de um aeródromo para proteção dos tráfegos. Pode ou não ser controlada. É bastante caracterizada pela existência do circuito de tráfego aéreo. Se controlada, esse controle será feito sempre pela TWR (torre de controle) que coordena as aeronaves que evoluem no aeródromo e suas vizinhanças.



b) **Zonas de controle (CTR):** zonas com configurações definidas, em torno de um aeródromo, mas essas definições dependem da região, ou seja, variam de um aeródromo para outro. Tem a finalidade de proteger os procedimentos de saída e chegada IFR (instrumento). Seu limite inferior será o solo ou água, e o limite vertical será o mesmo da TMA daquela região. As CTR são classe D.

Todo aeródromo que possuir procedimentos IFR instaladas, deverá ter CTR. O órgão de controle responsável por controlar essa região é o APP (Controle de Aproximação).

A CTR envolve a ATZ com a finalidade de protegê-la.



c) **Áreas de controle terminal (TMA):** áreas de configuração variável que normalmente se situam nas confluências das aerovias, envolvendo um ou mais aeródromos, e constam nas ARC e ERC. Geralmente possuem 40Nm de raio, mas esse valor pode variar dependendo das especificidades de cada região. Seu limite começa geralmente no limite superior da CTR, ou seja, ela não inicia no solo/água como a ATZ e a CTR. O órgão responsável pelo controle na TMA é o APP (controle de aproximação).

- Classe A se a TMA tiver limite superior acima do FL145(exclusive);
- Classe E se a TMA tiver limite inferior ao FL145.

d) **Área de controle superior (UTA):** aerovias(AWY) superiores e outras partes do espaço aéreo, sendo classe A.

e) **Áreas de controle (CTA):** aerovias inferiores e outras partes do espaço aéreo, definidas da seguinte forma:

- Classe A: do FL150 ao FL240;
- Classe D: do nível mínimo da AWY ao FL145.

f) **AFIZ – Zona de informação de voo de aeródromo**

Geralmente possui 27Nm do aeródromo. Nessa região atua um AFIS (Serviço de Informação de Voo de aeródromo). Na prática é conhecido como “rádio”. Esse órgão não presta controle, apenas informação a respeito do aeródromo, principalmente no que se refere a informações de tráfego na região e informações meteorológicas. Embora forneça

**IMPORTANTE: Voando fora da Terminal**

VISUAL – ACC apenas para informação ou em caso de emergência.

IFR – Controle será realizado pelo ACC de acordo com a classificação do espaço aéreo em que se voa.

SERVIÇO AUTOMÁTICO DE INFORMAÇÃO TERMINAL, ou ATIS - *Automatic Terminal Information Service*

é uma transmissão automática contínua de informações referentes a um Aeroporto movimentado, com o principal objetivo de diminuir o volume de comunicações dos canais de comunicação aeroterrestres, evitando o congestionamento de frequências de órgãos ATC.

As transmissões ATIS contém informações essenciais, como clima, pista em uso, rotas de aproximação disponíveis, e qualquer informação requerida por pilotos, como NOTAMs. Normalmente os pilotos ouvem a transmissão ATIS local antes de entrar em contato com o centro de controle local a fim de reduzir a carga de trabalho dos controladores e descongestionar as frequências.

Assim que entrar em contato com o APP, o piloto deverá reportar o recebimento da mensagem ATIS identificada pelo designador alfabético da mensagem.

A gravação é atualizada em intervalos específicos ou quando houver uma mudança significativa na informação, como alteração da pista em uso. Cada atualização recebe uma letra de identificação (Ex.: *bravo*), do Alfabeto de Soletração Internacional. Assim que entrar em contato com o APP, o piloto deverá reportar o recebimento da mensagem ATIS identificada pelo designador alfabético da mensagem. Ex.: “PT-TRF ciente da informação BRAVO”





ROTAS ATS

São rotas destinadas a canalizar o fluxo de tráfego por corredores bem definidos.

Aerovias = AWY

As aerovias são definidas como áreas de controle (inferior ou superior) ou parte delas, dispostas em forma de corredores e providas de auxílios-rádios à navegação. São como estradas no céu, que geralmente conectam uma terminal até a outra.

Existem aerovias (AWY) no espaço aéreo inferior e superior, sendo no inferior classe D e no superior classe A. É importante saber as dimensões das aerovias inferiores e superiores.

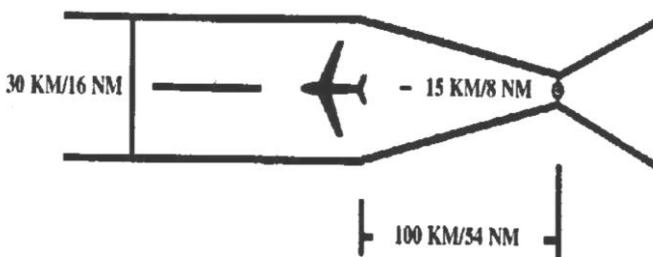
*A maioria das CTR tem como limite superior o FL145, por isso são consideradas espaços aéreos D

Limites das aerovias inferiores

Limite vertical superior – FL245, inclusive;

Limite vertical inferior – 500 ft (150m) abaixo do FL mínimo da AWY;

Limites laterais – 30 km(16 NM) de largura, estreitando-se a partir de 100 km(54 NM) antes de um auxílio rádio, atingindo sobre este a largura de 15 km(8 NM)



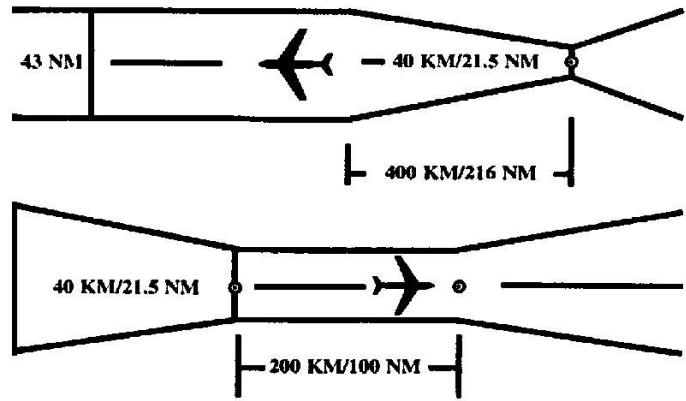
Atenção: AWY inferiores entre dois auxílios rádios distantes até 100km (54 Nm), terão a largura de 20km (11 Nm) em toda a sua extensão.

LIMITES DE AEROVIAS SUPERIORES

Limite vertical inferior – FL245 exclusive;

Limite vertical superior – Ilimitado(UNL);

Limites laterais – 80 km(43 NM) de largura, estreitando-se a partir de 400 km(216 NM) antes de um auxílio rádio, atingindo sobre este a largura de 40 km(21,5 NM).



Atenção: AWY superiores entre dois auxílios rádios distantes até 200km (106 Nm), terão a largura de 40km (21,5 Nm) em toda a sua extensão.

REA- ROTAS ESPECIAIS DE AERONAVES

Implantado recentemente, são os conhecidos corredores visuais dentro de terminais de aeroportos mais movimentados. Esses corredores são utilizados em aeronaves que evoluem utilizando regras VFR. O principal objetivo é facilitar o voo de aeronaves VFR, sem atrapalhar o fluxo de outras aeronaves.





OUTRAS INFORMAÇÕES IMPORTANTES SOBRE AEROVIAS

ROTAS DE ASSESSORAMENTO

São rotas dentro de uma FIR, dentro das quais é prestado o serviço de assessoramento de tráfego, apenas para os voos IFR. Esse tipo de rota é tido como uma transição à implantação do Serviço de Controle de Tráfego Aéreo (ATC). Nesta rota, normalmente o Centro dá sugestões necessárias à segurança do voo.

ROTAS DE INFORMAÇÃO

Rota dentro de uma FIR, ao longo da qual é prestado o Serviço de informação de voo (FIS).

ROTAS DE NAVEGAÇÃO DE ÁREA (RNAV)

Rota estabelecida para ser usada por aeronaves que possam utilizar o sistema de sistema de navegação de área: navegação inercial, ômega, etc.

ROTAS DE SAÍDA OU CHEGADA

Rotas estabelecidas normalmente numa área terminal, cuja finalidade é ordenar e facilitar o fluxo de saída e chegada das aeronaves evoluindo nesta TMA.

Designação das rotas ATS

ROTAS	LETRAS	EXEMPLOS
AWY estritamente nacionais	W	W45
AWY ou rotas superiores	U	UL5, UW19
Com serviço de assessoramento	D	UG164D
De informação	F	W31F
AWY exclusivas para helicópteros	K (Kopter)	KB34
AWY supersônicas	S (Supersonic)	S26

ESPAÇOS AÉREOS CONDICIONADOS

São espaços no qual o piloto deve receber autorização para efetuar o sobrevoo ou outra manobra, através do CINDACTA correspondente da área. Existem três tipos:

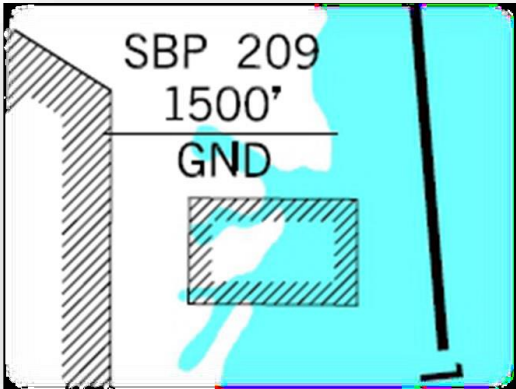
I – **Proibida(P)**: dimensões definidas, dentro da qual o VOO É PROIBIDO;
Ex: refinarias, fábricas de explosivos, áreas de segurança nacional.

II – **Perigosa(D)**: dimensões definidas, dentro da qual existem riscos potenciais à navegação aérea;
Ex: área de treinamento de aeronaves civis, voo de planadores.

III – **Restrita(R)**: dimensões definidas, dentro da qual o voo só poderá ser realizado sob condições pré-estabelecidas.
Ex: lançamento de paraquedistas, treinamento de acrobacias, lançamentos de foguetes.

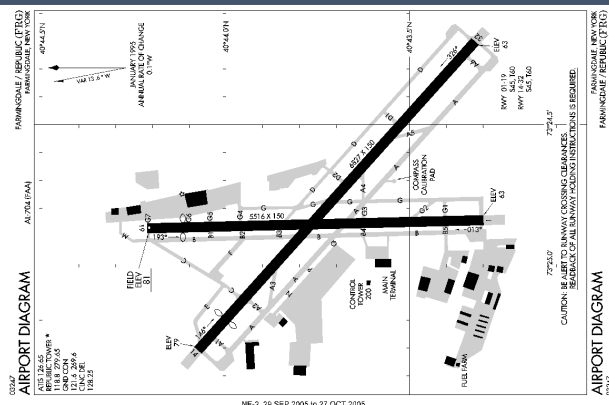


Exemplo simbologia espaço aéreo restrito
*Área restrita (R) pertencente ao II COMAR (2) de numero 36, cujo limite superior é 2500 pés e o limite inferior é o solo ou água.



Exemplo simbologia espaço aéreo proibido:
Área proibida (P) pertencente ao II COMAR (2) de número 9, cujo limite superior é 1500 pés, e o inferior o solo.





ÁREAS IMPORTANTES DO AERÓDROMO



FRASEOLOGIA PADRÃO (ICA 100-37)

Estando em uma determinada região (controlada ou não), todas as aeronaves deverão manter a escuta da mesma frequência. No caso do espaço aéreo classe G mantem-se a frequência 123.45 para comunicação com as demais aeronaves. Voando-se em uma AFIZ, mantem a frequência da AFIS. Voando-se em uma TMA, mantem-se a escuta do APP, estando em uma ATZ mantem-se a escuta da TWR.

Precisam ser de entendimento mutuo entre piloto e controlador. Além de concisas e com tempo reduzido entre as transmissões para não atrapalhar os demais pilotos que estão tentando se comunicar através da radio frequência daquela localidade.

A fraseologia padrão é estabelecida através da ICA 100-37.

Antes da decolagem, é importante fazer o teste de clareza do rádio com o órgão que está provendo informação ou controle. A clareza é definida a partir de números que significam determinadas condições. A numeração vai de 1 a 5. Sendo 1 ininteligível e 5 perfeitamente inteligível. O teste rádio geralmente é feita na primeira comunicação em solo para verificação de transmissão e recebimento.

Clareza 1: Ininteligível

Clareza 2: Inteligível por vezes

Clareza 3: Inteligível com dificuldade

Clareza 4: Inteligível

Clareza 5: Perfeitamente inteligível

UNO	Ininteligível
DOIS	Inteligível por vezes
TRÊS	Inteligível com dificuldade
QUATRO	Inteligível
CINCO	Perfeitamente inteligível

Dependendo do tráfego em um determinado aeródromo, podem haver mais de uma frequência para comunicação em solo, sendo que cada um será responsável por uma etapa. O aeródromo poderá ter apenas torre, sendo essa responsável por todas as informações no solo – ou poderá ter controle de solo e clearance; ou ainda apenas solo.

Clearance (Tráfego) – responsável pela autorização de voo das aeronaves

Ground (Solo) – responsável pelo trajeto no solo (taxi) da aeronave

Tower (Torre) – responsável por pouso e decolagem

** Quando não houver clearance, a torre terá as responsabilidades desse órgão e o mesmo ocorre quando não houver ground.

POSIÇÕES CRÍTICAS

As posições críticas são pontos nos quais as aeronaves recebem, normalmente, instruções da TWR. Existem 6 posições críticas, que são as seguintes:

1 – A aeronave pede autorização para iniciar o táxi para decolagem ou deslocar-se no aeródromo.

2 – Ponto de espera: a aeronave ficará nesta posição aguardando autorização para ingressar na pista e decolar. É no ponto de espera que serão executados os cheques de motores.

Caso haja apenas uma aeronave no ponto de espera, a mesma ficará a 90° em relação à pista. Se houverem duas ou mais, elas deverão ficar a 45°.

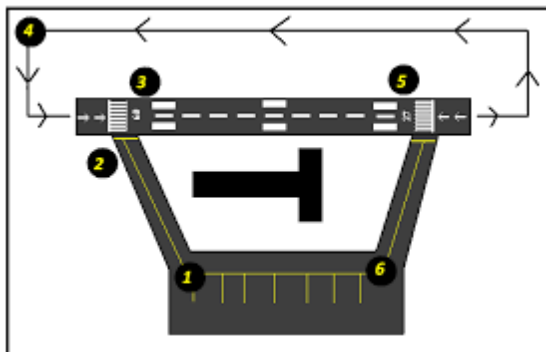
3 – Aeronave alinhada e pronta para decolar, tendo recebido autorização nesta posição ou na posição 2. Nesta posição também será ligado o transponder!

4 – Será dada a autorização para pouso ou o número na sequência de pouso. É a única posição crítica na qual a aeronave está em voo.

5 – Será dada a hora do pouso e a autorização para o táxi até o pátio de estacionamento ou hangares. O transponder será desligado.



6 – Quando necessário, será dada, nessa posição, a informação para o estacionamento da aeronave.



CONTROLE DE TRÁFEGO DE SAÍDA E CHEGADA

-Tráfego de saída: a uma aeronave partindo, normalmente não será permitido iniciar a decolagem até que a aeronave à sua frente tenha cruzado o final da pista em uso, ou tenha iniciado uma curva, ou até que todas as outras aeronaves estejam fora da pista em uso.

-Tráfego de chegada: não será permitido a uma aeronave, na aproximação para pouso, cruzar o início da pista até que outra aeronave decolando na sua frente tenha cruzado o final da pista ou iniciado uma curva, ou até que todas as outras aeronaves estejam fora da pista em uso.

Portanto, pouso e decolagem somente com a pista em uso livre (uma aeronave)!

Importante:

Quando uma aeronave estiver pousando ou decolando, os veículos deverão esperar a mesma em uma distância de no mínimo:

- **50 metros da lateral da pista, quando o comprimento for igual ou superior a 900m;**
- **30 metros da lateral da pista, quando o comprimento for inferior a 900m.**

Importante:

Prioridade entre os tráfegos de chegada e saída: uma aeronave que pousa, ou esteja em aproximação para pouso, terá, na maioria dos casos, prioridade sobre outra aeronave que esteja “pronta para decolar”.

O movimento de pessoas ou veículos na área de manobras estará sujeito a autorização da TWR, que dará instrução ao pessoal, inclusive condutores de veículos, para que aguardem autorização da TWR antes de cruzar qualquer pista ou pista de táxi.

Em aeródromos controlados, todo veículo que utiliza a área de manobras deverá estar em comunicação rádio com a TWR.

Se algum veículo não dispuser do recurso de comunicação e tiver que transitar na área de manobras, só poderá fazê-lo se:

- Acompanhar outro veículo equipado com transceptor;
- Proceder de acordo com um plano pré-estabelecido pela TWR.

AERÓDROMO IMPRATICÁVEL X INTERDITADO

Impraticável → Pista alagada, acidente, piso com pavimento danificado, acesso a pista interrompido, superlotação na área de estacionamento, inoperância no balizamento da pista... Condições, geralmente físicas, do aeroporto e por isso causa uma inoperância do aeródromo naquela situação. Quando as situações melhorarem, ficará operacional. Interditado → Operação presidencial, operação militar, ordem interna...

Condições que foi estabelecido, embora as condições físicas estejam ok, que esse aeroporto ficará inoperante durante determinado período.

CONTROLE DE AERONAVES NO TÁXI

A TWR emitirá instruções e informações de auxílio ao piloto durante o taxi, com o sentido de evitar colisões, para compensar a limitação do campo visual do piloto.



Para acelerar o fluxo de tráfego, poderá ser permitido o táxi pela pista em uso, desde que tal ação não resulte em riscos ou demora para outras aeronaves.

Durante o táxi, a ultrapassagem poderá ser feita para se atender os critérios de prioridade na decolagem, e também nos seguintes casos:

- a) entre aeronaves de mesma prioridade, quando a da frente parar por motivos próprios;
- b) quando a segunda aeronave na sequência informar que está pronta, e a primeira, após consultada, ainda não estiver pronta.



Ps.:

- Em caso de colisão durante uma ultrapassagem em solo, após autorização da TWR, a mesma não será responsabilizada, pois devido a distância, o controlador não terá noção exata da posição relativa entre as aeronaves;

- As aeronaves em espera devem manter uma distância da pista de pouso de no mínimo:

- 50 metros da lateral da pista, quando o comprimento for igual ou superior a 900m

- 30 metros da lateral da pista, quando o comprimento for inferior a 900m.

- As aeronaves também não poderão ultrapassar as marcas do ponto de espera enquanto não autorizadas a ingressar na pista em uso.

Controle de aeronaves no circuito de tráfego e na área de pouso

As aeronaves operando no circuito de tráfego e na área de pouso, serão controladas para se proporcionar as separações mínimas, com exceção de:

- Aeronaves em operação militar;
- Voando em formação;
- Operando em pistas paralelas ou diferentes partes do aeródromo.

Juntamente com a autorização para ingressar no circuito de tráfego, o piloto também receberá a informação da pista em uso, para poder planejar corretamente sua entrada no tráfego.

Uma aeronave em voo VFR, equipada com rádio e que não tenha obtido contato rádio com o APP na entrada da TMA, deverá estabelecer contato rádio com a TWR a pelo menos 5 minutos de voo do aeródromo.

As aeronaves sem rádio receberão sinalização luminosa no circuito de tráfego.

Uma autorização especial para o uso da área de manobras (pousos e decolagens em pista de táxi ou área de manobras) poderá ser dada às aeronaves:

- Em emergência;
- Transportando enfermos ou feridos graves, que necessitem de atendimento urgente.

FUNÇÕES DAS TORRES DE CONTROLE DE AERÓDROMO

A TWR prestará ATC, FIS e AS, no aeródromo e suas vizinhanças, a fim de se obter um fluxo rápido, seguro e ordenado do tráfego.

Cabe à TWR também prevenir abalroamentos e colisões entre:

- Aeronaves voando nos circuitos de tráfego;
- Aeronaves e veículos operando na área de manobras;
- Aeronaves pousando e decolando.



As TWR também são responsáveis por alertar o APP, ACC e aos pilotos em comando das aeronaves sobre qualquer irregularidade ou falha nos equipamentos instalados no aeródromo, além de tomar providências para que tal falha seja devidamente sanada.

A TWR é o órgão oficial de informação a respeito das horas de chegada e saída de aeronaves, devendo, portanto, repassar essas e outras informações necessárias aos APP e ACC aos quais estiver subordinada.

Além disso, a TWR também deverá informar o APP ou ACC sobre as aeronaves que deixam de estabelecer contato inicial com a TWR após terem sido transferidas, ou que tenham deixado de pousar 5 minutos após o horário previsto.

SUSPENSÃO DAS OPERAÇÕES VFR

Sempre que as condições meteorológicas estiverem abaixo dos mínimos para voo VFR, todas as operações visuais em um aeródromo serão suspensas por iniciativa da TWR.

Caberá à TWR tomar as seguintes providências:

- 1 – Suspender todas as partidas VFR;
- 2 – Suspender todos os voos VFR ou emitir autorização para VFR especial;
- 3 – Notificar ao ACC e APP as medidas tomadas;
- 4 – Notificar à Sala AIS, administração do aeroporto e demais interessados o motivo da suspensão, sempre que necessário.
- 5 – Quando o aeródromo estiver operando VFR Especial ou somente IFR, o farol rotativo deverá ser ligado enquanto tais operações perdurarem, e maiores informações devem ser solicitadas na frequência da TWR ou AFIS.



RESPONSABILIDADE DOS PILOTOS

Quando em voo VFR nas proximidades de um aeródromo, ou durante o táxi, serão responsabilidades do piloto em comando de uma aeronave:

- 1 – manter escuta permanente na frequência da TWR, desde o acionamento até o corte dos motores;
- 2 – manter-se em condições de transmitir, a qualquer momento, na frequência de escuta da TWR;
- 3 – cumprir as autorizações de tráfego aéreo emitidas pela TWR;
- 4 – fazer a chamada inicial à TWR e informar ao atingir as posições críticas;
- 5 – prestar informações úteis ao controle e à segurança do tráfego aéreo.

Todas as aeronaves devem obter autorização da TWR antes de iniciar o táxi, a decolagem ou o pouso, seja por comunicação via rádio ou por sinais luminosos.

As aeronaves que chegam, durante o táxi, deverão ser orientadas por um sinalizador de pátio, ou a partir de um ponto definido pelo controle de solo.

AUTORIZAÇÕES E INFORMAÇÕES

As autorizações e informações emitidas pela TWR se baseiam nas condições conhecidas de tráfego e do aeródromo, e serão aplicadas às aeronaves voando na ATZ, e às aeronaves, veículos e pessoas na área de manobras.

Caso uma autorização não seja conveniente ao piloto em comando, o mesmo poderá solicitar outra, que será atendida sempre que não houver prejuízo ou conflito com outros tráfegos.

Ps.: O controle e as autorizações da TWR não isentam o piloto em comando de quaisquer responsabilidades por violação aos regulamentos e normas de tráfego aéreo.

BOM RELEMBRAR

CIRCUITO DE TRÁFEGO PADRÃO

O circuito de tráfego padrão será executado com todas as curvas à esquerda, e será dividido em 5 partes:



- Perna contra o vento: trajetória de voo paralela à pista em uso, no sentido do pouso;
- Perna de través: trajetória de voo perpendicular à pista em uso, situada entre a perna contra o vento e a perna do vento;
- Perna do vento: trajetória de voo paralela à pista em uso, entre a perna de través e a perna base, no sentido contrário ao do pouso;
- Perna base: trajetória perpendicular à pista em uso, situada entre a perna do vento e a reta final.
- Reta final: trajetória no sentido do pouso e no prolongamento do eixo da pista, compreendida entre a perna base e a cabeceira da pista em uso.

IMPORTANTE

- Chama-se “reta final longa” quando a aeronave inicia a aproximação final a uma distância superior a 7 km do ponto de toque, ou quando numa *aproximação direta, encontra-se a 15 km do ponto*;
- O ponto médio da perna do vento é, normalmente, onde a aeronave recebe da TWR o número na sequência de pouso;
- **O circuito padrão deverá ser executado com curvas à esquerda, nas seguintes alturas:**
 - a) Aeronaves a hélice: 1000 ft sobre o terreno;
 - b) Aeronaves a reação: 1500 ft sobre o terreno;

SELEÇÃO DA PISTA EM USO

“Pista em uso” é uma expressão utilizada para indicar a pista que a TWR considera mais adequada, em um dado momento, para que as aeronaves decolem ou pousem em um aeródromo.

Normalmente, as aeronaves deverão decolar/pousar contra o vento, a menos que alguma condição de segurança de tráfego aéreo ou da pista determinem o contrário.

Além do vento, a TWR deverá considerar outros fatores para determinar a pista em uso, tais como:

- Os circuitos de tráfego do aeródromo;
- Os comprimentos das pistas;
- Os auxílios para aproximação e pouso disponíveis.

Ps.:

- 1 – Se o piloto considerar que a pista em uso não é apropriada para a operação pretendida, poderá solicitar autorização para usar outra pista;
- 2 – Quando o vento for de velocidade inferior a 6kt (10km/h), a TWR normalmente instruirá as aeronaves a utilizar a pista que oferecer mais vantagens, como dimensão, menor distância de táxi, etc.

Além disso, quando a velocidade do vento for menor que 6kt, o piloto poderá escolher a pista que irá utilizar.

- 3 – Independente dos valores, a velocidade e direção do vento sempre será informada aos pilotos;



4 – Tendo em vista a performance da aeronave, caberá ao piloto decidir sobre as operações de pouso e decolagem de sua aeronave, quando as condições de vento estiverem insatisfatórias.

5 – A TWR manterá o APP permanentemente informado quanto à pista em uso.

4 – Tendo em vista a performance da aeronave, caberá ao piloto decidir sobre as operações de pouso e decolagem de sua aeronave, quando as condições de vento estiverem insatisfatórias.

5 – A TWR manterá o APP permanentemente informado quanto à pista em uso.

INFORMAÇÃO DE TRÁFEGO ESSENCIAL

No voo VFR, é de responsabilidade do piloto em comando evitar colisões com outras aeronaves. Porém, devido ao espaço nas áreas de manobras e ao seu redor, por vezes a TWR deverá expedir informações de tráfego essencial, para auxiliar os pilotos a evitar alguma colisão.

TRÁFEGO ESSENCIAL LOCAL, EM RELAÇÃO A UMA AERONAVE, SERÁ

- a) Todo tráfego em voo nas vizinhanças do aeródromo, que seja do conhecimento da TWR, e que possa constituir perigo para aquela aeronave;
- b) O tráfego de aeronaves, veículos e pessoas na área de manobras, que possa constituir perigo à aeronave envolvida.

INFORMAÇÕES SOBRE AS CONDIÇÕES DO AERÓDROMO

São informações essenciais sobre as condições do aeródromo, necessárias à segurança das aeronaves em operação. Consistem em:

- Obras de construção ou manutenção na área de manobras;
- Pistas de táxi danificadas ou irregulares;
- Água na pista;
- Aeronaves estacionadas;
- Outros perigos ocasionais, como bandos de pássaros no solo ou no ar;
- Avaria ou falha de uma parte ou de todo o sistema de iluminação do aeródromo;
- Outras informações pertinentes.



INFORMAÇÃO SOBRE O TREM DE POUSO

As aeronaves deverão reportar à TWR a situação do trem de pouso (baixado e travado), quando se encontrarem na perna base do circuito de tráfego.



MÍNIMOS DE SEPARAÇÃO

Aeronaves pousando – mínimo de 3 minutos entre uma aeronave leve ou média, pousando após uma aeronave pesada;

Aeronaves decolando – mínimo de 2 minutos entre uma aeronave leve ou média que decola após uma pesada.

Ps.: a separação mínima destinada às aeronaves decolando só será levada a efeito se forem utilizadas:

- a) Mesma pista;
- b) Pistas paralelas separadas de menos de 760 metros;
- c) Pistas transversais;
- d) Trajetórias de voo projetadas que se cruzam.

Ordem de prioridade para pouso e decolagem

Independente da sequência que iniciarem o táxi ou que chegarem ao Ponto de Espera (posição 2), a seguinte prioridade deverá ser observada na sequência de decolagem:

IMPORTANTE

PRIORIDADE PARA DECOLAGEM

D – 1: aeronave em missão de defesa aeroespacial;

O – 2: aeronave em operação militar;

E – 3: transporte de enfermos ou órgãos vitais para transplante;

S – 4: aeronave em operação SAR (Search And Rescue);

P – 5: aeronave conduzindo o presidente da república;

O – 6: aeronave em operação militar (treinamento);

T – 7: demais aeronaves, na sequência estabelecida pelo ATC.



PRIORIDADE PARA POUSO

P – 1: planadores;

E – 2: transporte de enfermos ou órgãos vitais para transplante;

S – 3: aeronave em operação SAR (Search And Rescue);

O – 4: aeronave em operação militar;

P – 5: aeronave conduzindo o presidente da república;

O – 6: aeronave em operação militar (treinamento);

T – 7: demais aeronaves, na sequência estabelecida pelo ATC.

Ps.: uma aeronave no segmento final de um procedimento IFR, terá, normalmente, prioridade sobre aquela que estiver no circuito visual.

CÓDIGOS DE FUNCIONAMENTO DE AERÓDROMO

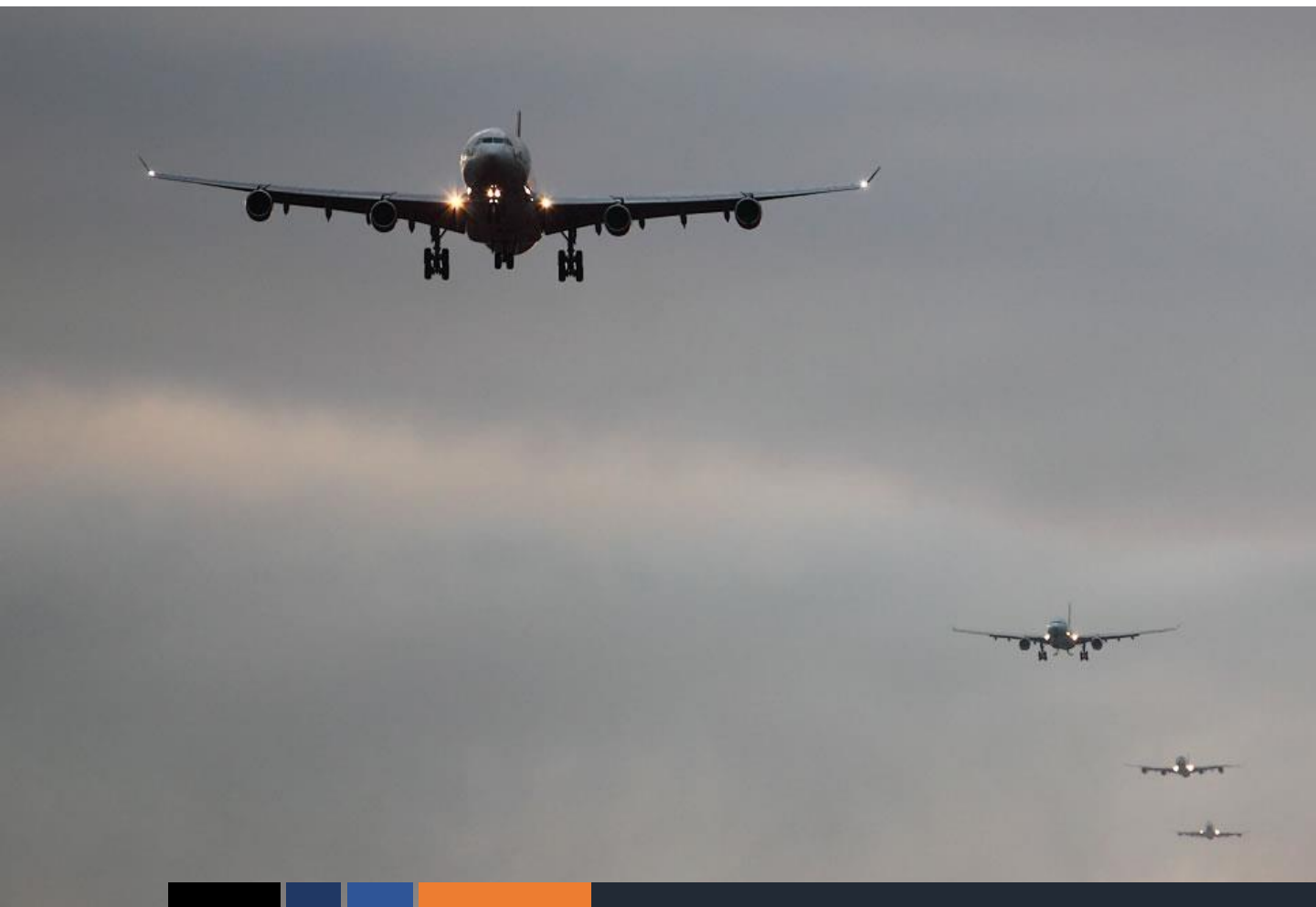
H24 – Aeródromos que funcionam 24h por dia;

HJ – Aeródromos que funcionam durante o dia;

HN – Aeródromos que funcionam durante a noite;

HX – Aeródromos com horas de serviço não determinados;

HS – Aeródromos com serviço disponível durante as horas dos voos regulares.





LUZES EXIBIDAS PELA TORRE

Nos casos em que não sejam possíveis as comunicações em radiotelefonia com as aeronaves, as TWR usarão pistolas de sinais luminosos que emitem feixes de luz nas cores selecionadas pelo controlador, para transmitir suas instruções.

O alcance normal das pistolas de sinais luminosos é de:

- Durante o dia: 5km (2,7NM);
- Durante a noite: 15km (8NM);



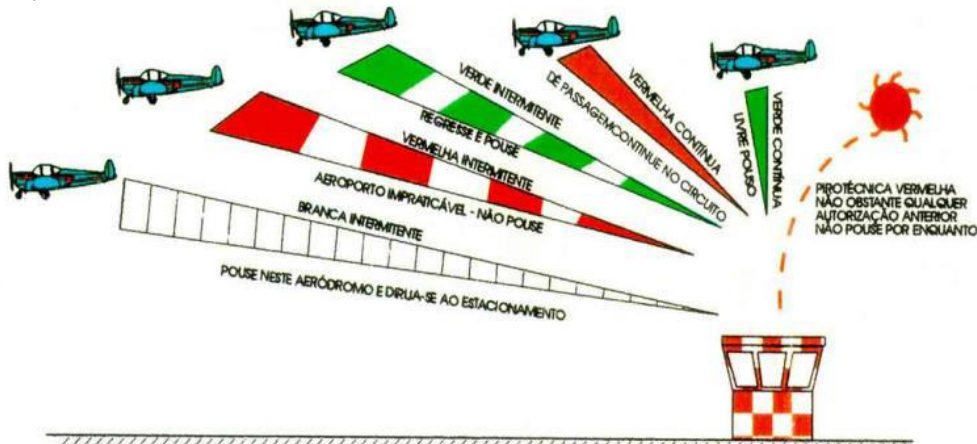
Embora os sinais luminosos possibilitem algum controle às aeronaves sem rádio, existem também algumas desvantagens:

- a) o piloto da aeronave poderá não estar olhando para a TWR no momento desejado;
- b) as autorizações serão muito limitadas, resumindo-se basicamente a emitir “aprovações” ou “desaprovações”.

Quando necessário, a TWR emitirá sinais luminosos às aeronaves, veículos e pessoas nas áreas de movimento e manobras, com os seguintes significados:

SIGNIFICADO			
COR E TIPO DO SIANL	MOVIMENTO DE PESSOAS E VEÍCULOS	AERONAVES NO SOLO	AERONAVES EM VOO
Verde Contínua	Não Aplicável	Livre decolagem	Livre Pouso
Verde Interminete	Livre cruzar a pista ou deslocar na pista de táxi	Livre Táxi	Regresse e Pouse
Vermelha Contínua	Mantenha Posição	Mantenha Posição	Dê passagem a outra aeronave. Continue no circuito
Vermelha Itemitente	Afaste-se da Pista ou da Pista de Táxi	Afaste-se da Pista	Aeródromo impraticável. Não Pouse
Branca Intermitente	Tegresse ao estacionamento	Regresse ao estacionamento	Pouse neste aeródromo e dirija-se ao estacionamento
Vermelha Pirotécnica	Não Aplicável	Não aplicável	Não obstante qualquer instrução anterior, não pouse por enquanto

Sinais luminosos para aeronaves em voo





INDICATIVO DE FALHA DE COMUNICAÇÃO POR PARTE DA AERONAVE

- Durante o dia: entrar no circuito balançando as asas. Indica que a aeronave está sem comunicação.
- Durante a Noite: Utilizar (piscar) luzes de pouso ou navegação.

SIMBOLOGIA (AERÓDROMOS)

Alguns símbolos importantes na região do aeródromo que precisam ser facilmente interpretados pelos pilotos e por todos que operam na região do aeródromo em questão.

				
Proibido Pouso	Precauções no Pouso	Pouso, Decolagem e Taxi em pista compacta	Pouso e decolagem em pistas compactas, mas taxi não necessariamente	Pista de Pouso ou Taxi Impraticável
				27
Sentido do Pouso	Sala AIS	Circuito pela Direita	Planadores em Voo	Pista em Uso

UM POUCO A MAIS...

LUZES AERONÁUTICAS DE SUPERFÍCIE



Luzes de cabeceira: são em no mínimo 6 luzes que indicam os limites da pista, sendo de cor vermelha nas faces internas, e verde nas externas;



Luzes de eixo da pista: luzes embutidas no sentido do eixo da pista e de cor branca, sendo vermelhas no último terço;





Luzes laterais de pista: luzes amarelas ou brancas que indicam a direção e os limites laterais da pista;



Luzes de zona de contato: luzes de cor branca embutidas em barras transversais dispostas simetricamente em duas fileiras até antes do ponto médio da pista;

Luzes de táxi: luzes na cor azul distribuídas ao longo das laterais da pista de táxi, e verdes no eixo da TWY.

As luzes da pista de pouso ou táxi poderão ser desligadas quando não houver operação de pouso e decolagem no aeródromo, devendo ser religadas pelo menos 15 minutos antes da chegada de uma aeronave, e apagadas 15 minutos após a decolagem de algum tráfego.

FAROL ROTATIVO DE AERÓDROMO

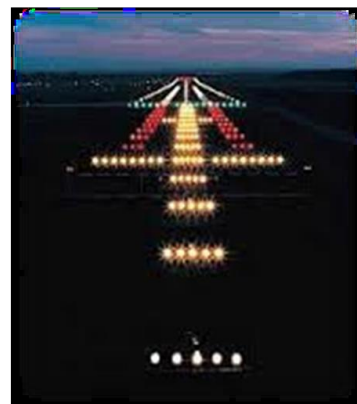
Utilizado para indicar a posição do aeródromo, emite facho de cor verde alternados com facho branco, ou apenas facho branco, e deve estar situado dentro do aeródromo ou em suas proximidades.

O farol rotativo deverá ser ligado à noite, indicando que o aeródromo está com operação noturna, e durante o dia somente para indicar que voos VFR especial ou IFR estão sendo permitidos.



APPROACH LIGHTING SYSTEM – ALS

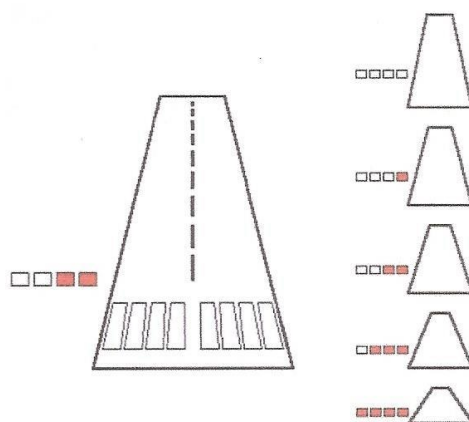
O Sistema de Iluminação de Aproximação (ALS) é um conjunto de luzes colocadas simetricamente em relação ao eixo central da pista, visando alinhar a aeronave para pouso em condições de visibilidade baixa.



PAPI – Indicador de Trajetória de Aproximação de Precisão

É um sistema de auxílio visual constituído por um conjunto de quatro caixas ópticas dispostas de um lado da pista, próximas da cabeceira, cuja função é orientar o piloto sobre a rampa ideal de planeio da aeronave.

- a) Aeronave muito baixa: 4 luzes vermelhas;
- b) Aeronave ligeiramente baixa: 3 vermelhas, 1 branca;
- c) Aeronave na rampa ideal: 2 vermelhas, 2 brancas;
- d) Aeronave ligeiramente alta: 3 brancas, 1 vermelha;
- e) Aeronave muito alta: 4 luzes brancas.

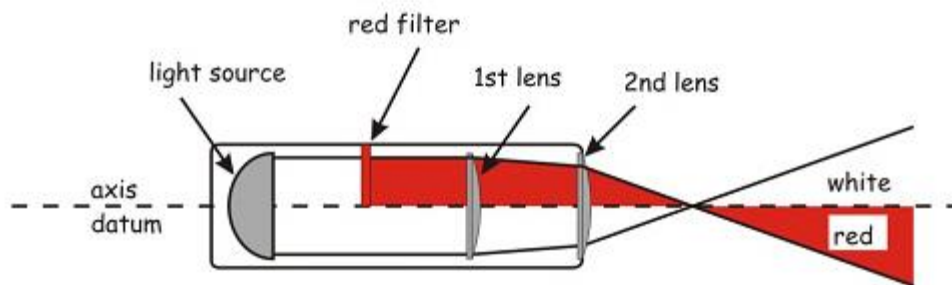
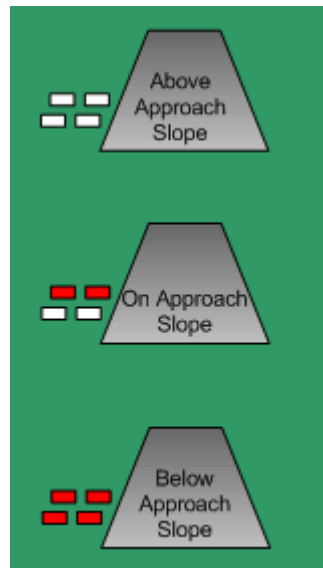


VASIS – Sistema indicador de rampa de aproximação visual

É um sistema de auxílio visual que proporciona ao piloto uma orientação em relação à rampa de planeio. É similar ao PAPI, mas o VASIS diferencia-se por ser um auxílio de não-precisão.

Importante:

O PAPI e o VASIS serão ligados tanto durante o dia quanto durante a noite, quando estiver sendo usada a pista correspondente.





SINAIS DE URGÊNCIA (Prioridade)

Os seguintes sinais, usados em conjunto ou separadamente, significam que uma aeronave está em dificuldades e necessita pousar, não carecendo, porém, de assistência imediata.

- a) Apagando e acendendo sucessivamente os faróis de pouso;
- b) Apagando e acendendo sucessivamente as luzes de navegação intermitentes.

Os seguintes sinais, usados em conjunto ou separadamente, significam que uma aeronave deseja transmitir mensagem urgente relativa à segurança da aeronave ou de alguma pessoa a bordo ou à vista:

- a) Sinal em radiotelegrafia ou por meio de sinais, com o grupo XXX;
- b) Sinal transmitido por fonia, constituído das palavras “PAN PAN”.

Exemplo: combustível baixo, emergência médica com passageiro – situações que não comprometem a aeronavegabilidade do avião.

SINAIS DE SOCORRO

Os seguintes sinais, usados em conjunto ou separadamente, significam que existe uma ameaça de perigo grave e iminente e que se necessita de ajuda imediata:

- SOS, transmitido por radiotelegrafia, ou qualquer outro meio para fazer sinais (código Morse);
- “MAYDAY” em fonia;
- Bombas ou foguetes que projetam luzes vermelhas, lançados um a um em intervalos curtos.;
- Luz pirotécnica vermelha em paraquedas.

Exemplo: falta de combustível, pane no motor – situações que comprometem a aeronavegabilidade do avião.

TRANSPONDER

Instrumento que serve para indicar ao controlador a situação/posição da aeronave, dependendo do modo que ele é operado (ON, ALT) fornece para o

controlador a indicação de presença da aeronave, altitude e até mesmo velocidade (dependendo do transponder).

CÓDIGOS TRANSPONDER

Cada aeronave recebe um código diferente com a finalidade de identificar as aeronaves na tela do radar. Esses códigos são chamados de discretos. Em situações anormais, para informar o controle sem precisar utilizar o rádio da aeronave, poderão

ser usados os seguintes códigos nas seguintes situações:

- I – interferência ilícita → 7500
- C – comunicação (falha) → 7600
- E – emergência → 7700





Noite: Igual, em adição piscando as luzes de navegação em intervalos irregulares;

SIGNIFICADO

Você está sendo interceptado. Siga-me!

RESPOSTA DA ACFT INTERCEPTADA

Dia: Balançar as asas e seguir a aeronave líder;

Noite: Igual, em adição piscar as luzes de

INTERCEPTAÇÃO

Define-se interceptação como sendo o ato de enviar uma aeronave militar de encontro com outra que tenha invadido o espaço aéreo brasileiro, ou esteja voando de forma irregular.

Aeronave invasora é aquela que ingressa no espaço aéreo sem autorização e sem efetuar comunicação quando solicitado.

A aeronave militar tentará uma comunicação via rádio e visual (sinais específicos).

Se a tentativa for inválida, a aeronave militar pode receber autorização do Presidente da República para abater o invasor.

A interceptação é muito utilizada atualmente na Amazônia (CINDACTA IV), devido a quantidade de madeiras ilegais, narcotraficantes e garimpeiros, e em outras regiões de fronteira entre o Brasil e outros países.

Uma aeronave que estiver sendo interceptada deverá imediatamente:

Seguir as instruções dadas pelo interceptador, interpretando e respondendo os sinais visuais de acordo com as especificações dos itens citados abaixo;

Notificar se possível, ao ATS correspondente;

Transmitir em **121,45** MHz sua identificação e o tipo de voo para a aeronave interceptadora, ou com o órgão de controle de interceptação apropriado;

Se equipada com transponder, selecionar o código 7700, salvo instruções em contrário do ATS apropriado.

SINAIS DA AERONAVE INTERCEPTADORA E RESPOSTAS DA INTERCEPTADA

1) SINAL DA ACFT INTERCEPTADORA

Dia: Da posição padrão, balançar as asas e efetuar uma curva lenta, normalmente à esquerda para o rumo desejado;

navegação em intervalos irregulares;

SIGNIFICADO

Entendido. Cumprirei.

2) SINAL DA ACFT INTERCEPTADORA

Afastar-se bruscamente da aeronave interceptada fazendo uma curva ascendente de 90º ou mais, sem cruzar a linha de voo da aeronave interceptada.

SIGNIFICADO

Você pode prosseguir.

RESPOSTA DA ACFT INTERCEPTADA

Dia ou noite: Balançar as asas.

SIGNIFICADO

Entendido. Cumprirei

3) SINAL DA ACFT INTERCEPTADORA

Dia: Circular o aeródromo, baixar o trem de pouso e sobrevoar a pista na direção do pouso;

Noite: Igual, porém com os faróis de pouso ligados.

SIGNIFICADO

Pouse neste AD.

RESPOSTA DA ACFT INTERCEPTADA

Dia: Baixar o trem de pouso, seguir a aeronave interceptadora e, se após sobrevoar a pista escolhida para o pouso julgar segura, proceder com a operação.

Noite: Igual, mantendo os faróis de pouso ligados.

SIGNIFICADO

Entendido. Cumprirei.

SINAIS DA AERONAVE INTERCEPTADA E RESPOSTAS DA INTERCEPTADORA

1) SINAL DA ACFT INTERCEPTADA

Dia: Recolher o trem de pouso ao passar sobre a pista a uma altura entre 1000 pés e 2000 pés acima do nível do aeródromo e continuar circulando.

Noite: Igual, porém piscando os faróis de pousos e outras luzes disponíveis.

SIGNIFICADO

Aeródromo indicado é inadequado.



O AS às aeronaves, que tenham apresentado plano de voo e não tenham chegado ao aeródromo de destino, será iniciado pelo órgão ATS daquele aeródromo, se esse serviço já não estiver sendo prestado por outro órgão ATS. Quando o aeródromo de destino não dispuser de órgão ATS, o AS somente será prestado quando algum órgão perceber uma anormalidade, ou

2) SINAL DA ACFT INTERCEPTADA

Acender e apagar repetidamente todas as luzes disponíveis em intervalos regulares, mas de maneira que se distinga das luzes estroboscópicas.

SIGNIFICADO

Impossível cumprir.

3) SINAL DA ACFT INTERCEPTADA

Piscar todas as luzes em intervalos regulares.

SIGNIFICADO

Em perigo!

A única resposta cabível à aeronave interceptadora nos 3 casos anteriores, será:

Balançar as asas = Entendido!

Após, a interceptadora deverá prosseguir com outros sinais que julgue necessário.

Ps.: Se alguma instrução recebida por rádio, de qualquer fonte, conflitar com as instruções dadas pela aeronave interceptadora por sinais visuais, a aeronave interceptada solicitará esclarecimento imediato enquanto continua cumprindo as instruções visuais dadas pela aeronave interceptadora.

OUTRAS INFORMAÇÕES IMPORTANTES SOBRE SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA:

Serviço de Alerta

O serviço de alerta será prestado a toda aeronave:

- Voando por regras de voo IFR;
- Voando por regras de voo VFR, desde que o voo tenha sido notificado aos ATS;
- Que se saiba ou se suspeite que esteja sendo objeto de interferência ilícita.

se solicitado pelo piloto, explorador da aeronave, ou qualquer outra pessoa.

A TWR, APP ou AFIS que tomar conhecimento de uma situação de emergência de um voo VFR ou IFR, será responsável por iniciar a prestação do AS.

Aquele que tomar conhecimento da situação deverá notificar imediatamente o ACC que acionará o RCC (Centro de coordenação de salvamento).

Entretanto, se a natureza da emergência exigir, deverão ser acionados os órgãos de salvamento e emergência locais, capazes de prestar auxílio imediato.

Nestas situações, o ACC, além de prestar o serviço de alerta, servirá como uma base central, reunindo todas as informações relativas à emergência, e repassará tais dados ao RCC.

BUSCA E SALVAMENTO (SAR)

As operações de Busca e Salvamento têm por finalidade localizar, socorrer e retornar à segurança, ocupantes de aeronaves ou de embarcações, em situação de perigo.

IMPORTANTE

FASES DE PERIGO

Como visto, o órgão ATS que notificar o ACC sobre uma aeronave em perigo, deverá fazê-lo em conformidade com a seguinte classificação:

Fase de Incerteza (INCERFA)

- a) Transcorridos 30 minutos após a hora em que se esperava comunicação com uma aeronave;
- b) Após o primeiro momento em que tentou-se estabelecer comunicação com a aeronave, sem resultado;



c) 30 minutos após a hora estimada de chegada (ETA), estimada pelo piloto ou calculada pelo ATS, a que resultar posteriormente.

Na fase de INCERFA, o ACC fará uma PRECOM (Busca preliminar por comunicação), utilizando os canais normais de comunicação.

Caso não seja localizada, a aeronave passará para a fase seguinte e o ACC encaminhará todos os dados para o RCC, que, a partir daí coordenará as buscas por comunicações, e se necessário, a busca aérea.

Fase de Alerta (ALERFA)

a) Quando, transcorrida a fase de incerteza, não se tiver estabelecido comunicação com a aeronave ou, através de outras fontes, não se consiga notícias da mesma;

b) Quando uma aeronave autorizada a pousar não o fizer dentro dos 5 minutos seguintes à hora prevista para pouso, e não se reestabeleça a comunicação com a aeronave.

c) quando se receber informações que as condições operacionais da aeronave são anormais, mas não indicando que seja possível um pouso forçado.

d) Quando se saiba ou se suspeite que uma aeronave está sendo alvo de interferência ilícita.

Na fase de ALERFA, o RCC fará uma EXCOM (Busca extensiva por comunicação), que consiste na utilização de todos os meios de comunicação disponíveis. Caso não se consiga notícias sobre a aeronave, ela passará para a fase seguinte.

No caso de interferência ilícita, o piloto deverá acionar no transponder o código 7500 inicialmente. Porém, se houver ameaça de perigo grave e iminente, o piloto poderá acionar 7700.

Fase de Perigo (DETRESFA)

a) Quando, transcorrida a fase de alerta, forem infrutíferas as novas tentativas para estabelecer comunicação com a aeronave, e quando, por meios mais extensos de pesquisa, também sem sucesso, possa se supor que a aeronave encontra-se em perigo;

b) Quando se evidenciar que o combustível que a aeronave levava a bordo tenha se esgotado ou não seja suficiente para o pouso em local seguro;

c) Quando se receber informações de que condições anormais de funcionamento da aeronave indiquem que é possível um pouso forçado;

d) Quando se receber informações ou se puder deduzir que a aeronave fará um pouso forçado ou já o tenha efetuado.

A aeronave que entrar na fase de perigo será considerada desaparecida.

O RCC desencadeará uma MBU (Missão de busca aérea), e assim que for localizada a aeronave, o RCC desencadeará a MAS (Missão de Salvamento).

Importante:

121,5MHZ - Frequência Internacional de Emergência (Fonia)

MÍNIMOS DE COMBUSTÍVEL PARA VOOS VISUAIS



Mínimos Requeridos para o Voo VFR de Aeronaves Civis e Militares
Aviação Geral (RBAC 91) ou Transporte Público (RBAC 135 e 121)

Durante o Dia: VFR



Aviões



{ A+B + 00:30 (Reserva)

Helicópteros



{ A+B + 00:20 (Reserva)

Durante o Noite: VFR



Aviões



{ A+B + 00:45 (Reserva)

Helicópteros



{ A+B + 00:20 (Reserva)



SIPAER – Sistema de investigação e prevenção de acidentes aéreos

O SIPAER, é um sistema cuja filosofia consiste em planejar, coordenar, controlar, executar e/ou auxiliar a investigação e prevenção de acidentes e incidentes aeronáuticos.

Se órgão ventral é o CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos), ligado diretamente ao estado maior da aeronáutica.

QUAIS SÃO OS COMANDOS INVESTIGADORES?

CENIPA: para os acidentes aeronáuticos com aeronave civil brasileira de transporte aéreo regular. Poderá delegar a investigação a um determinado SERIPA. É o órgão CENTRAL do SISTEMA SIPAER (Sistema de Investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos).

Ao CENIPA cabe a orientação normativa do Sistema. Compete aos Elo-SIPAER a execução das atividades que lhes forem cometidas, segundo as normas elaboradas pelo CENIPA.

Atribuições do CENIPA:

- Normatizar, orientar, controlar, estudar e executar as atividades de investigação;
- Participar da atividades de investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos;
- Elaborar e divulgar relatórios de acidentes aeronáuticos;
- Coordenar equipes de investigação de acordo com o CNPAA
- Planejar, executar e supervisionar a formação e o treinamento e aperfeiçoamento técnico profissional dessa área;
- Elaborar o PPAA (Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos);
- Regulamentar e representar o país junto a órgãos internacionais.

SERIPA: em cuja área ocorreu o acidente aeronáutico para os acidentes aeronáuticos com as demais aeronaves civis brasileiras. É o órgão REGIONAL na atuação de acidentes, principalmente acidentes relacionados a aviação REGIONAL.

OM: Organização Militar do Comando da Aeronáutica à qual a Unidade Aérea esteja subordinada administrativamente para os acidentes aeronáuticos com aeronave militar do COMAER.



CTA (Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial): para os acidentes aeronáuticos com aeronave protótipo, operada como aeronave experimental, destinada à pesquisa ou em desenvolvimento por indústria aeronáutica homologada.

Nota: a ocorrência envolvendo aeronave ou veículo aéreo incluído na categoria experimental para uso desportivo somente será objeto de investigação do SIPAER se o CI julgar que as circunstâncias e conseqüências justificam a realização de tal processo, uma vez que esse tipo de atividade ocorre por conta e risco do operador.

ELOS DO SIPAER

O SIPAER é composto pelos órgãos, que se constituem nos Elo-SIPAER, e pelas pessoas devidamente qualificadas e credenciadas. Todas as organizações deverão ter em sua estrutura organizacional, obrigatoriamente, um Elo-SIPAER, diretamente subordinado aos seus respectivos Presidente, Diretores, Comandantes, Chefes ou congêneres. A estrutura orgânica do Elo-SIPAER é parte integrante do Gerenciamento de Segurança Operacional da Organização.

ÓRGÃOS DO SIPAER

CENIPA: Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos: órgão central do SIPAER.

GC-5: Assessoria de Controle do Espaço Aéreo, Segurança de Voo e de Aviação Civil, setor pertencente à estrutura do Gabinete do Comandante da Aeronáutica (GABAER).



DPAA: Divisão de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos: setor pertencente às estruturas do Comando-Geral de Operações Aéreas (COMGAR); do Comando-Geral de Apoio (COMGAP); do Departamento de Ensino da Aeronáutica (DEPENS) e do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA).

ASEGCEA: Assessoria de Segurança Operacional do Controle do Espaço Aéreo: setor pertencente à estrutura do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

SERIPA: Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos: organização do COMAER, subordinada administrativamente ao COMAR (Comandos Aéreos Regionais) em cuja área está sediada e, técnica e operacionalmente, ao CENIPA.

SPAA: Seção de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos: setor pertencente às estruturas dos COMAR; da DIRMAB (Diretoria de Material Aeronáutico e Bélico); e das FAE (Forças Aéreas).

SIPAA: Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos: setor pertencente às estruturas das unidades aéreas, bem como das OM que sejam sede de unidade aérea.

SIPACEA: Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes e Incidentes do Controle do Espaço Aéreo: setor pertencente às estruturas do SRPV (Serviço Regional de Proteção ao Voo) e dos CINDACTA.

ASSIPACEA: Assessoria de Investigação e Prevenção de Acidentes e Incidentes do Controle do Espaço Aéreo: setor pertencente às estruturas dos Destacamentos de Controle do Espaço Aéreo (DTCEA) e Grupos de Comando e Controle (GCC).

GGIP: Gerência Geral de Investigação e Prevenção: setor pertencente à estrutura da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

CNPAA: Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos.

ELO-SIPAER

Órgão, setor ou cargo, dentro da estrutura das organizações, que tem a responsabilidade do trato dos assuntos de Segurança Operacional do âmbito do SIPAER. Tem as suas atribuições estabelecidas na NSCA 3-2 “Estrutura e Atribuições dos Elementos Constitutivos do SIPAER”.

ELEMENTO CREDENCIADO (EC)

Termo que designa, genericamente, a pessoa que detém credencial válida do SIPAER. É habilitado para uma área específica de atuação e tem as suas qualificações, atribuições e responsabilidades previstas na NSCA 3-2 “Estrutura e Atribuições dos Elementos Constitutivos do SIPAER”, NSCA 3-6 “Investigação de Acidente Aeronáutico, Incidente Aeronáutico e Ocorrência de Solo” e NSCA 3-10 “Formação e Capacitação dos Recursos Humanos do SIPAER”.

Bom Saber!

FERRAMENTAS DE PREVENÇÃO DO SIPAER FILOSOFIA SIPAER SOB A ÓTICA DA SEGURANÇA OPERACIONAL (Princípios Filosóficos):

As atividades da Gestão da Segurança Operacional devem ser planejadas e executadas com base em oito Princípios:

- ✓ Todo acidente aeronáutico deve ser evitado;
- ✓ Todo acidente aeronáutico resulta de vários eventos e nunca de uma causa isolada;
- ✓ Todo acidente aeronáutico tem um precedente;
- ✓ A Prevenção de Acidentes requer mobilização geral;
- ✓ O propósito da Prevenção de Acidentes não é restringir a atividade aérea, mas estimular o seu desenvolvimento com Segurança;
- ✓ A alta direção é a principal responsável pela Prevenção de Acidentes Aeronáuticos;
- ✓ Na Prevenção de Acidentes não há segredos nem bandeiras;
- ✓ Acusações e punições de Erros Humanos agem contra os interesses da Prevenção de Acidentes.

ACIDENTES, INCIDENTES AERONÁUTICOS, INCIDENTES GRAVES E OUTRAS DEFINIÇÕES

ACIDENTE AERONÁUTICO

Toda ocorrência relacionada com a operação de uma aeronave, havida entre o momento em que uma pessoa nela embarca com a intenção de realizar um voo, até o momento em que todas as pessoas tenham dela desembarcado e uma pessoa sofra lesão grave ou morra como resultado de estar na



aeronave; ou em contato direto com qualquer parte da aeronave, incluindo aquelas que dela tenham se desprendido; ou submetida à exposição direta do sopro de hélice, rotor ou escapamento de jato, ou às suas consequências.

A aeronave sofra dano ou falha estrutural que afete adversamente a resistência estrutural, o seu desempenho ou as suas características de voo; e normalmente exija a realização de grande reparo ou a substituição do componente afetado.

A aeronave seja considerada desaparecida ou completamente inacessível.

INCIDENTE GRAVE

Incidente ocorrido sob circunstâncias em que um acidente quase ocorreu. A diferença entre o incidente grave e o acidente está apenas nas consequências. Uma lista exemplificativa de ocorrências a serem classificadas como incidentes graves pode ser encontrada no Manual de Investigação do SIPAER (MCA 3-6).

INCIDENTE AERONÁUTICO

Toda ocorrência associada à operação de uma aeronave que não chegue a se caracterizar como um acidente aeronáutico, mas que afete ou possa afetar a segurança da operação

OUTRAS DEFINIÇÕES IMPORTANTES

OCORRÊNCIA DE SOLO

Todo incidente, envolvendo aeronave no solo, do qual resulte dano ou lesão, desde que não haja intenção de realizar voo, ou, havendo esta intenção, o(s) fato(s) motivador(es) esteja(m) diretamente relacionado(s) aos serviços de rampa, aí incluídos os de apoio e infra-estrutura aeroportuários, e não tenha(m) tido qualquer contribuição da movimentação da aeronave por meios próprios ou da operação de qualquer um de seus Sistemas.



EXCURSÃO DE PISTA (“RUNWAY EXCURSION”)

Saída da aeronave da pista de pouso ou de táxi sem o comando do piloto. Em geral, ocorre nos casos de perda de controle ou de hidroplanagem.



INCURSÃO EM PISTA (RUNWAY INCURSION)

Toda presença não autorizada ou involuntária de aeronave, veículo ou pessoa em uma pista, ou dentro da parte nivelada de uma faixa de pista ou, ainda, violando a zona livre de obstáculos na área de manobras, principalmente, nos pontos de espera e nas vias destinadas aos veículos terrestres.

RESPONSABILIDADE DOS OPERADORES

- Comunicar a ocorrência de acidente ou de incidente havido com a aeronave de sua responsabilidade;
- Fornecer informações, quando solicitado, nos processos de investigação;
- Guarda dos destroços e bens transportados pela aeronave de terceiros na superfície atingida pelo acidente.
- Comunicação aos fatos a familiares e público;
- Transporte de sobreviventes;
- Destinação dos restos mortais;
- Promover treinamento aos tripulantes quanto a ação pós acidente;
- Divulgação dos ensinamentos decorrentes da investigação;
- Danos causados a passageiros, bagagem, carga transportada e a terceiros na superfície;
- Remover a aeronave, seus destroços, partes ou peças que por ela eram transportadas.

DOCUMENTOS UTILIZADOS NA INVESTIGAÇÃO DE OCORRÊNCIAS AÇÃO INICIAL EM CASO DE ACIDENTE AERONÁUTICO:

A ação inicial de qualquer acidente será realizada pelo Elo-SIPAER do Comando da Aeronáutica, mais



próximo, do local do acidente. Quando a ação inicial for realizada por Elo-SIPAER não pertencente ao Comando Investigador, tal elo participará do preenchimento do respectivo Relatório de Ação Inicial (RAI), devendo constar o nome e assinatura do responsável em campo específico.

RELATÓRIO DE AÇÃO INICIAL (RAI)

Documento formal, não é ostensivo, que contém a coleta inicial dos dados e fatos ocorridos no local do acidente. Tem como objetivo facilitar a adoção de medidas corretivas em curto prazo após a ocorrência, enquanto se processa a sua investigação. O prazo para a conclusão e remessa do RAI é de trinta dias corridos após o conhecimento da ocorrência pelo CI, não sendo prorrogável.

RELATÓRIO PRELIMINAR (RP)

É um registro de natureza preliminar, que não possui ainda a conclusão do acidente, mas possui as primeiras ações a serem realizadas a curto prazo com o que se aprendeu com esse acidente. Não é ostensivo, não é divulgado ao público. Tem como objetivo registrar os elementos de investigação, com vistas à elaboração do Relatório Final. O prazo para a confecção do RP é de um ano, entretanto deverão ser empreendidos esforços no sentido de finalizar o relatório o mais rápido possível (NSCA 3-6).

OBRIGATORIEDADE DE CONFEÇÃO DO RAI E DO RP

É obrigatório o preenchimento do RAI e do RP para todas as ocorrências investigadas. Grau de sigilo de ambos é “reservado”.

RELATÓRIO FINAL (RF)

Tem como objetivo divulgar a análise a todos de forma pública, sendo ostensivo – possui a conclusão e as Recomendações de Segurança Operacional relativas a um acidente aeronáutico, incidente aeronáutico ou ocorrência de solo, visando exclusivamente à prevenção. É composto pelo histórico da ocorrência, elementos de investigação, análise dos elementos de investigação, conclusão e Recomendações de Segurança Operacional. Grau de sigilo é “ostensivo” (NSCA 3-6).

DIVULGAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL (RF)

Após o recebimento do RP, o RF deverá ser confeccionado o mais rápido possível. No caso de acidentes e incidentes graves da Aviação Civil, se for ultrapassado um ano da ocorrência, o CENIPA divulgará aos participantes da investigação as infor-

mações sobre o andamento dos trabalhos. Após sua aprovação, o RF deverá ser divulgado pelo CENIPA o mais rápido possível, não devendo ultrapassar o prazo de 10 dias corridos.

RELATÓRIO DE PREVENÇÃO (RELPREV)

Documento formal destinado ao reporte voluntário de uma situação potencial de risco para a segurança operacional. Sua utilização é regulada pela NSCA 3-3 “Gestão da Segurança Operacional”.

RELATÓRIO DE PREVENÇÃO

Documento formal destinado ao relato voluntário de uma situação potencial de risco para a segurança operacional, podendo ser anônimo ou não, permitindo à autoridade competente tomar conhecimento dessa situação e adotar as medidas corretivas adequadas que possam eliminar ou mitigar a condição de risco.

O formulário é intitulado "RELATÓRIO DE PREVENÇÃO - RELPREV" e "AIR SAFETY REPORT - ASR". No canto superior direito, há o código "CENIPA 08".

Logo no topo, há uma caixa de texto com o seguinte conteúdo: "OS RELATÓRIOS DAS OCORRÊNCIAS OU DAS OBSERVAÇÕES AQUI APRESENTADAS TÊM COMO ÚNICA FINALIDADE AUMENTAR A SEGURANÇA DE VOO E DEVEM SER BASEADOS EM FATOS OU EXPERIÊNCIAS PESSOAIS QUE, EM SUA OPINIÃO, POSSAM CONTRIBUIR PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE UM ACIDENTE. OS DADOS AQUI CONTIDOS SERÃO PARA USO EXCLUSIVO DO SIPAER. ESTE RELATÓRIO NÃO PRECISA SER ASSINADO, PORÉM, SE O FOR, O RELATÓRIO SERÁ INFORMADO SOBRE AS MEDIDAS ADOPTADAS." Abaixo disso, em inglês: "IN ACCORDANCE WITH ICAO AND BRAZILIAN REGULATIONS, THIS REPORT (OR ANY PART OF IT) IS TO BE USED ONLY FOR PREVENTING AIRCRAFT ACCIDENTS."

O formulário é dividido em seções principais:

- DADOS GERAIS (GENERAL DATA):**
 - ORGANIZAÇÃO (ORGANIZATION):
 - LOCAL (PLACE):
 - DATA (DATE): e HORA (TIME):
 - PESSOAL ENVOLVIDO E / OU AERONAVE (PERSONNEL AND/OR AIRCRAFT INVOLVED):
- SITUAÇÃO (SITUATION):** (Área para descrição detalhada da ocorrência)
- RELATOR (REPORTER) e ASSINATURA (SIGNATURE):**
 - Relator: A SER PREENCHIDO PELO ELO-SIPAER (TO BE FILLED BY SAFETY PERSONNEL)
 - Assinatura: NOME, ELO-SIPAER e ANO
- DO (FROM) e PARA (TO):** (Campos para distribuição)
- DATA (DATE):** (Campo para data de envio)

Na margem esquerda, há uma etiqueta vertical: "ENCAMINHAMENTO E/OU PROVENIÊNCIA DO ELO-SIPAER (ORIGIN/DESTINATION)".

AGENTE DE SEGURANÇA OPERACIONAL (ASV)

– Civil ou militar da reserva que tenha o curso de segurança operacional (EC do CENIPA) para trabalhar na parte de prevenção de acidentes.

Oficial de Segurança Operacional (OSV) –

Militar, da ativa, que possui o curso de EC (CENIPA) e pode atuar como INVESTIGADOR e na área de PREVENÇÃO de acidentes.

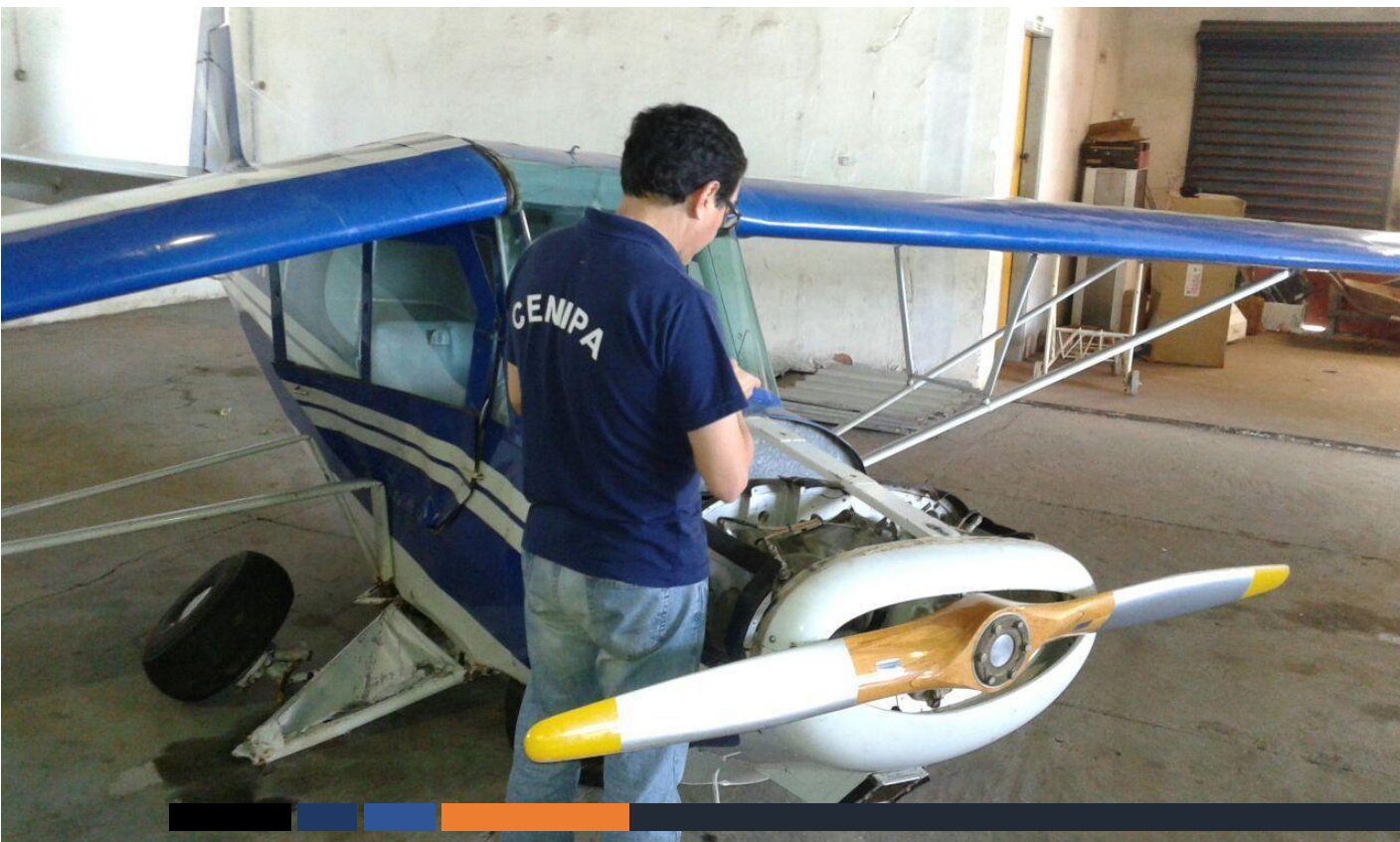
Um pouco a mais.... **A ÉTICA NO SIPAER**

A nobre missão de evitar acidentes aeronáuticos é atividade muito peculiar e, por isso, os integrantes do Sistema devem seguir rigorosamente as normas do SIPAER e buscar com este uma interação, já que todos são elos da mesma corrente, a Segurança de Voo.

A Investigação do SIPAER busca, única e exclusivamente, apurar os fatores contribuintes de cada acidente para prevenir futuras recorrências. Todo procedimento judicial ou administrativo para determinar a culpa ou responsabilidade deve ser conduzido de forma independente das investigações do SIPAER.

A natureza “sui generis” de investigação para prevenir e não apurar responsabilidades, que é conduzida pelo SIPAER, é consequência da aplicação e observância do estabelecido no Anexo 13 à Convenção de Chicago de 1944, sobre Aviação Civil Internacional,

O Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) órgão Central do Sistema, entende que, além das normas técnicas e administrativas que regulam o Sistema, o profissional de Segurança de Voo deve seguir as normas técnicas e administrativas que regulam o Sistema bem como manter uma conduta ética e moral compatível com as suas atribuições e responsabilidades.





Olá, aluno!

Essa aula aborda os principais pontos do CBA (Código Brasileiro de Aeronáutica), mas é recomendando que você baixe a versão mais atualizada do CBA na internet, e após assistir a aula, leia o corpo da lei. Também é muito importante escrever os principais pontos da aula e do corpo da lei a fim de obter um resumo do CBA.

Espaço para Anotações Importantes:





A sala AIS é a sala oficial dos planos de voo. O piloto pode passar o plano pessoalmente nessa sala com a antecedência necessária; por telefone ou pelo computador. Em todos os casos, a informação é centralizada nessa sala que recebe e processa o plano de voo para os demais órgãos de comunicação e controle aeronáutico.

Tipos de plano de voo:

- Plano de Voo Completo
- Plano de Voo Simplificado (Notificação de Voo)
- Plano de Voo Repetitivo

O formulário do plano de voo deverá ser preenchido em duas vias:

1ª via – destinada ao órgão ATS/AIS;

2ª via – destinada ao piloto em comando (opcional).

Os itens a serem preenchidos pelo piloto ou representante, estão numerados de 7 a 19, sendo que cada item poderá ter um ou mais campos, que devem ser preenchidos da esquerda para a direita.

Obrigatoriedade da apresentação do plano de voo:

Antes da partida para um voo visual em rota ou IFR

Qualquer voo que inicie em um aeródromo que possua órgão ATS

Voo realizado dentro de ATZ, CTR, TMA ou além de 27 Nm de aeródromo de partida.

Prazos

Plano de voo → Antecedência mínima de apresentação 45 minutos da EOBT (hora de calços fora) e validade de 45 minutos. (antecedência máxima 120 dias ou 5 dias)

Plano de voo simplificado (notificação de voo) → Antecedência de apresentação de 10 minutos da EOBT e 45 minutos de validade.

Outros recurso

DLA – delay (atraso) – informar o novo horário de decolagem.

CHG – change (mudança) – informar a alteração necessária.

CNL – cancel (cancelamento) – informar o cancelamento do voo.

ITEM 7

Este item será preenchido, utilizando no máximo sete caracteres, com a identificação a ser utilizada durante as comunicações com o ATS:

a) Marca de matrícula da aeronave;

Ex.: PT-JMY, PR-DAL, PT-VHV.

b) Designador de três letras da empresa aérea, seguido do número do voo;



Ex.: GLO1121, AZU4415, ONE 6181.

c) Para as organizações militares, qualquer marca oficial de matrícula ou código da organização.

Ex.: FAB2401, CAN2456, PEL42.

ITEM 8

a) Regras de voo (um caractere):

I – para IFR

V – para VFR

Y – para IFR primeiro e após VFR

Z para VFR primeiro e após IFR

b) Tipo de voo (um caractere):

S – para aeronaves de transporte aéreo regular

N – para aeronaves de transporte aéreo não regular

G – para aeronaves da aviação geral

M – para aeronaves militares

X – para aeronaves de categoria distintas das indicadas acima

ITEM 9

a) Número de aeronaves (dois caracteres):

Este campo só será preenchido quando se tratar de voo em formação, caso contrário, deve ser deixado em branco.

b) Tipo de aeronave (quatro caracteres):

Inserir o designador apropriado, baseado no anexo



c) Categoria da esteira de turbulência (um caracter):

H – PESADA – peso máximo de decolagem certificado 136.000 kg ou mais

M – Média – peso máximo de decolagem certificado inferior a 136.000kg ou superior a 7.000kg

L – Leve – peso máximo de decolagem 7000kg ou menos

ITEM 10

a) Equipamento: o “equipamento” considerado neste item é o necessário para radiocomunicações, navegação aérea e aproximação.

Estes equipamentos estarão indicados na ICA 102-9, a qual estabelece os equipamentos mínimos que devem existir a bordo de uma aeronave.

N – se a aeronave não dispuser de equipamento de radiocomunicação, de auxílio a navegação e a aproximação exigido para a rota considerada ou se estes não funcionarem.

S – se a aeronave dispuser de equipamentos normais de radiocomunicação, de auxílio a navegação e a aproximação, exigido para a rota considerada e estes estiverem funcionando.

b) Transponder (após a barra, um caracter): será colocado um dos seguintes caracteres, para indicar o tipo de equipamento SSR em funcionamento, instalado a bordo:

Inserir o código para inserir o tipo de transponder instalado e em funcionamento na aeronave

N – nenhum

A – transponder modo A (4 dígitos – 4096 códigos)

A – transponder modo C – transponder A e C

X – transponder modo S sem identificação da acft e altitude pressão

P – transponder modo S com altitude pressão porém sem identificação da acft.

I – transponder modo S, com identificação da acft e sem altitude pressão

S – transponder modo S, com identificação da acft e com altitude pressão

ITEM 13

Aeródromo de partida (quatro caracteres):

Inserir o indicador da localidade do aeródromo de partida ou ZZZZ, se não houver indicador de localidade, e indicar o nome do aeródromo no ITEM 18, precedido de DEP/ SBEG, SBSP, SBPA, SBFZ

Hora (quatro caracteres): será dada em horas e minutos, utilizando sempre a hora UTC.

Inserir a hora estimada de calços fora, para o plano de voo apresentado antes da partida ou a hora real de decolagem no caso de plano AFIL (plano de voo passado via fonia)

ITEM 15

a) Velocidade de cruzeiro (cinco caracteres e sempre Velocidade Aerodinâmica VA)

K 0650 → nós

N0480 → milhas

M082 → mach

b) Nível de voo (cinco caracteres no máximo, devendo deixar os não utilizados em branco):

Inserir o nível de cruzeiro, planejado para a primeira parte ou a totalidade da rota por meio de:

Nível de voo – letra F mais 3 caracteres

VFR – se o voo tiver sido planejado para ser conduzido em um nível de cruzeiro

A – letra A + 3 dígitos – quando não constituir um nível de voo, a altitude deverá ser indicada em centena de pés, inserindo o A seguido de 3 algarismos.

c) Rota: nesse espaço, será representada a rota que a aeronave pretende seguir, tal como ATS, FIR, etc.

Ex.1: Rota ATS designada: A304, W45

Ex.2: Voo na FIR: DCT(Voo direto)

Ps.: para voos entre dois pontos ou aeródromos localizados a mais de 30 minutos de distância, deve ser inserida uma coordenada ou um fixo no plano de voo, entre os dois aeródromos.

Ex.3: Voo na FIR até certo ponto e depois na aerovia: DCT BRU A304.

Ex.4: Voo na FIR até certo ponto e depois mudança de velocidade e nível: DCT LJS N0150 F085 G449.

ITEM 16

a) Aeródromo de destino (quatro caracteres):

Inserir o indicador de localidade do aeródromo de destino, seguido da duração total prevista de voo.

b) Duração total prevista do voo (quatro caracteres): será inserida em horas e minutos.



Ps.: em caso de plano AFIL, será colocada a duração total do voo, a partir do ponto em que o plano foi transmitido ao ATS.

c) Aeródromo de alternativa (quatro caracteres):

Ps.: o aeródromo de alternativa deverá ser escolhido de acordo a seguinte ordem de preferência:

-Aeródromo com TWR/ATS;

-Onde tenha operado antes;

-Outros.

O segundo aeródromo de alternativa é opcional, sendo mais utilizado em caso de voos IFR.

ITEM 18

Neste item serão colocadas as informações que não podem ser inseridas nos itens anteriores, sempre com uma sigla que identificará o tipo de informação.

Ex:

EET/ - duração estimada do voo até pontos significativos ou limites de FIR;

REG/ - Marcas de matrícula da aeronave;

OPR/ - Nome do explorador ou do proprietário da aeronave;

STS/ - quando for desejado um serviço especial por parte do ATS (SAR, evacuação médica- MEDEVAC, combate a incêndio- FFR, etc.);

TYP/ - tipo da aeronave, quando for utilizada a sigla ZZZZ;

COM/ - Equipamento de radiocomunicação adicional;

DEP/ - Nome do aeródromo de decolagem;

DEST/ - Nome do aeródromo de destino;

ALTN/ - Nome do aeródromo de alternativa;

FROM/ - indica a última procedência, ou seja, o último aeródromo em que a aeronave operou;

RMK/ - deverá ser colocada a observação do conhecimento das condições meteorológicas e informações referentes aos aeródromos, rota, etc.

PER/ - Performance da aeronave, baseada na velocidade de cruzamento de cabeceira:

CAT	VELOCIDADE DE CRUZAMENTO DA CABECEIRA
A	< 91 Kts
B	91/120 Kts
C	121/140 Kts
D	141/165 Kts
E	166/210 Kts

ITEM 19

a) Autonomia: indicada em horas e minutos, por tempo de combustível.

Inserir um grupo de 4 algarismos para indicar a autonomia em horas e minutos.

b) Pessoas a bordo (POB, até três caracteres).

Inserir o número total de pessoas a bordo (passageiros e tripulantes) ou TBN quando o número de pessoas a bordo for desconhecido no momento da apresentação do plano de voo, o qual será transmitido pela fonia em momento apropriado.

c) Equipamento rádio de emergência: Deverá ser riscada a letra correspondente ao acessório que NÃO possuir.

d/e) Equipamento de sobrevivência e coletes: deverão ser riscados os que a aeronave NÃO possuir.

f) Botes:

Incluir número de botes, capacidade e especificações do mesmo.

g) Cor e marcas da aeronave:

Itens que permitam localizar a aeronave facilmente.

h) Observações:

Riscar a letra N se não houver ou indicar logo após a barra outros equipamentos de sobrevivência que possua a bordo.

i) PILOTO EM COMANDO

Inserir o nome do piloto em comando.

Piloto militar – nome de guerra

Piloto civil – nome e código anac

j) Preenchido por:

Inserir o nome do responsável pelo preenchimento do plano de voo, quando não for o piloto em comando.

Código DAC – antigamente chamado de código DAC, atualmente chamado de CANAC ou código ANAC.

Assinatura

Do responsável pelo preenchimento do plano de voo.



Piloto Privado

**Navegação
Aérea**

Instrutor

DANIEL THÖBE



Introdução a Navegação e Sistemas de Coordenadas Planas

“É a ciência que possibilita um navegador conduzir uma aeronave no ar com segurança e respeitando as regras de tráfego aéreo, levando-a de um ponto a outro”.

Processos de navegação:

- Navegação Visual ou por contato
- Navegação estimada
- Navegação Rádio
- Navegação Eletrônica
- Navegação Astronômica ou celestial
- Navegação por satélite

Navegação Visual ou por contato

É a maneira de conduzir uma aeronave através do espaço com a observação de pontos significativos que sirvam como referência.

Preencha o campo conforme a aula :

Navegação Estimada

É a maneira de conduzir uma aeronave seguindo o resultado de cálculos pré-determinados para a sequência da viagem, ou seja, a partir do último ponto conhecido, obter novos dados para o próximo ponto ou posição.



Navegação Rádio ou Radiogoniométrica

É a maneira de orientação e de poder determinar, na superfície da Terra, o ponto onde se encontra, por meio da utilização das ondas de rádio. Os equipamentos mais utilizados para esse fim são o VOR e o NDB.



Navegação Celestial

É a forma de navegar, com dados obtidos por meio de observações de corpos celestes.



Navegação Eletrônica

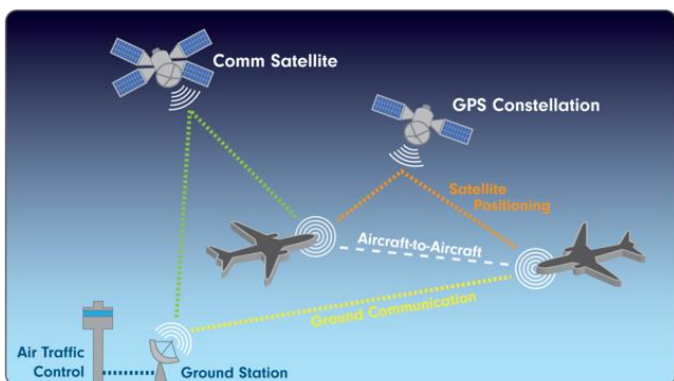
Baseada em equipamentos eletrônicos munidos de um banco de dados que estão em computadores



Navegação por satélite:

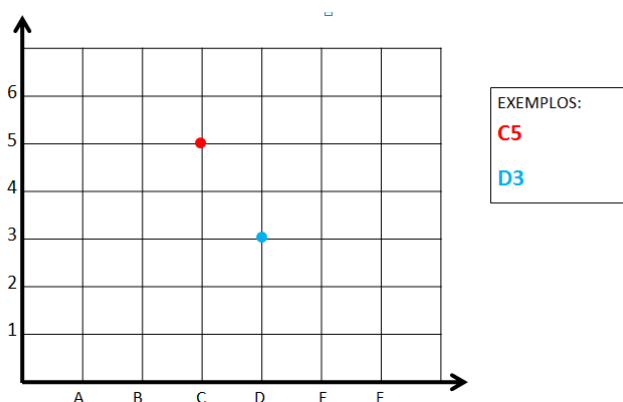
É o sistema mundial de determinação de posição de naves e aeronaves pela utilização de satélites artificiais que giram em torno da Terra em vários sentidos e em altitude determinada.

Ex: GPS



Sistemas de coordenadas planas – Introdução às coordenadas geográficas

Como vimos anteriormente, um dos principais objetivos da navegação aérea é se locomover de um lugar para outro pré-determinados. Para tanto, se fez necessário, a elaboração de um sistema padronizado para saber a exata localização destes lugares. Sendo assim, criou-se o sistema de coordenadas planas, ou seja, um gradeado com linhas na vertical e horizontal cruzando-se com ângulos de 90°, sendo que todas as linhas apresentam distâncias iguais. Vejamos o seguinte exemplo que nos faz ter a ideia de posição através de duas coordenadas. Qual a coordenada dos pontos vermelha e azul?



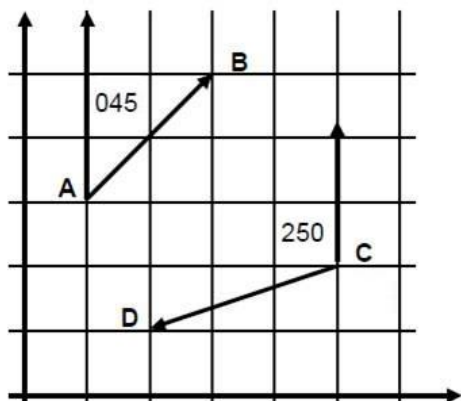
Esta simples representação chamamos de coordenadas planas. Porém ao navegador importa, não só a localização, mas também determinar a direção a ser seguida para outro ponto. Para isso imaginemos que as linhas verticais, sentido de baixo para cima são as direções de referência, e assim qualquer direção tomada neste plano formará um valor angular em relação à referência compreendido entre 000° a 360°, lembrando-se de sempre serem medidos no sentido horário, a partir da direção de referência até a direção pretendida desta forma:





Obs.: Note que os valores acima aumentam seus ângulos no sentido horário.

Veremos o exemplo a seguir:



Direção AB = 045
Direção CD = 250

As direções do ponto A para B formam um ângulo de 045 graus no sentido horário. E do Ponto C para o ponto D formam um ângulo de 250 graus. Lembre-se de sempre utilizar o sentido correto para medir os ângulos em relação ao ponto de referência.

Mas como a ANAC pode formular perguntas sobre estes assuntos?

Veremos a seguir as clássicas perguntas:

Veremos a seguir as clássicas perguntas:

1) O método de conduzir uma ACFT, sobre a superfície da Terra, procurando elementos de destaque para orientar sua rota, chama-se navegação:

- rádio,
- eletrônica,
- por contato,
- por estimado.

2) Método de navegação na qual a posição de uma aeronave é obtida através de ondas de rádio é chamado de navegação:

Estimada

Visual

Por satélite

Radio

3) Uma coordenada geográfica define uma:

- posição
- direção
- distância
- linha de rota

Gabarito :

C
D
A

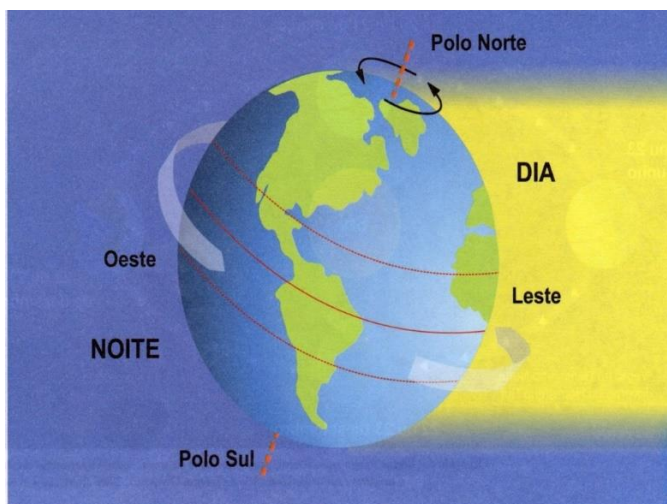




Sabemos que a superfície terrestre é de forma irregular, com elevações e depressões e também um achatamento nas regiões polares que ocasiona uma diferença entre os diâmetros medidos entre os polos e no sentido perpendicular a este, num valor aproximado de 43 quilômetros.

Entretanto, como estas diferenças de cota e diâmetro se comparadas ao tamanho da superfície terrestre, são consideradas desprezíveis, para efeito de navegação consideremos a terra uma esfera.

Também é de conhecimento que a terra gira em torno de um eixo imaginário (chamado polar ou terrestre) num movimento de rotação, realizado no sentido de Oeste para Leste, ou no sentido anti-horário, se considerarmos a visão do Polo Norte.



Como consideramos a Terra sendo uma esfera, a melhor forma de apresentar seu gradeado não seria por linhas planas como vimos na aula anterior, mas sim por círculos, sendo classificados em círculos máximos e círculos menores. A partir dos círculos, é possível formar o sistema de gradeado sobre a superfície terrestre, o qual facilitará bastante a localização de pontos específicos.

CÍRCULOS MÁXIMOS: dividem a esfera em duas partes iguais. Desta forma, o plano passa pelo centro da esfera, fazendo com que o raio e o centro do círculo sejam os mesmos da própria esfera. A figura abaixo mostra esferas divididas por círculos máximos.

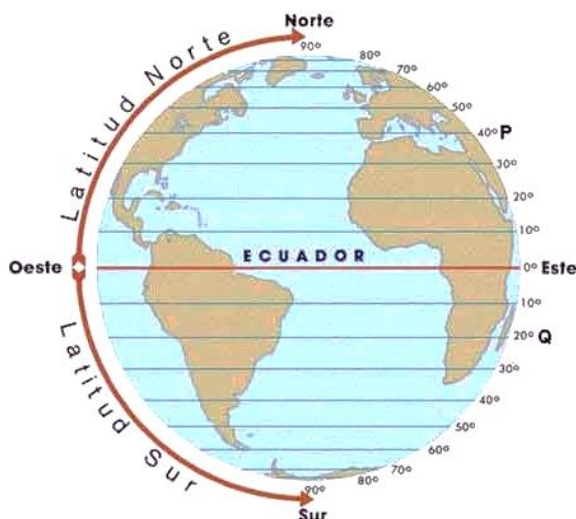
Utilizando sua imaginação preencha o retângulo conforme a aula:

CÍRCULOS MENORES: dividem a esfera em duas partes desiguais. Logo o plano não passa pelo centro da esfera como no círculo máximo. Observe a figura abaixo, na qual esferas são cortadas por círculos menores.

Utilizando sua imaginação preencha o retângulo conforme a aula:

LINHA DO EQUADOR: é um círculo máximo, formado por um eixo perpendicular ao eixo da Polar, que divide a Terra em dois hemisférios: Norte (N=North) acima da linha do Equador e Sul (S=South) abaixo da linha do Equador.

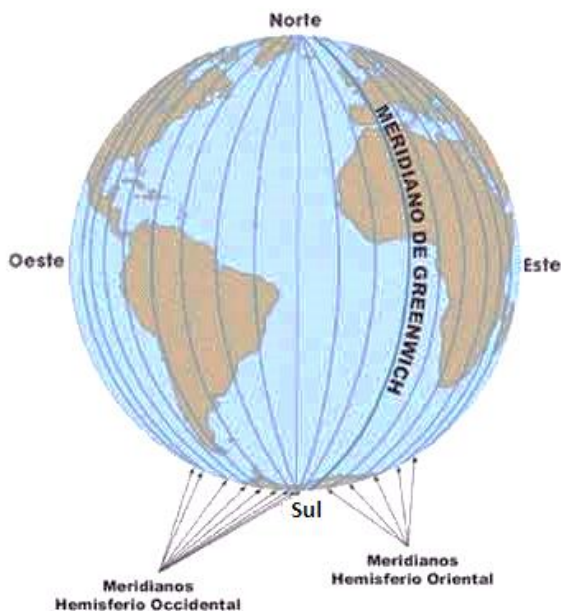
PARALELOS DE LATITUDE OU PARALELOS: são círculos menores paralelos ao equador. Observe na figura abaixo a diferença entre a linha do Equador e paralelos:



MERIDIANOS DE LONGITUDE OU MERIDIANOS: são semicírculos máximos unidos pelos polos.

MERIDIANO DE GREENWICH: é o meridiano que passa pelo Laboratório Naval de Greenwich na Inglaterra.

MERIDIANO DE 180°: é o meridiano que está 180° oposto ao meridiano de Greenwich. Lembramos que a junção do meridiano de Greenwich e o Meridiano 180° forma um círculo máximo que divide a Terra em outros dois hemisférios: Oeste (W= West) e Leste ou Este (E=East). Para seu melhor entendimento, observe as figuras abaixo.



Lembre-se que todo o meridiano que passa pela parte posterior da Terra é chamado de Antemeridiano.

A partir destes conceitos, é importante sempre lembrar que:

- Os meridianos são sempre convergentes do Equador para os polos onde se encontram;
- Os paralelos mantêm entre si um mesmo afastamento;
- Os meridianos e paralelos cruzam-se em ângulos de 90°;
- O cruzamento entre um meridiano e um paralelo, define-se um ponto geográfico.

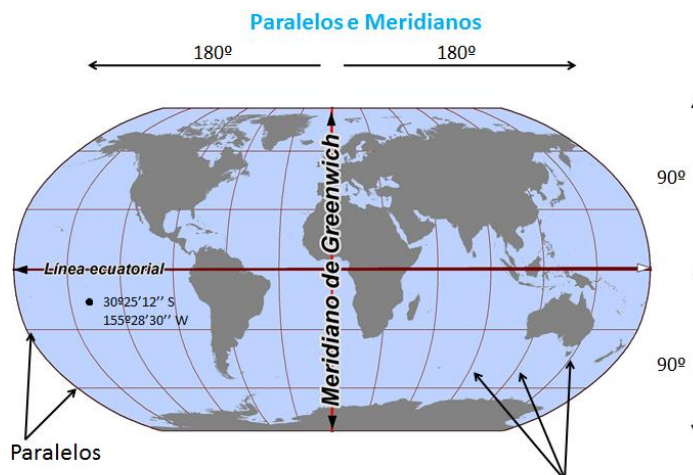
-LATITUDE: ângulo formado entre o arco de meridiano que parte do Equador até o ponto considerado. A latitude assume valores de 00° até 90°.

-LONGITUDE: ângulo definido pelo menor arco de paralelo que parte do meridiano de Greenwich até o ponto considerado. A longitude assume valores de 000° a 180°, onde graus inteiros sempre representados por três algarismos e os minutos e segundos por dois algarismos.

A letra que indica o hemisfério deverá ser omitida nos casos de longitude **000° ou 180°**.

Um ponto geográfico na superfície é localizado a partir do cruzamento de um paralelo e um meridiano e deve ser informado através de coordenadas geográficas seguindo a ordem latitude seguido da longitude.

Observe abaixo um exemplo de indicação de coordenadas:



Obs.: Meridiano 180° é o Meridiano oposto ao Meridiano de Greenwich



OPERAÇÕES COM ÂNGULOS:

Agora vamos relembrar algumas operações matemáticas com ângulos:

Soma

Ex: $30^{\circ}40' + 15^{\circ}10'15'' = 45^{\circ}50'15''$

Se os minutos ou segundos forem maiores ou iguais a 60, deve-se converter em graus ou minutos.

Ex: $25^{\circ}50' + 15^{\circ}30'15'' = 40^{\circ}80'15''$

$80' = 60' + 20' = 1^{\circ}20'$ ou seja,

$40^{\circ}80'15'' = 41^{\circ}20'15''$

Subtração:

Ex: $160^{\circ}31'45'' - 110^{\circ}35'50'' = 49^{\circ}55'55''$

Divisão:

Na divisão por 2 devemos primeiro transformar graus e minutos ímpares em pares para depois realizar a operação.

Ex: $41^{\circ}20' : 2 = 40^{\circ}80' : 2 = 20^{\circ}40'$

Ex: $147^{\circ}53'12'' : 2 = 146^{\circ}113'12'' : 2 = 73^{\circ}56'36''$

QUESTÕES

1) As duas componentes básicas do sistema de coordenadas geográficas são:

- a) Meridianos e Paralelos,
- b) Equador e Paralelos,
- c) Equador e Meridianos,
- d) Latitude e Longitude.

2) O arco de Equador, compreendido entre o meridiano de Greenwich e um meridiano qualquer, é chamado:

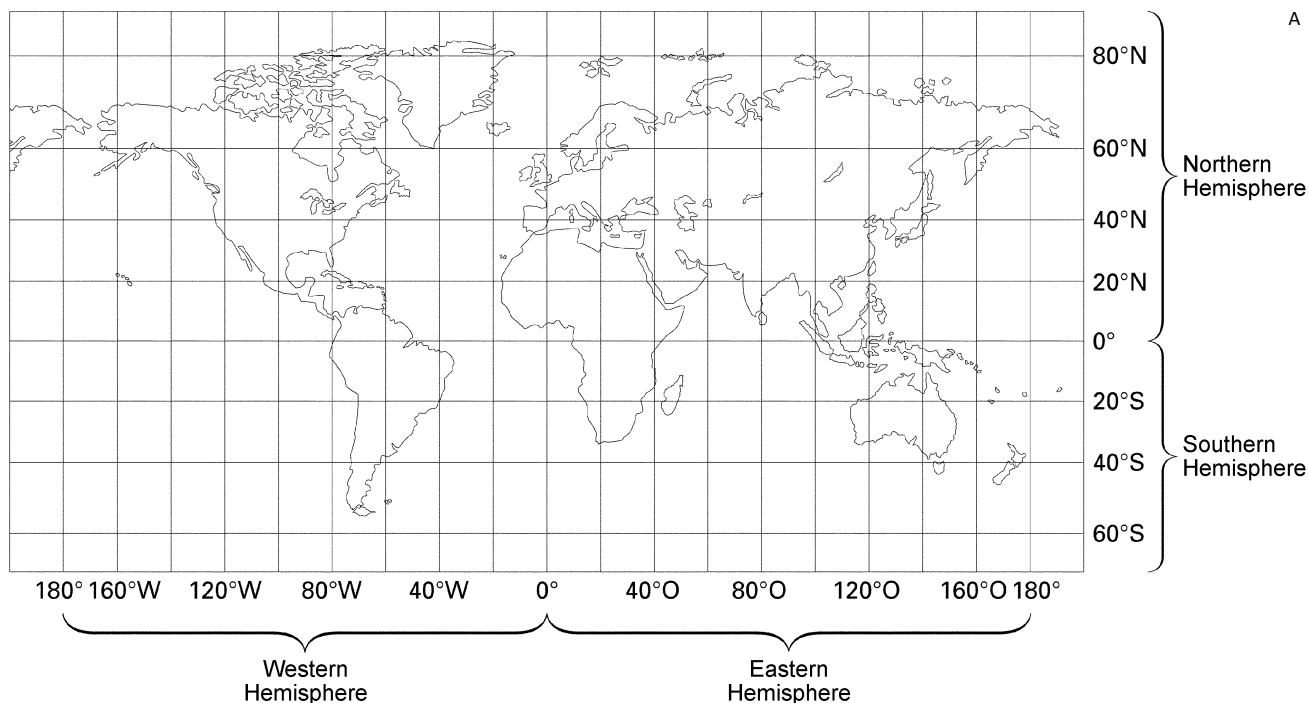
- a) latitude,
- b) longitude,
- c) co-latitude,
- d) co-longitude.

3) O Equador é um Círculo Máximo cuja latitude é de:

- a) 00°
- b) 90°
- c) 180°
- d) 270°

Gabarito:

D
B
A





OPERAÇÕES ANGULARES

Alguns cálculos envolvendo latitude e longitude são importantes para a navegação, são eles:

- Diferença de Latitude (DLA)
- Latitude Média (LM)
- Diferença de Longitude (DLO)
- Longitude Média (LOM)
- Colatitude
- Longitude do antemeridiano

Vejamos cada um deles separadamente:

DIFERENÇA DE LATITUDE:

É o ângulo definido pelo arco de meridiano que une os paralelos dos pontos dados.

Como resolver:

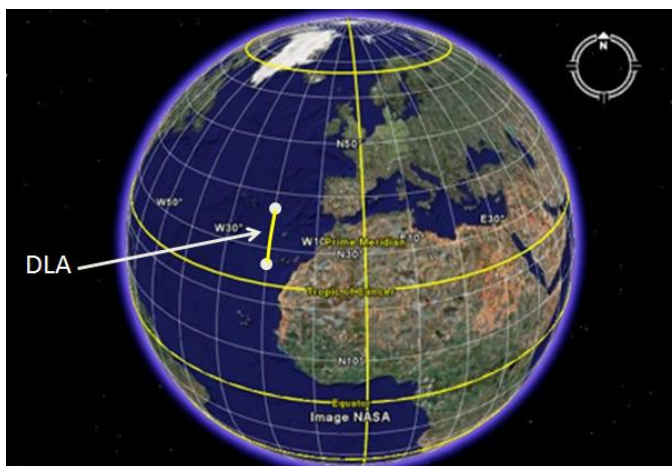
Latitudes em Hemisférios iguais subtraem-se. Em Hemisférios diferentes, somam-se.

Exemplo 1:

Latitude¹ = 30° 20' N

Latitude² = 10° 10' N

DLA = 20° 10'



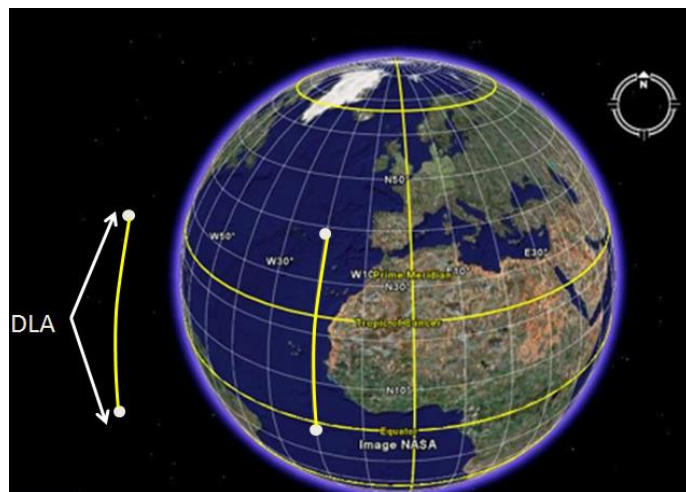
Exemplo 2:

Latitude¹ = 22° 15' 30" N

Latitude² = 40° 20' 15" S

Lembre-se, hemisférios diferentes, SOMAM-SE as latitudes para obter-se a DLA.

DLA = 62° 35' 45"



DIFERENÇA DE LONGITUDE:

É o ângulo entre dois meridianos, obtido pelo MENOR arco de Equador que os liga.

Como resolver:

Assim como na DLA, se forem ponto em hemisférios iguais basta subtrair. Em hemisférios diferentes soma-se um ao outro.

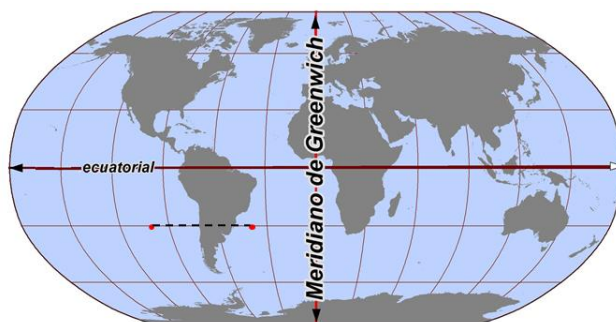
Exemplo 1:

Longitude um: 027°W

Longitude dois: 060°W

DLO = Long² - Long

DLO = 33°



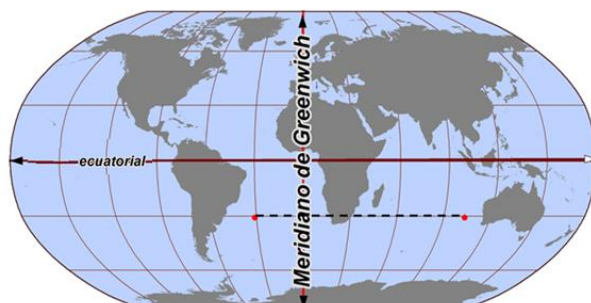
Exemplo 2:

Longitude¹ = 027°W

Longitude² = 060°E

DLO = Long¹ + Long²

DLO = 87°



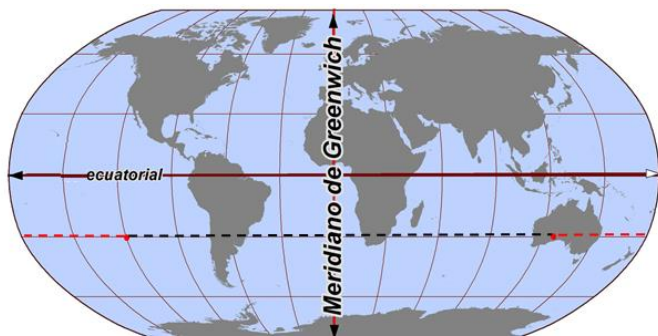


Exemplo 3:

Longitude¹ = 120°E
 Longitude² = 160°W
 DLO = long¹ + long²
 DLO = 280°

Porém a DLO é o MENOR arco, ou seja:

DLO = 360° - 280° = 080°



LATITUDE MÉDIA:

É o ponto médio entre duas latitudes.

Em latitudes de hemisférios iguais, basta somar as latitudes e dividir por 2:

Exemplo1:

Lat¹ = 30°N
 Lat² = 50°N
 LAM = (30° + 50°): 2 = 40°N

Em latitudes de hemisférios diferentes, basta subtrair as latitudes e dividir por 2, mantendo-se o hemisfério da maior latitude:

Exemplo2:

Lat1 = 20°S
 Lat2 = 60°N
 LAM = (60° - 20°): 2 = 20°N

LONGITUDE MÉDIA (LOM)

É o ponto médio entre duas longitudes. Calculamos do mesmo modo como na LAM:

Exemplo 1:

Long¹ = 016°E
 Long² = 030°E
 LOM = (016° + 030°): dois
 LOM = 046°: 2 = 023°E

Exemplo 2:

Long¹ = 015°E
 Long² = 027°W
 LOM = (027° - 015°): 2
 LOM = 012°: 2 = 6°W

Exemplo 3:

Longitude¹ = 100°W
 Longitude² = 130°E
 DLO = 230° (esse resultado é maior que 180°)
 DLO = 360° - 230° = 130°

Nesse tipo de exercício devemos dividir a DLO por 2 e somar o resultado à menor longitude:

DLO / 2 = 130° / 2 = 65°
 LOM = 100° + 65°
 LOM = 165°W

CO-LATITUDE

É o valor angular que complementa uma dada latitude, ou seja, o valor que falta para que juntas, somem 90°.

Como resolver:

Basta diminuir 90° da latitude considerada.

EX: latitude¹ = 25°S
 Colat¹ = 90° - 25°
 Colat¹ = 65°

LONGITUDE DO ANTEMERIDIANO:

É a longitude do meridiano oposto. Para encontrá-la, basta subtrair 180° da longitude considerada e inverter o lado (W por E e vice-versa).

EX: long¹ = 40°E
 Long Antimer. = 180° - 40°
 Long Antimer. = 140°W

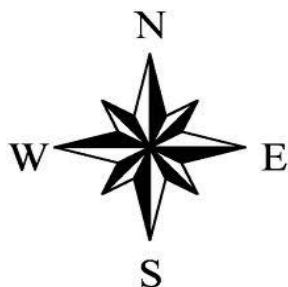




Antes de darmos prosseguimento a nossa matéria vamos relembrar:

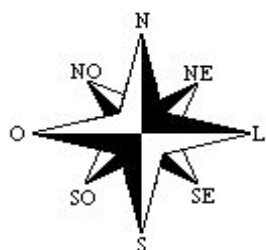
Rosa dos ventos

*Pontos Cardeais



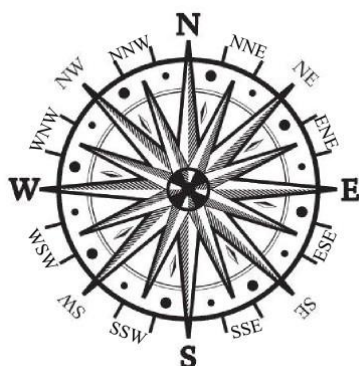
Pontos Cardeais	
N	Norte
E	Leste
S	Sul
W	Oeste

*Pontos Cardeais + Colaterais



Pontos Colaterais	
NE	Nordeste
SE	Sudeste
SO	Sudoeste
NO	Noroeste

*Pontos Cardeais + Colaterais + Sub-colaterais



Pontos Sub-colaterais	
NNE	Nortenordeste
ENE	Estenordeste
ESE	Estesudeste
SSE	Sulsudeste
SSW	Sulsudoeste
WSW	Oestesudoeste
WNW	Oestenoroeste
NNW	Nortenoroeste

Vamos relembrar também das nossas aulas de Geografia:

CALCULAR DISTÂNCIAS A PARTIR DE ARCOS:

Em alguns casos, será necessário converter distâncias angulares em distâncias reais e vice-versa.

Para isso devemos saber que:

1' = 1NM, ou seja, se 1° = 60', então:

1° = 60NM

Ex: Converter 78°15' em NM:

1° = 60NM, então: 78° = 78 x 60 = 4680NM

15' = 15 NM

15NM + 4680NM = 4695 NM

CONVERTENDO DISTÂNCIAS EM ARCOS:

Ex: Uma distância de 255NM corresponde a um arco de:

Solução:

-dividimos o valor por 60.

$255 / 60 = 4$ (sobra 15)

-o valor encontrado (4) será o correspondente aos graus e o resto (15) será o dos minutos.

$255\text{NM} = 04^{\circ}15'$

Para que se navegue, é necessário conhecer basicamente três aspectos:

-Posição (atual e do destino)

-Direção (atual e do destino)

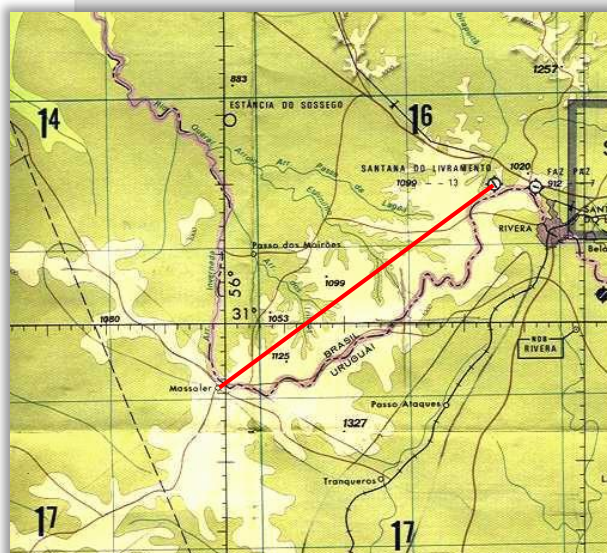
-Distância (até o destino)

Conhecendo estes dados poderemos efetuar os cálculos necessários para que possamos chegar ao local na hora pretendida.

POSIÇÃO

Situação espacial de uma localidade, definida em relação a um ou vários pontos de referência. Neste caso usaremos como referência as Latitudes e Longitudes vistas anteriormente.

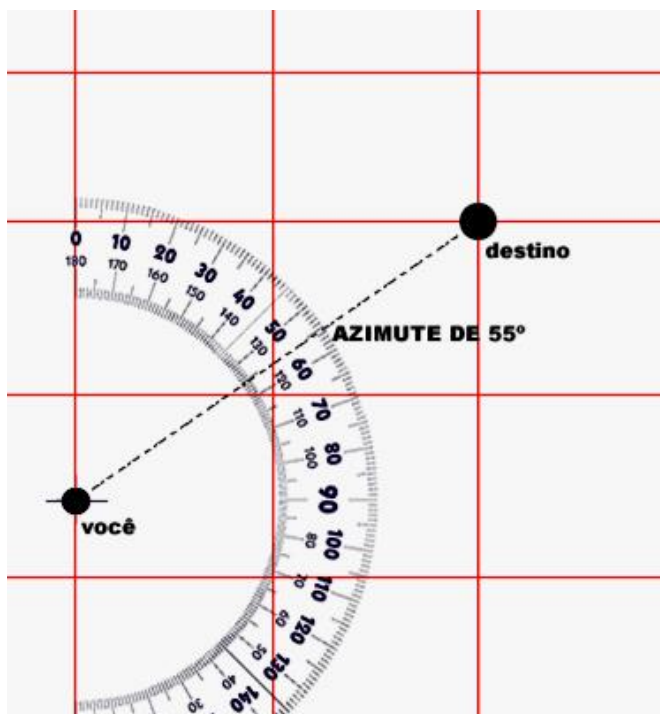
Ex: Massoler / Santana do Livramento





DIREÇÃO

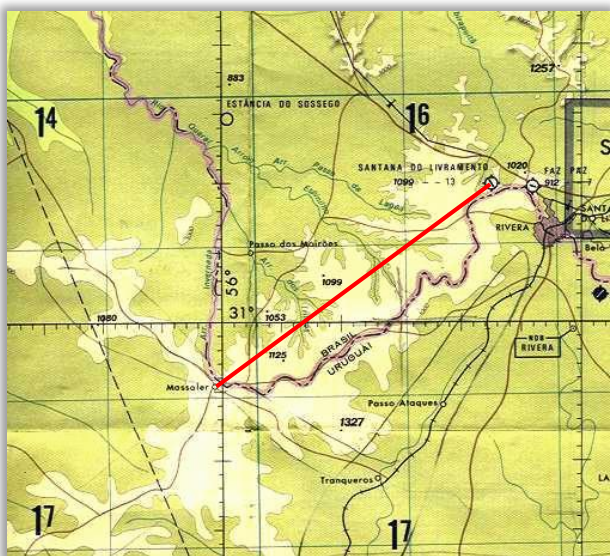
A direção a ser seguida para nosso destino será nosso RUMO a ser seguido, usaremos como ferramenta nosso transferidor.



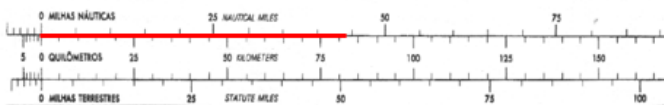
DISTÂNCIAS

A distância é de suma importância para que saibamos quanto tempo estimado levaremos para alcançar nosso destino.

Após traçar a rota, é só “jogá-la” na escala correspondente à carta. Que é encontrada na nossa carta WAC.



EXEMPLO DE ESCALA GRÁFICA CONSTANTE DA CARTA WAC



Porém nem sempre teremos uma escala confiável para nos basearmos então aprenderemos a converter valores da carta para valores reais.

Escala:

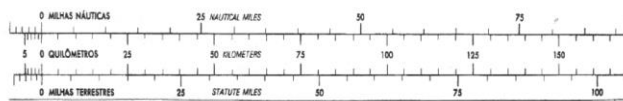
Podemos encontrar 2 tipos de escalas:

Escala Gráfica

É representada por uma linha graduada em unidades de distância (KM, ST, NM ...)

1 Milha Náutica (NM)	1852m ou 1,852Km
1 Milha Terrestre (ST)	1609m ou 1,609Km
1 Milha Náutica (NM)	1' de arco de um círculo máximo

EXEMPLO DE ESCALA GRÁFICA CONSTANTE DA CARTA WAC



Escala Geométrica

Representada sob forma de fração.

Lembre-se que :

1km: 100.000cm

1m: 100cm

Como calcular:

Ex: Em uma carta a escala é de 1:100000 e obteve-se com uma régua 7,5 cm. Qual a distância em Km?

1 cm na carta = 1 km

7,5 cm na carta = 7,5 km

Ex2: Em uma carta a escala é de 1:50000 e obteve-se com uma régua 5 cm. Qual a distância em Km?

1cm na carta = 0,5 km

5 cm na carta = 2,5 km

Exercício de Assimilação:



1) Numa carta de escala de 1:250.000, 3 cm representam:

- 7,5 cm
- 7,5 m
- 75 m
- 7,5 km

resposta D



ROTAS

Rota é um **caminho**, uma **direção** ou um **rumo** que liga um lugar a outro; um itinerário que define o caminho percorrido para chegar a algum lugar. A expressão "**traçar uma rota**" é utilizada quando se pretende definir um caminho ou direção para se chegar ao destino desejado. As rotas, parte do nosso planejamento, são traçadas em um mapa quando fazemos uma navegação. Poderão ser de dois tipos, ortodrômica e loxodrômica.

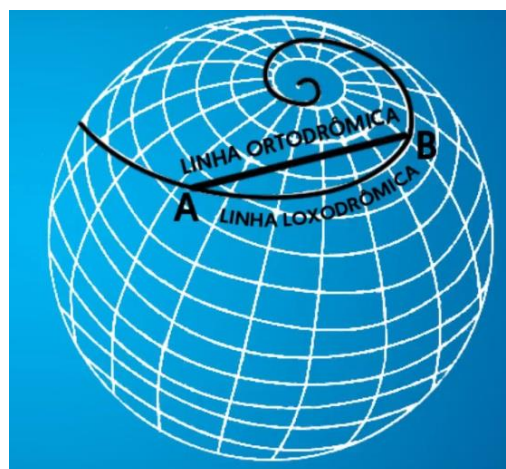
ROTA LOXODRÔMICA

(loxo = direção constante; dromos = caminho):

É a rota que cruza os **meridianos** em ângulos iguais. É a mais usada devido à facilidade de planejamento (basta traçar uma reta). Porém, a trajetória real é uma curva.

Assimilação desenhe conforme a aula como os ângulos das Rotas Loxodrômica cortam os meridianos.

Na imagem abaixo podemos entender como as rotas ficam expressas no plano terrestre:



PROJEÇÕES:

Consiste no método utilizado para representar a superfície terrestre numa superfície plana (carta). O grande desafio das projeções é justamente projetar a superfície terrestre com a menor distorção possível, pois é impossível encontrarmos qualquer projeção da superfície terrestre livre de distorções.

Isso ocorre porque a Terra é uma esfera, e ela precisa ser projetada em uma superfície plana. Para tanto são utilizados alguns artifícios matemáticos que podem minimizar este problema, como por exemplo, utilizar figuras geométricas que podem ser planificadas, como o cone e o cilindro.

As projeções podem ser classificadas quanto ao ponto de origem (local onde será posto a lâmpada para poder projetar a superfície terrestre em uma área plana). São classificadas em três:

ROTA ORTODRÔMICA

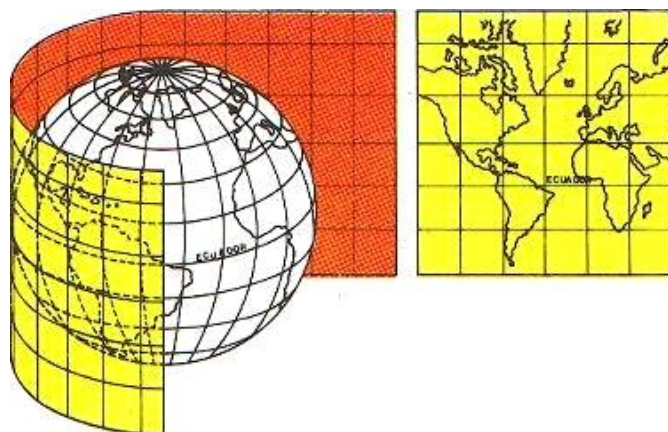
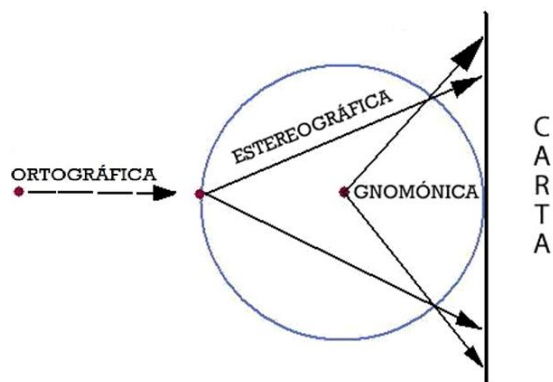
(ortho = reto; dromos = caminho):

É o **menor** segmento de círculo que passa por dois pontos. É a menor **distância** para se voar entre dois pontos. A rota ortodrômica corta os meridianos em ângulos diferentes. Não é muito utilizada pela aviação de pequeno porte devido à dificuldade nos cálculos de planejamento.

Assimilação desenhe conforme a aula como os ângulos das Rotas Ortodrômica cortam os meridianos.



- a) Gnomônica: ponto de origem é o centro da esfera.
- b) Estereográfica: ponto oposto ao ponto de tangência
- c) Ortográfica: origem no infinito.



Características da Carta Mercator:

Paralelos	Linhas retas e não equidistantes
Meridianos	Linhas retas e equidistantes
Loxodrômica	Linha reta
Ortodrômica	Curva
Vantagens	Fácil construção, fácil plotagem de coordenadas, loxodrômica reta.
Desvantagens	Ortodrômica ser uma linha curva e a escala é variável com a latitude

DISTÂNCIAS

A distância é de suma importância para que saibamos quanto tempo estimado levaremos para alcançar nosso destino.

Após traçar a rota, é só “jogá-la” na escala correspondente à carta. Que é encontrada na nossa carta WAC.

“MACETE”

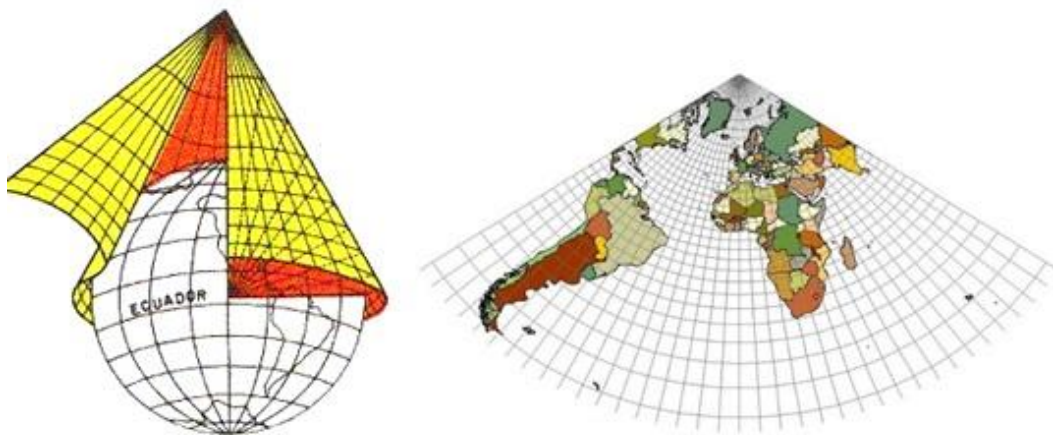
G	C
E	P
O	I

CARTA MERCATOR:

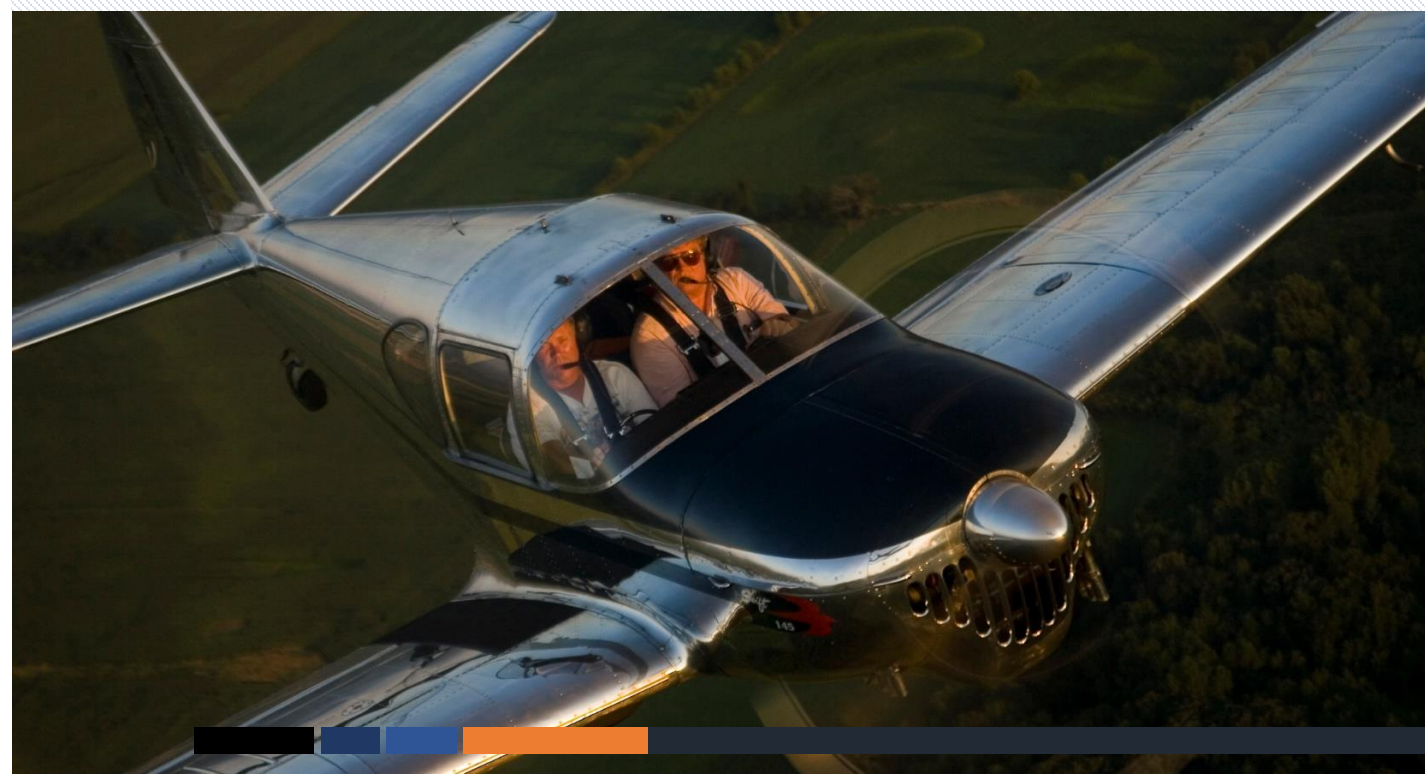
É um tipo de carta desenvolvida num cilindro, baseada em uma projeção Gnomônica, também é chamada de projeção equatorial, pois a mesma tangencia o equador. Logo é uma projeção que beneficia as regiões próximas equador, sendo que ao se aproximar aos polos as distorções aumentam.

CARTAS LAMBERT:

É um tipo de carta desenvolvida num cone, baseada em uma projeção Gnomônica. As cartas aeronáuticas são baseadas neste tipo de projeção. Este tipo de projeção foi desenvolvido em um cone secante à superfície terrestre em dois paralelos, sendo possível a visualização desta região da melhor forma possível. Ou seja, a escolha dos paralelos em que o cone cortará, dependerá da área que se deseja a projeção, obtendo-se o melhor número de detalhes possível das latitudes escolhidas. Um ponto que se deve salientar, é que a projeção Lambert é utilizada para a confecção de cartas WAC (World Aeronautical Chart) e ERC (Enroute Chart).

**CARACTERÍSTICAS DA CARTA LAMBERT:**

Paralelos	Círculos concêntricos ao pólo.
Meridianos	Linhas retas convergentes
Loxodrômica	Rota determinada por uma linha curva.
Ortodrômica	Rota determinada por uma linha reta.
Vantagens	Áreas e formas perfeitas, ortodrômica ser reta, escala quase constante.
Desvantagens	Loxodrômica ser uma linha curva (exceto meridianos)





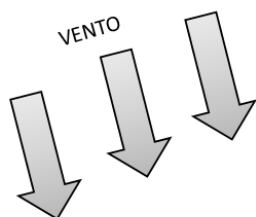
Proa – é a direção do eixo longitudinal da aeronave

Rumo – é a direção do deslocamento da aeronave

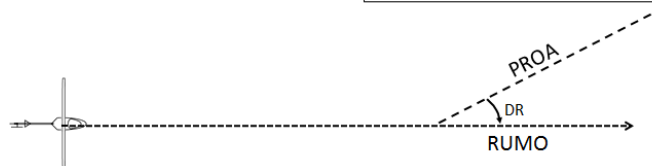
Rota – é a projeção na superfície terrestre da trajetória da aeronave

Deriva (DR) – é o ângulo formado entre a proa da aeronave e o rumo (é o desvio na rota causado pelo vento)

Correção de deriva (CD ou ACD) – é o ângulo entre o rumo e a proa (correção do desvio causado pelo vento)

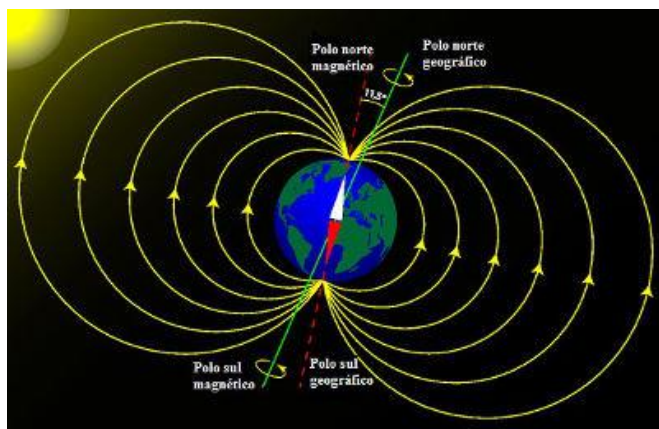
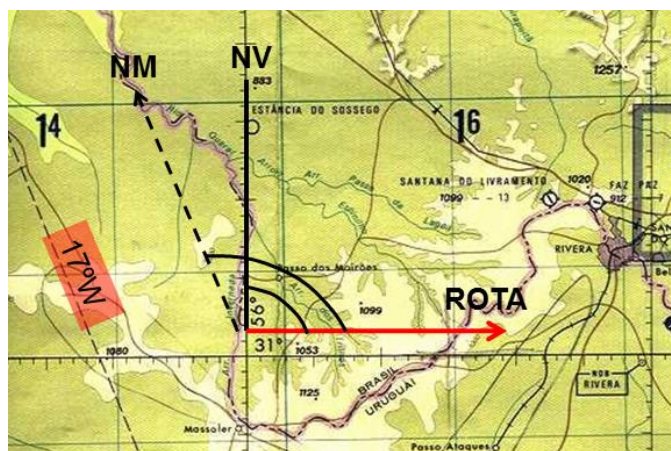


OBS: DR ou ACD à direita é maior. Se for à esquerda é menor. No exemplo abaixo, se a aeronave não corrigisse a deriva, seu rumo seria maior que o pretendido (o desvio seria à direita).



Magnetismo Terrestre:

A terra é um grande ímã e seu norte verdadeiro (NV) é diferente do norte magnético (NM). A diferença entre o NV e o NM chama-se Declinação Magnética (DMG). Este dado é de suma importância para a navegação, tendo em vista que as informações obtidas nos equipamentos de bordo são baseadas no NM.



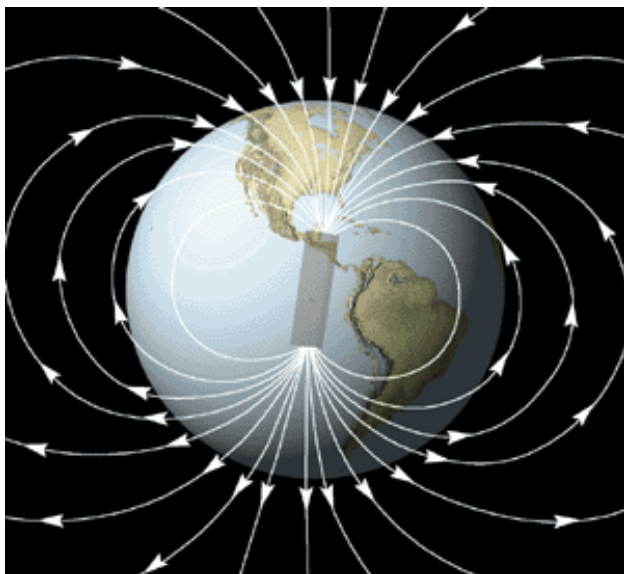
A DMG pode ser E (leste) ou W(oeste). Se for W(oeste) o NM está defasado à esquerda em relação ao norte verdadeiro. Se for E (leste) o NM está defasado à direita em relação ao norte verdadeiro.

Exemplo de uma aeronave voando com RV de 90°. Podemos observar a linha tracejada que nos fornece a DMG. Como essa DMG é W, ela deve ser somada ao RV. Nesse caso a rota tem RV de 90° e RM de 107°.

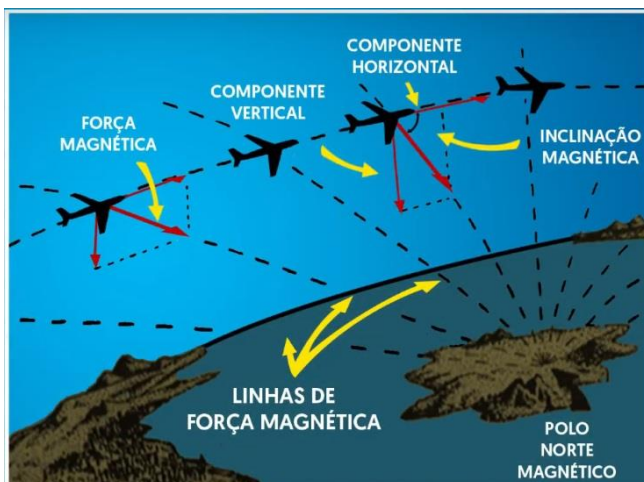
Ao navegador interessa saber o valor da DMG de uma região que pretenda voar pois as direções obtidas nos equipamentos de bordo são referenciadas pelo NM, e não NV. Na prática observaremos que, quando a DMG for W, ela se soma ao RV para se obter o RM. Se for E deve-se diminuir. Os Polos magnéticos estão atualmente localizados nas coordenadas geográficas 73°N-100°(ilha de Príncipe de Gales = Polo Norte Magnético) e 68°S-144°E(Antártica =Polo Sul Magnético).

**Inclinação Magnética:**

Ocorre devido à direção das linhas de força do campo magnético terrestre. Pode ser entendida como a inclinação do ponteiro da bússola.



A componente vertical é máxima (90°) nos polos e mínima (0°) no equador. A componente horizontal é máxima no equador e mínima nos polos.

**Variação de DMG :**

A DMG varia com o tempo em virtude de diversos fatores, fazendo com que inclusive haja possibilidade de mudança das cabeceiras de pista dos aeródromos, que são numeradas em função do ângulo obtido a partir do norte magnético até a direção do rumo da pista. Uma preocupação é verificar se a DMG impressa numa carta está atualizada. Se não estiver haverá necessidade de atualização. Para isto, na própria carta, virá o valor da variação média anual que deverá ser somado ou subtraído da DMG impressa nesta carta

SOBRE A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA.

Podem existir diferentes Declinações que são chamadas :

Linhas Isogônicas: são linhas que unem pontos de mesma DMG.

Linhas Agônicas: são linhas que unem pontos com DMG zero.(onde o norte verdadeiro e magnético estão alinhados)

Linhas Isoclínicas: são linhas que unem pontos de mesma inclinação magnética.

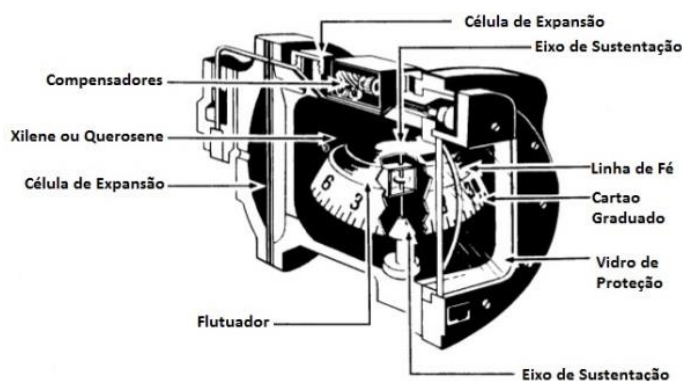
Linhas Isopóricas: são linhas que unem pontos de mesma variação de DMG. Não virão representadas nas cartas de navegação em virtude de só interessarem a quem executa serviços de atualização das cartas aeronáuticas. Na prática não consideramos estas linhas para atualizar uma carta pois ela tem inserida uma variação média anual.

BÚSSOLA MAGNÉTICA:

É o instrumento de navegação mais utilizado. Com ela obtemos a direção do NM. Pode sofrer influência de forças magnéticas (da aeronave ou exteriores), que causam o Desvio Bússola (DB). O DB pode ser entendido também como sendo a diferença entre o NM e o NB.



OBS: Para tentar diminuir as influências magnéticas próximas às bússolas (motor, magnetos, etc.) são instalados nas bússolas compensadores magnéticos. Envolta com líquido chamado Xileno ou Querosene.





OS SEGUINTE ELEMENTOS COMPORÃO O PÉ DE GALINHA:

- Norte Verdadeiro (NV)
- Norte Magnético (NM)
- Norte Bússola (NB)
- Rumo Verdadeiro (RV)
- Proa Verdadeira (PV)
- Rumo Magnético (RM)
- Proa Magnética (PM)
- Proa Bússola (PB)
- Deriva (DR)
- Ângulo de Correção de Deriva (ACD)
- Declinação Magnética (DMG)

LEMBRANDO ALGUNS DESTES ELEMENTOS:

Qual é a diferença do Norte Verdadeiro Para o Norte Magnético? Seria a nossa Declinação Magnética (DMG). A DMG pode ser (+) se for W e (-) se for E.

Qual é a diferença do Norte Magnético Para o Norte Bússola? Seria o nosso cartão de desvio, lembrando que cada aeronave recebe uma influência externa e interna gerando uma alteração entre o norte magnético e o norte Bússola.

Rumo Verdadeiro: é o valor angular OBTIDO do NV, no sentido horário até o RUMO desejado.

Rumo Magnético: é o valor angular OBTIDO do NM, no sentido horário até o RUMO desejado.

Proa Verdadeira: é o ângulo formado do Norte Verdadeiro até a proa da aeronave, medido no sentido horário (NESO).

Proa Magnético: é o ângulo formado do Norte Magnético até a proa da aeronave, medido no sentido horário (NESO).

Proa Bússola: é o valor angular existente a partir do Norte Bússola, no sentido horário ou NESO até o eixo longitudinal da aeronave.

Diferença entre RUMO E PROA: Bom à atmosfera terrestre nem sempre é estável, o que mais nos interfere em nossas rotas seria a diferença de pressão entre localidades, essa diferença causa o nosso vento que pode ou não interferir na nossa proa. O Que causa uma mudança da proa para o rumo ou vice e versa.

Pé de Galinha

Consiste no método utilizado pelo navegador para determinar direções de proa e rumo, sejam eles verdadeiros ou magnéticos baseados nas peculiaridades de cada caso (desvio bússola, declinação magnética, deriva etc.).

Existem três métodos de realizarmos nossos cálculos, que veremos a seguir então escolha aquele que facilitara e dará mais segurança para você, os métodos são:

-Através do desenho (utilizado como semelhança a rosa dos ventos)

Fórmulas

Podemos utilizar as seguintes fórmulas:

$$RM = RV \pm DMG$$

$$PM = PV \pm DMG$$

$$PB = PM \pm DB$$

$$DR = RUMO - PROA$$

$$ACD = PROA - RUMO$$

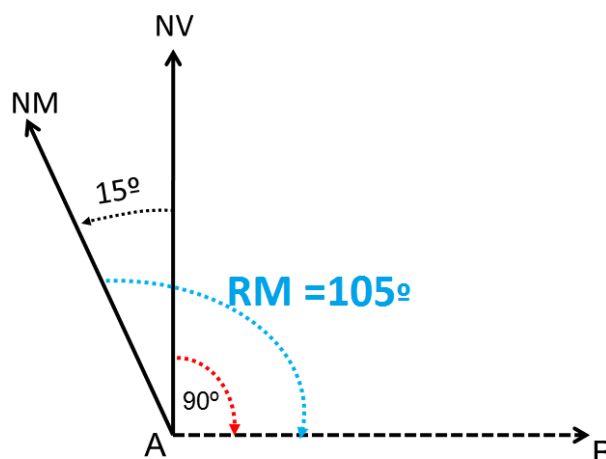
Tabela

Método do Desenho:

Os exemplos a seguir demonstram a o desenvolvimento de um problema, que poderia ser realizado de qualquer das três formas, porém escolhemos o método de desenhar, para desenvolver esta questão. Semelhante com a Rosa dos Ventos já vista anteriormente. Começaremos com um exemplo mais simples e após um mais complexo.

Exemplo 1:

Num voo de A para B, onde o valor do RV obtido foi de 090° e a DMG é $15^\circ W$, qual seria o RM?





Método da Fórmula:

Se quisesse resolver através das formulas utilizaríamos

$$RM = RV \pm DMG$$

$$RM = 090 + 15$$

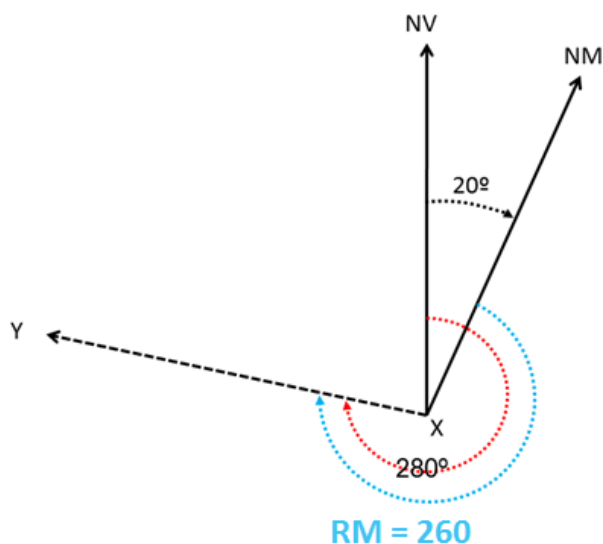
$$RM = 105$$

OBS: Como a DMG é W como com o RUMO VERDADEIRO.

Mas se a minha DMG for E? Veremos a seguir um exemplo caso a DMG fosse E:

Exemplo 2 :

O RV de X a Y é 280º e a DMG é 20ºE. Qual o RM?



Pela fórmula utilizaríamos:

$$RM = RV \pm DMG$$

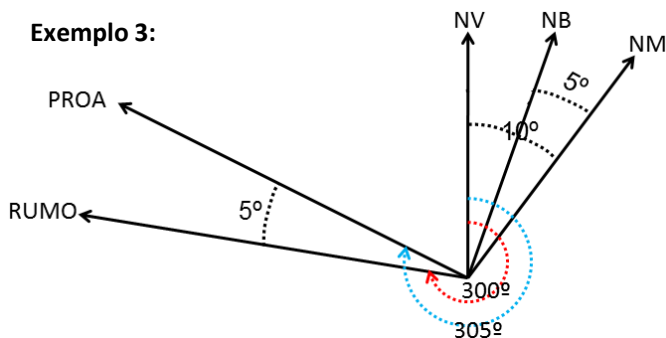
$$RM = 280^\circ - 20^\circ$$

$$RM = 260^\circ$$

OBS: Como a DMG é E basta subtrair do RUMO VERDADEIRO.

Veremos agora um exemplo mais complexo abrangendo além dos Rumos, Proas, Deriva e Correção de Deriva.

Exemplo 3:



Se optássemos por utilizar as fórmulas, Utilizaríamos:

$$\begin{aligned} RM &= RV \pm DMG \\ RM &= 300 - 10E \\ RM &= 290 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PB &= PM \pm DB \\ PB &= 295 + 5W \\ PB &= 300 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PM &= PV \pm Dmg \\ PM &= 305 - 10E \\ PM &= 295 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DR &= RV - PV \\ DR &= 300 - 305 \\ DR &= -5 \text{ ou } 5^\circ \text{ à esquerda} \end{aligned}$$

$$CD = +5 \text{ ou } 5^\circ \text{ à direita}$$

Método da Tabela:

Utilizando esta tabela conseguimos resolver todos os problemas de forma rápida, basta memorizar a montagem correta da tabela.

		W- E+				
A C D	RV	DMG	RM	DB	RB	D R
	PV		PM		PB	
		W+ E-				

Obs. : Na flecha acima da tabela os Valores de W ficará menos (-) e quando E ficará positivo(+).

Basta substituir o valor corresponde de cara Rumo ou proa para se obter a resposta correta:

Ex: Sabendo que a PV= 100 ° , DMG= 10 ° E, DERIVA= -5°

Pede-se : RM e PM

		W- E+				
A C D	RV	10 E	85	DB	RB	D R
	100		90		PB	
		W+ E-				



ESTUDOS DO TEMPO

Todas as vezes que nos referimos a tempo, imediatamente nos vem o ato contínuo de olhar o relógio, pois é um instrumento destinado a “medir” o tempo. O navegador necessitará constantemente deste instrumento e precisamos, portanto, conhecer particularidades deste instrumento. Para isto, estudaremos os movimentos relativos que a terra executa em torno do Sol, pois o tempo está relacionado a eles. Sabemos que a terra executa um movimento de rotação em torno do seu eixo polar, fazendo com que aparentemente o Sol ocupe posições diferentes no céu durante o dia.

Para entendermos melhor os fusos horários, vamos considerar para nossos estudos o movimento aparente do sol, ou seja, é o movimento que percebemos do Sol em torno da Terra durante o dia. Ou seja, o movimento que a Terra faz de rotação de oeste para leste, resulta no movimento aparente do sol, de leste para oeste. Isso faz com que a Terra tenha diferentes incidências solares durante o dia.

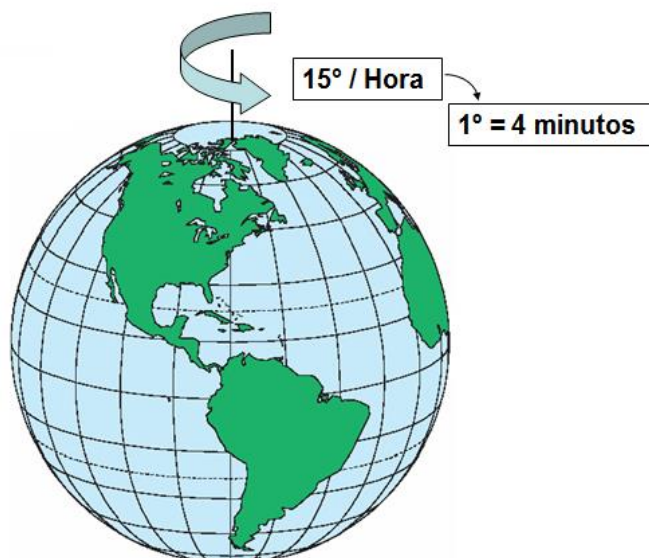
Este é pelo menos, o movimento aparente que percebemos. Além disso, temos a noção de que o horário marcado no relógio esta relacionado a posição que o SOL ocupa em relação ao meridianos que estamos.

Logo, como a Terra deve efetuar uma volta completa durante 24 horas, é o mesmo que dizer que a Terra “girará” 360° em 24 horas, resultando no quadro abaixo, que relaciona longitude e tempo:

Arco	Tempo
360	1 dia (24h)
15°	1 hora
1°	4 minutos
$15'$	1 minuto
$15''$	1 segundo

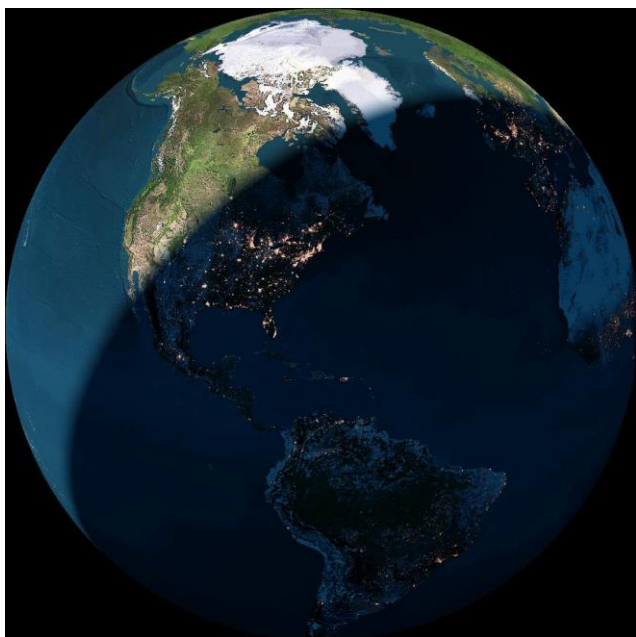
Obs.: importante memorizar esta tabela.

Se a terra executa um movimento de rotação de 360° em 24 horas, podemos concluir que, a cada hora, o movimento executado é de 15° .



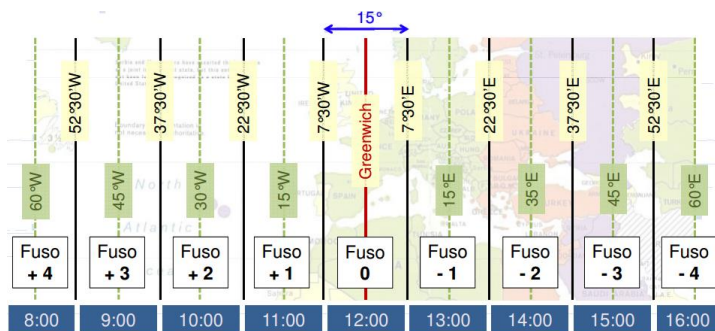


Na imagem a seguir podemos perceber o efeito do Sol.



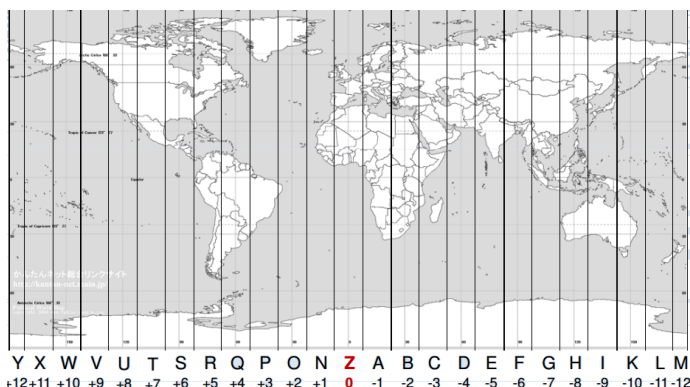
Note que o hemisfério Oeste do planeta devido a rotação da Terra é dia, enquanto o hemisfério Leste já se iniciou a noite.

Pode-se dividir o planeta em 24 faixas de fusos, sendo que a faixa central é onde se encontra o meridiano de Greenwich. Cada faixa possui 15 graus de longitude, sendo que esta faixa se estende a $7^{\circ}30'$ da faixa central para E e W do meridiano de referência ou central, como mostra a figura abaixo.



Já no meridiano 180, também existe uma divisão de $7^{\circ}30'$, aonde este localizado a linha internacional de data.

Cada faixa do fuso horário é nomeada por uma letra do alfabeto. A faixa da linha de Greenwich é identificada pela letra "Z", fusos a Leste recebem as letras a partir de "A" até "M" (excluindo o J) e fusos a oeste recebem as letras a partir de "N" até "Y", como mostra a figura abaixo:



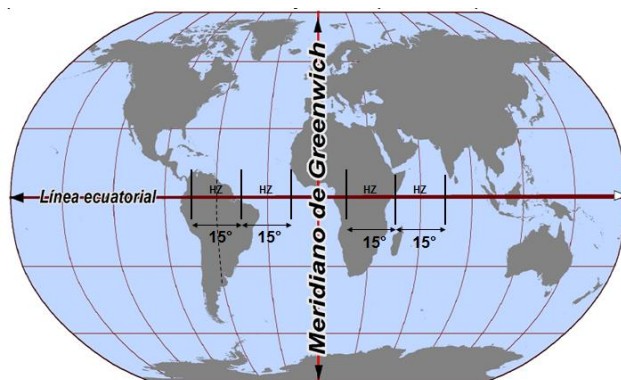
Existem diferentes tipos de horários, que vamos estudar a seguir.

HORA UNIVERSAL COORDENADA (UTC):

É a hora no Meridiano de Greenwich, válida para qualquer ponto na superfície terrestre e internacionalmente utilizada como padrão na aviação. Também conhecida como horário zulu. Alguns chamam também de GMT (Greenwich Meridian Time). Hora utilizada nos planos de voo, Diários de Bordo, etc.

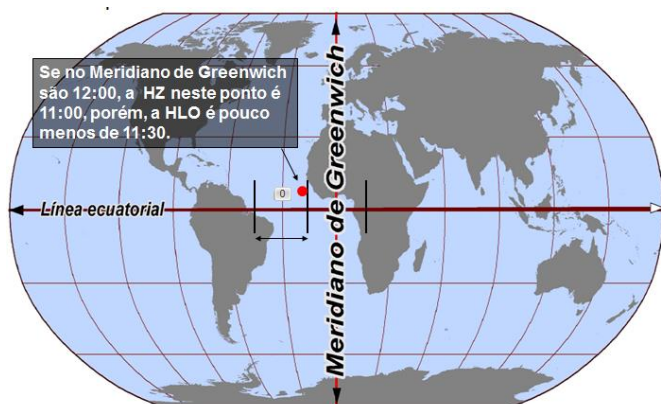
HORA DA ZONA (HZ):

Computada no meridiano central de uma determinada zona, que possui uma faixa de 15° , ou seja, $7^{\circ}30'$ para E ou para W.



HORA LOCAL (HLO):

É o horário no meridiano em que se encontra o observador, ou seja, a hora exatamente considerada na longitude do observador. Horário do nascer e por do sol.



HORA LEGAL:

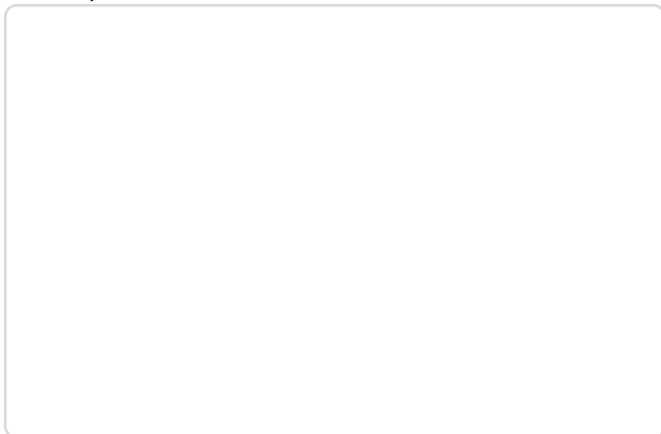
É o horário estabelecida pelas leis do estado. Isso significa que dentro de uma mesma faixa de fuso (15º) são adotados uma mesma faixa de horários.

*Fusos Horários no Brasil: Desde 2013, o Brasil adota 3 fusos horários:

- ✓ Fuso O (+2) - Arquipélago de Fernando de Noronha e Ilha de Trindade
- ✓ Fuso P (+3) - Todo o litoral até os limites a oeste do estado do Amapá, estado do Pará, estado do Tocantins, estado de Goiás, estado de São Paulo e Região Sul.
- ✓ Fuso Q (+4) - Do fuso anterior até os limites a Oeste com países da América do Sul.
- ✓ Fuso R (+5) - Abrange somente o estado do Acre e uma pequena parte oeste do Amazonas. Esse fuso foi extinto no ano de 2008, onde a área passou a integrar o fuso de -4, no entanto, em setembro de 2013, esta extinção foi revogada.

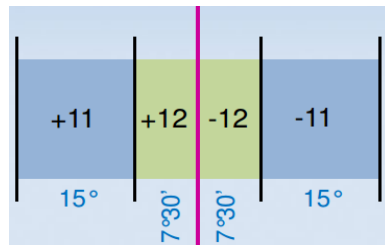
As faixas de 15º são muitas vezes modificadas, como você pode observar no desenho abaixo, em função do horário legal adotado pelos países.

Desenhe a quantidade de fusos horários que nosso País possui atualmente:



MUDANÇA DE DATA:

A Linha Internacional de Mudança de Data (Datum Line) é o marco imaginário que indica onde um dia acaba e onde começa o seguinte. Corresponde aproximadamente ao antemeridiano de Greenwich, situado a 180 graus do meridiano inicial. O horário na faixa de fuso em que a linha está situada é o mesmo, tanto de um lado como do outro da linha. No entanto, a parte leste da LID tem um dia a menos em relação à parte Oeste.



Toda a embarcação que cruza a LID no sentido leste-oeste chega um dia atrasado (por exemplo, da tarde de sábado passa à tarde de domingo). Já uma embarcação que cruza no sentido Oeste-Leste chega um dia adiantado (pois da manhã de Domingo, por exemplo, passa para a manhã de Sábado).



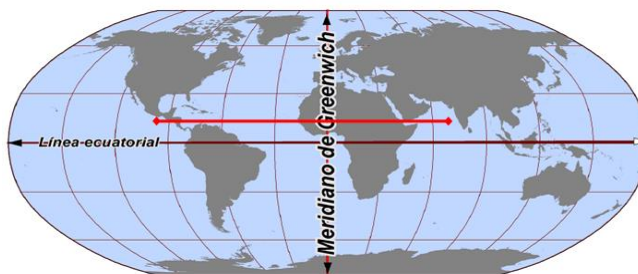


Exercícios envolvendo Horas Legais /Locais
Obs: utilizem como auxilio a tabela

Arco	Tempo
360	1 dia (24h)
15°	1 hora
1°	4 minutos
15'	1 minuto
15"	1 segundo

Cálculos de HLO / HLE:

Ex.1) Na longitude 060°E a hora local (HLO) é 18:30, portanto qual será a HLO na longitude 075 30°W?

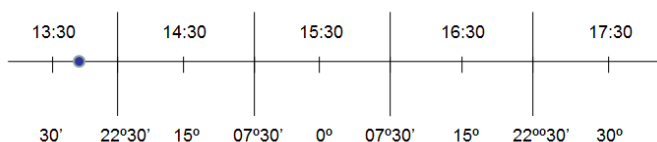


Nesse caso devemos dividir a DLO por 15. O resultado é a diferença horária, e o resto deve ser convertido em minutos (de tempo).

DLO = 135° 30', dividindo por 15 = 9h e sobram 30', ou seja, 2 min de tempo. Como as horas aumentam para leste, para acharmos o horário do ponto a oeste, diminuimos essas 9 horas e 2 minutos.

Ex.2) Em um lugar de longitude **25° W** são **13:30 HLE**. Consequentemente a hora **UTC** é:

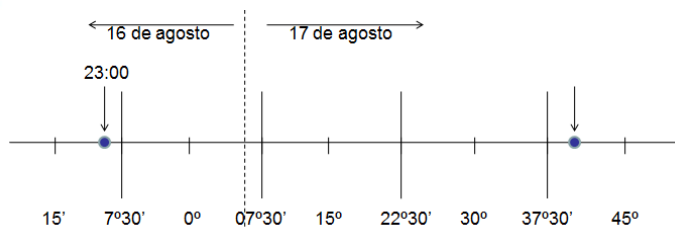
Nesse caso, devemos dividir a longitude por **15**, o resultado também corresponde ao número de horas. Se o resto da divisão for maior do que **7°30'**, devemos adicionar mais **1 hora**.



Dividindo 25° por 15, temos 1 hora e resto de 10°. Como esse resto é maior do que 7°30', acrescentamos 1 hora ao resultado, ou seja, a diferença horária é de 2 horas. O ponto considerado está a W, então tem 2 horas a menos.

Cálculo de Mudança de Data

Ex.3) Quando a hora local (HLO) na posição 46° 00'N – 008° 30'W é 23:00 do dia 16 de agosto, qual será a HLO na posição 46°00'N – 39°30'E?



Nesse caso devemos dividir a DLO por 15. O resultado é a diferença horária, e o resto deve ser convertido em minutos (de tempo).

DLO = 48°, dividindo-se por 15 = 3h e resto 3°, ou seja 3h:12min.

Como o horário aumenta para leste e nesse ponto já são 23h, ao deslocarmos 15° a hora aumenta para 24h e a data também muda. Daí pra frente já estamos no dia 17 de agosto.

Então no ponto considerado são 02h 12min do dia 17.





INSTRUMENTOS DA AERONAVE

Termômetro: Um dos elementos fundamentais de cálculos de navegação é a temperatura do ar externo à aeronave. Não é possível estudar velocidades ou altitudes sem que tenhamos este fator. Existem diferentes tipos de termômetros usados em aviação sendo o mais difundido o bi metálico. São constituídos de dois metais, soldados juntos em espiral, e de diferentes coeficientes de dilatação. Quando o elemento é aquecido, a diferença entre os coeficientes de dilatação provoca um enrolamento da espiral que, por intermédio de um sistema de relojoaria, desloca um ponteiro que indica a temperatura. Este instrumento é montado de tal forma que uma extremidade sensível projeta para fora da fuselagem capte a quantidade de calor do ar exterior. Esta parte exposta, normalmente é coberta por uma blindagem especial que tem finalidade de diminuir a radiação direta do Sol e assim minimizar os erros. Temperaturas entre -70 graus e + 50 graus Celsius poderão ser obtidas.

Exemplo de um termômetro:



Quando uma aeronave se desloca dentro de uma massa de ar, o choque de partículas com a haste provoca um aquecimento devido ao atrito, com consequente erro de indicação. Este, no entanto, considerando aeronaves desenvolvendo pequenas velocidades pode ser desprezado.

É sabido que a temperatura para efeito prático diminui com o aumento da altitude numa razão de 2 Graus Celsius a cada 1000ft (300mt) Em algumas situações, onde os valores de temperatura não são fornecidos, utilizaremos esta proporção para estimar valores.

Por exemplo:

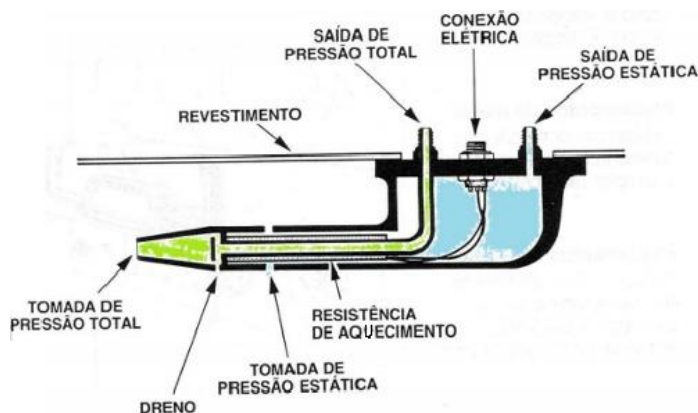
Uma aeronave subindo para 4000ft cuja temperatura no solo é de 10 graus Celsius, encontrará a temperatura de? Se a cada 1000ft perco 2 graus a aeronave terá 8 graus de diferença entre o solo, então será 2 graus Celsius a resposta.

Em algumas situações a temperatura em aviação vem referenciada à atmosfera Padrão da OACI (atmosfera em que cada altitude possui um valor determinado) A este valor chamamos de Condição ISA (ICAO Standard Atmosphere = Atmosfera padrão da Organização de Aviação Civil Internacional). Nestas condições, a temperatura no MSL será de 15 graus Celsius. A cada 1000ft que subirmos perderá 2 graus Celsius.

Sistema de Pitot Estático

O Sistema de Pitot Estático compreende o tubo de Pitot e as linhas de pressão.” e a fonte de tomada de pressões para operação dos seguintes instrumentos: Altímetro, Velocímetro e indicador de subida e descida. A localização do tubo de pitot varia com a aeronave mas, basicamente, é instalado onde possa receber o impacto direto do ar, paralelo a linha de vento relativo e em área de turbulência mínima.

Os dois tipos de pressões captadas pelo tubo de Pitot são: Pressão estática (orifício perpendicular a o vento relativo) e pressão de Impacto ou dinâmica (orifício voltado para a direção de deslocamento da aeronave).





O Instrumento de bordo destinado a fornecer medidas de altitude da aeronave é o altímetro. Antes de estudarmos o instrumento, passemos a definir algumas altitudes:

Altitude Pressão: Altitude lida no altímetro, referida ao nível de pressão padrão de 1013.2 HPA ou 29.92 Polegadas de Mercúrio. Quando inserida no equipamentos, este informa o Nível de Voo voado pela aeronave. Definida como altitude sem correção ou Altitude QNE.

Altitude Indicada: Altitude obtida quando o altímetro tem como referencia de ajuste a pressão do local sobrevoado, reduzida ao Nível Médio do Mar. Definada também como Altitude Pressão corrigida para os erros de pressão ou Altitude QNH.

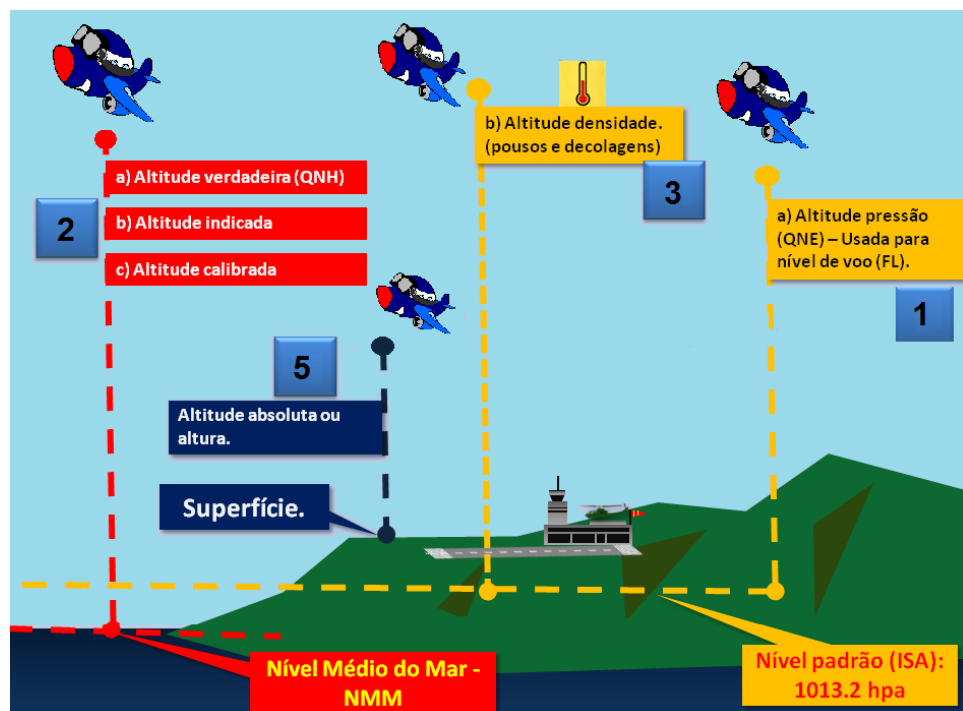
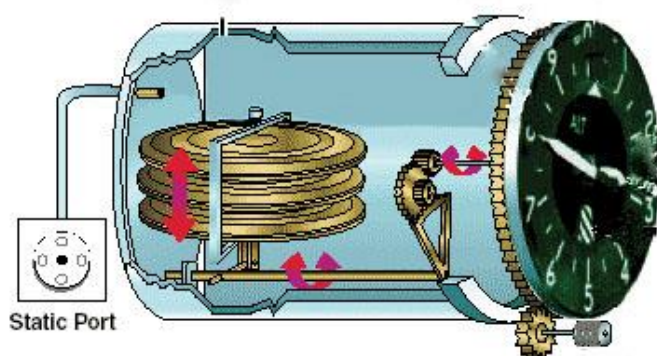
Altitude Densidade: Altitude pressão corrigida para os erros de temperatura e pode ser calculado no Computador de Voo seu valor aproximado.

Altitude Verdadeira: Altitude Pressão corrigida para os erros de pressão e temperatura e pode ser calculada no computador de voo.

Altitude Absoluta ou Altura: distância vertical de uma aeronave em relação ao terreno sobrevoado, ajuste QFE.

Altitude Calibrada: Corrigida para erros de instrumentos.

O Altímetro de bordo compõe-se basicamente de uma capsula aneroide que se expande ou contrai de conformidade com a pressão nela exercida. Esta pressão que age sobre a capsula é a pressão atmosférica captada no tubo de Pitot. Como à medida que subirmos tem-se pressões cada vez menores, a capsula expande-se e movimenta um ponteiro que registra, em uma escala de altitudes, a variação de pressões. Abaixo, na figura temos a representação esquemática do funcionamento do altímetro.



Obs.:
Para efeito prático podemos considerar que:
- A pressão diminui de 1 hectoPascal (HPA) a cada 30ft que subimos.
- A temperatura decresce 2 graus Celsius a cada 1000ft que subimos.



A pressão , a partir da qual se esta medindo , pode ser inserida no equipamento através de um botão seletor. A pressão ou ajuste inserido aparece numa janela batizada de Janela Kolsmann. Temos assim os seguintes ajustes:

1. Ajuste QNE: Quando a pressão inserida é 1013,2 hpa ou 29.92 pol. Mercúrio, o ajuste é chamado de padrão. A altitude sempre será expressa em Nível de Voo. É utilizado para voos em rota.
2. Ajuste QNH: é aquela em que a pressão a ser inserida é informada por algum órgão de Serviço de Tráfego Aéreo. É a que ocorre num aeródromo, reduzida ao nível médio do mar. Indica a elevação do aeródromo quando a aeronave está em solo.

Altitude de Transição: mudança de QNH para QNE. Quando não publicado, o padrão é realizar a troca ao cruzar 3000ft de altura em relação ao aeródromo.

Nível de Transição: O Transition Level, do português Nível de Transição, é o contrário da TA, é o ajuste em voo, do QNE para o QNH, ou seja, do ajuste padrão de altímetro para o ajuste de QNH do aeroporto de destino. A sabermos a TRL do aeródromo, precisamos fazer uma "pequena conta"

-Quando o ajuste de altímetro do aeródromo estiver 1014hpa para cima, somamos 500'.

-Quando o ajuste de altímetro do aeródromo estiver 1013hpa para baixo, somamos 1000'

Ou seja, se a TA de SBPA é 4000', se tivermos um ajuste de 1014hpa para cima, teremos uma TRL no FL045, e caso estiver 1013hpa para baixo, a TRL será no FL050.





INDICADOR DE SUBIDA E DESCIDA

Tem como objetivo medir a tendência da aeronave subir ou descer em quantidade de pés por minuto, também conhecido como CLIMB. Trabalha exclusivamente com a pressão estática obtida pelo Pitot, porem possui uma capsula aneroide que varia de acordo com a pressão.



VELOCÍMETRO

O velocímetro dos aviões mede a velocidade relativa do ar externo. O velocímetro do avião se difere dos demais, pois funciona com pressões sendo elas estática e total (está capta a pressão estática e dinâmica) sendo captadas por entradas independentes. As duas pressões estáticas se cancelam dentro do instrumento, restando somente a dinâmica que é indicada na cabine de comando para o piloto.



VELOCIDADES

VI - Velocidade Indicada (IAS)

A Velocidade Indicada (VI) é a velocidade que lemos diretamente no velocímetro, sem correções de erros. É utilizada nos manuais de performance da aeronave, informando velocidades de decolagem, aproximação, pouso, Stoll, limites estruturais e etc., além de ser passada aos controladores de tráfego aéreo, quando estes solicitarem informação de velocidade do avião em voo;

VS – Velocidade no solo (GS)

É a velocidade da sombra da aeronave no solo. Varia com o vento.

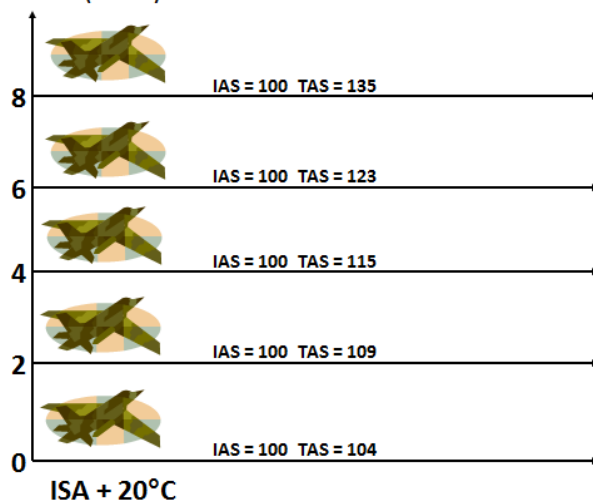
VA - Velocidade Aerodinâmica (TAS)

É a velocidade em relação ao ar. Também conhecida como Velocidade Verdadeira. Utilizada nos cálculos de navegação. Quanto mais quente for a temperatura da atmosfera esta apresentará uma densidade menor e a aeronave voará mais rápido pois teremos menos resistência ao avanço. Por outro lado, à medida que o ar atmosférico fica mais frio, a densidade aumenta oferecendo assim maior resistência ao avanço da aeronave e, portanto, menor velocidade.

A VA NÃO se altera com o vento. Se altera com a temperatura e pressão.

Gráfico TAS x IAS

Altitude Pressão (1.000 ft)





OUTRAS VELOCIDADES:

Velocidade Calibrada (VAS): é a VI calibrada para erros de instrumento.

Velocidade a nunca exceder (VNE): é a velocidade limite. Sua ultrapassagem causa o estol de pá (nos helicópteros).

Número de MACH: relação entre a velocidade do som e a VA de um objeto. Varia com a temperatura.

Velocidade de máximo alcance: é a velocidade que permite voar a maior distância com certa quantidade de combustível.

Velocidade de máxima autonomia: é a velocidade que permite voar por mais tempo com certa quantidade de combustível.

Transformações de unidades:

1 NM = 1,852 Km

1 ST = 1,609 km

1 kg = 2,2 libras

1 libra = 0,45 kg

1 metro = 3,28 pés





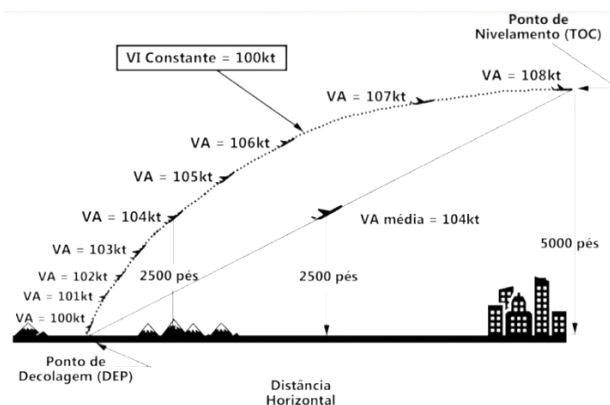
PERFIL DE SUBIDA

Logo após a decolagem de uma aeronave de um aeródromo, sabemos que a mesma executa uma subida para o nível de cruzeiro. Durante esta subida, ela percorre uma certa distância em relação ao aeródromo de partida e também gasta um determinado tempo de voo, elementos estes que o piloto necessita calcular no seu planejamento. Este regime de voo é conhecido como perfil de subida, que veremos a seguir.

Cálculos:

O perfil de subida pelo método das médias supõe que uma aeronave, durante a subida, mantenha uma razão de subida constante (quantidade de distancia vertical de subida vencida por minuto), e uma velocidade Indicada (VI) também constante.

A razão de subida será lida no CLIMB, visto na aula anterior. A velocidade indicada, lida no velocímetro, normalmente expressa em KNOTS. Deve-se observar, no entanto, que uma aeronave mantendo a VI constante a medida que irá subindo ganhará velocidade Aerodinâmica, avançando assim distancias horizontais maiores a medida que irá subindo.



Colocando isto num gráfico, verificamos que o perfil de subida real, e o perfil de subida teórico, atingem o mesmo ponto de nivelamento, TOC (TOP OF CLIMB). Este ponto está a uma certa distancia vertical e horizontal no gráfico, em relação ao ponto de partida.

A conclusão é que, se precisarmos calcular a distância vencida na horizontal, podemos usar a VA média como referencia, em vez de utilizar diversas VAs como no perfil real.

Separei um exemplo para aprendermos a calcular de maneira fácil um perfil de subida.

Exemplo 1

Velocidade Indicada de Subida	90KT
Elevacao do Aerodromo	MSL
Temperatura no Aeródromo	20°C
Razão de Subida	500ft/min
Nível de cruzeiro	FL050
Consumo de combustível	42LT/h

Preencha conforme a aula:

PEDE-SE

1) Quantidade de subida(QS): Distancia vertical que a aeronave terá que vencer contada a partir do ponto de decolagem(DEP) ate o FL de cruzeiro:

$QS = FL \text{ DE CRUZEIRO} - \text{ELEVACAO DO AERODROMO.}$

$QS = 5000 - 0$

$QS = 5000$

2) Tempo de Subida= tempo gasto da Decolagem ao TOC (Top of Climb)

$TS = QS \div R/S(\text{RAZAO DE SUBIDA})$

$TS = 5000 \div 500$

$TS = 10 \text{ MIN}$

3) Altitude media de subida:

$AMS = (FL + \text{ELEV}) \div 2$

$AMS = (5000 + 0) \div 2$

$AMS = 2500 \text{ FT}$

4) Temperatura media de Subida (TMS) =

$TMS = (\text{TEMPERATURA DO AERODROMO} + \text{TEMPERATURA NO FL}) \div 2$

$TMS = (20 + 10) \div 2$

$TMS = 15 \text{ c}$



5) Velocidade Aerodinâmica media de Subida :

VI de subida: 90 kt

Altitude media de subida: 2500

A CADA 1000ft GANHA-SE 2% DA VI: então ganhara
 5 % = 90 + 5% = 94,5 kt = 94 kt

6) Distancias prevista para alcançar o TOC: a distancia real percorrida no solo 'e calculada através da VS, porem para planejamento utilizamos a VAMS para estimativa de distancia a ser percorrida.

$$\frac{94 \text{ NM}}{60 \text{ min}} = \frac{X \text{ NM}}{10 \text{ min}} \rightarrow \text{Dist} = 16 \text{ NM}$$

7) Combustível utilizado na subida

Leva em consideração o tempo de subida e a quantidade de consumo por hora =

Se a aeronave consome 42 litros por hora, em 10 min consumira = **7 litros**.

Exemplo 2

Dados:

Hora da Decolagem	-----1430z
Elevação do AD	-----1500ft
Temperatura no Aeródromo	-----10°C
VI nas subidas	-----105 kt
Razão de Subida	-----640ft/min
Nível de Cruzeiro	-----FL 085
Consumo nas subidas	-----10,9 gl/h

Preencha conforme a aula:

- 1) Tempo de subida:
- 2) Altitude media de subida
- 3) Temperatura media de subida
- 4) VA media de subida
- 5) Consumo
- 6) Hora que atingira o TOC

Somente o Item 6 que seria o horário que atingiremos o TOC, é novidade, levamos em consideração o horário de nossa decolagem e o tempo de subida que foi de 11 min. 14:30z + 11 min= atingiremos o **TOC 11:41z**

Pede-se:

1) TS

$$\text{TS} \begin{cases} \text{QS} = 7000 \text{ pés} \\ \text{RS} = 640 \text{ pés/min} \end{cases}$$

$$\frac{640 \text{ pés}}{1 \text{ min}} = \frac{7000 \text{ pés}}{X \text{ min}} \quad \text{TS} = 11 \text{ min}$$

2) AMS

$$\text{AMS} = (\text{Elev} + \text{FL}) : 2$$

$$\text{AMS} = (1500 \text{ pés} + 8500 \text{ pés}) : 2$$

$$\text{AMS} = 5000 \text{ pés}$$

3) TMS

$$\text{TMS} = (\text{TAD} + \text{TFL}) : 2$$

$$\text{TMS} = (10^\circ\text{C} + [-4^\circ\text{C}]) : 2$$

$$\text{TMS} = 3^\circ\text{C}$$

4) VAMS

$$\text{VAMS} \begin{cases} \text{VIS} = 105 \text{ kt} \\ \text{AMS} = 5000 \text{ pés} \\ \text{TMS} = 3^\circ\text{C} \end{cases}$$

$$\text{VAMS} = 113 \text{ kt}$$

5) DS

$$\text{DS} \begin{cases} \text{TS} = 11 \text{ min} \\ \text{VS na subida} = 113 \text{ kt} \end{cases}$$

Obs: como o vento é desconhecido, supor inicialmente VS = VA, portanto, VS de subida = VAMS

$$\frac{113 \text{ NM}}{60 \text{ min}} = \frac{X \text{ NM}}{11 \text{ min}} \quad \text{DS} = 21 \text{ NM}$$

6) CG

$$\text{CG} \begin{cases} \text{TS} = 11 \text{ min} \\ \text{CH} = 10,9 \text{ galões/h} \end{cases}$$

$$\frac{10,9 \text{ galões}}{60 \text{ min}} = \frac{X \text{ galões}}{11 \text{ min}}$$

$$\text{CG} = 2 \text{ galões}$$

7) Hora do TOC

$$\text{Hora TOC} = \text{Hora DEP} + \text{TS}$$

$$\text{Hora TOC} = 1430Z + 0011$$

$$\text{Hora TOC} = 1441Z$$

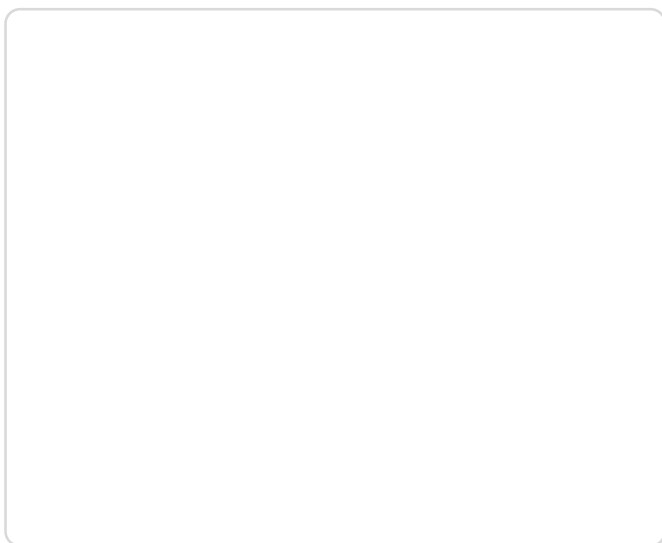


PERFIL DE DESCIDA

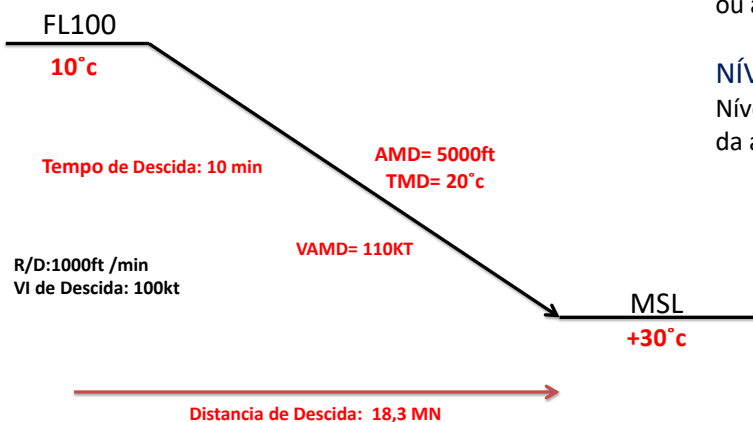
CRUZEIRO

Após o Top Off Climb(TOC) a aeronave voa no que se chama regime de cruzeiro. Uma trajetória nivelada onde o ponto onde a aeronave nivelou é a referência inicial e o ponto onde a aeronave inicia a descida (TOD) top off descending. É a referência final. Sendo assim, percebe-se que inicialmente os perfis de subida e o de descida já devem ter sido calculados, para sabermos de que ponto a que ponto consideramos regime de cruzeiro.

Conforme explicação dada em aula defina o que você estendeu por Perfil de Cruzeiro:



PERFIL DE DESCIDA



PERFIL DE DESCIDA

É na aproximação para pouso em um aeródromo que se inicia nosso perfil de descida, em virtude da mesma estar voando em regime de cruzeiro nem determinado nível, é de se aceitar que a mesma inicie uma trajetória de descida, da altitude que vinha voando para chegar ao aeródromo de destino na altitude de pouso. Esta trajetória, chamada de perfil de descida, inicia num ponto batizado de TOD(TOP OF DESCENT) , que está a uma certa distancia do aeródromo no qual se pretende pousar, e termina na pista de pouso.

Todos os cálculos do perfil de descida são idênticos ao perfil de subida: altitude média, temperatura média, velocidade aerodinâmica média de descida, tempo de descida, consumo médio de descida, etc. Tal qual acontece no perfil de subida, no perfil de descida iremos considerar que a aeronave manterá uma velocidade indicada (VI) e uma razão de descida com valores constantes. Como vemos nos exemplos abaixo

ALTITUDE DE TRANSIÇÃO

Altitude na qual ou abaixo da qual a posição vertical de uma aeronave é controlada por referência a altitudes.

NÍVEIS DE CRUZEIRO

Os níveis de cruzeiro nos quais um voo, ou parte dele, deve ser conduzido, serão referidos a: a) níveis de voo, para os voos que se efetuem em um nível igual ou superior ao nível de voo mais baixo utilizável ou, onde aplicável, para o voo que se efetue acima da altitude de transição; ou b) altitudes, para os voos que se efetuem abaixo do nível de voo mais baixo utilizável ou, onde aplicável, para os voos que se efetuem na altitude de transição ou abaixo.

NÍVEL DE TRANSIÇÃO

Nível de voo mais baixo disponível para uso, acima da altitude de transição.



REGRAS DE VOO VISUAL CRITÉRIOS GERAIS

1. Exceto quando operando como voo VFR especial, os voos VFR deverão ser conduzidos de forma que as aeronaves voem em condições de visibilidade e distância das nuvens iguais ou superiores àsquelas especificadas no quadro da Tabela 4.

2. Não obstante o estabelecido em 5.1.1 anterior, os voos VFR somente serão realizados quando simultânea e continuamente puderem cumprir as seguintes condições: a)manter referência com o solo ou água, de modo que as formações meteorológicas abaixo do nível de voo não obstruam mais da metade da área de visão do piloto; b)voar abaixo do nível de voo 150 (FL 150); e c)voar com velocidade estabelecida.

3. Exceto quando autorizado pelo órgão ATC para atender a voo VFR especial, voos VFR não poderão pousar, decolar, entrar na ATZ ou no circuito de tráfego de tal aeródromo se: a)o teto for inferior a 450m (1500 pés); ou b)a visibilidade no solo for inferior a 5km.

4. Exceto em operação de pouso e decolagem, o voo VFR não será efetuado: a)sobre cidades, povoados, lugares habitados ou sobre grupos de pessoas ao ar livre, em altura inferior a 300m (1000 pés) acima do mais alto obstáculo existente num raio de 600m em torno da aeronave; e b)em lugares não citados na alínea anterior, em altura inferior a 150m (500 pés) acima do solo ou da água.

5. Para a realização de voos VFR nos espaços aéreos Classes B, C e D as aeronaves devem dispor de meios para estabelecer comunicações em radiotelefonia com o órgão ATC apropriado.

6. É proibida a operação de aeronaves sem equipamento rádio ou com este inoperante, nos aeródromos providos de TWR e de AFIS.

7. As aeronaves em voo VFR dentro de TMA ou CTR não deverão cruzar as trajetórias dos procedimentos de saída e descida por instrumentos em altitudes conflitantes, bem como não deverão sobrevoar os auxílios à navegação sem autorização do respectivo órgão ATC. 5.1.8 Os voos VFR deverão atender ao estabelecido, no que for aplicável, sempre que: a)forem realizados nos espaços aéreos B, C, D; b)ocorrerem na zona de tráfego de aeródromo controlado; ou c)forem realizados como voos VFR especiais.

9. Quando voando nos espaços aéreos ATS classes E, F e G, os voos VFR não estão sujeitos a autorização de controle de tráfego aéreo, recebendo dos órgãos ATS tão somente os serviços de informação de voo e de alerta.

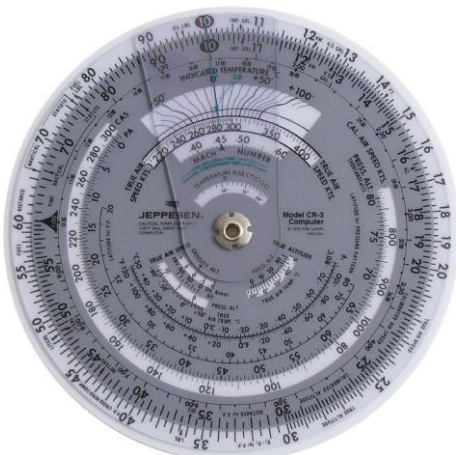




COMPUTADOR DE VOO – FACE “A”

O computador de Voo é um dispositivo básico que resolve vários cálculos de navegação. Os computadores mais conhecidos são: de régua e circular. Este tipo de dispositivo nada mais é que uma régua de engenharia adaptada para solucionar os principais problemas que iremos estudar no decorrer de nossa aula. O computador que iremos estudar devido a facilidade de uso será o computador de régua.

O computador de voo possui duas faces a face “A” e face “B”, a face A possui um círculo móvel que tem em suas extremidades uma escala graduada de 10 a 100, além de janelas com diversas finalidades. O círculo externo igualmente graduado. Abaixo duas imagem que demonstram os dois computadores citados:



Os valores expressos no computador de voo não estão com seu ponto decimal fixo, sendo necessário portanto, interpretar a posição da vírgula em qualquer resultado alcançado. Isto quer dizer que o valor encontrado de 10 por exemplo, pode ser 100, 1000, 10000 de acordo com o problema e lógica encontrada. Existem diversos cálculos que pode ser realizado no computador de voo os principais vamos estudar a seguir:

CÁLCULO DE VELOCIDADE, TEMPO, DISTÂNCIA

Ex1:

VS= 124KM/hora

Distância= 93km

Tempo=?

Solução: Ajustar o 124 sobre o 60(seta Horária) e o resultado será encontrado abaixo do 93.

Ex2:

VS =85 KT

Tempo :01 hora 31 min

Qual a Distância Percorrida ?

Solução : Ajustar o 85 sobre o 60 , acima de 91(1h31) a distância será encontrada.

Ex3:

Distância Percorrida= 170NM

Tempo Voado= 1 hora 25 min

Qual a Velocidade da Aeronave = ?

Solução :

Passo 1= Ajustar 1 hora 25 min na distância percorrida 170NM

Passo 2 = Na seta horária estará a resposta.

RAZÃO DE SUBIDA E DESCIDA

Ex1:

Razão de subida de 1000ft/min

Em 3 min-----?

Resposta: 3000 ft

Solução: Ajustar o 1 min (10 em negrito do arco de dentro) abaixo do 30(do arco de fora) abaixo do 3(do arco de dentro) estará a resposta no caso 3000ft.

Perceba que o computador de voo nada mais faz que uma regra de três simples.



CONSUMO HORÁRIO

Consumo de 64 litros / hora

30 min-----???

Solução: Ajustar a seta horária abaixo do 64, no 30 (arco de dentro) ler a resposta no arco de fora.

Estes são alguns cálculos realizados na face A. Agora vamos ver uma parte fundamental de nossa navegação, o abastecimento mínimo regulamentar para voarmos.

Regulamentação Mínima de Combustível segundo RBHA 91.

Voos Visuais: $A \rightarrow B + 30 \text{ min}$ (Voos Diurnos)

Voos Visuais: $A \rightarrow B + 45 \text{ min}$ (Voos Noturnos)

Voos Sob regras de voo instrumento: $A \rightarrow B \rightarrow C + 45 \text{ min}$

Onde :

A= corresponde ao aeródromo de partida

B=aeródromo de Destino

C= aeródromo de Alternativa

Voltando aos cálculos:

Vamos realizar agora as conversões de unidades de medida:

Milhas Náuticas (NM) e Milhas Terrestres (ST)

Solução: Ajustar 15 (face interna) abaixo da seta KM(face externa)

Ler abaixo da seta (NAUT) próximo ao 70(face externa) o valor.

Ler abaixo da seta (STAT) próximo ao 80 (face externa) o valor.

Conversão para Litros / Galões.

1 litro = 0,26 Galões Americanos

10 litros = 2,6 Galões Americanos

Ex1:

Converter 68 litros em Galões Americanos.

Solução : Ajustar a seta LITERS(próxima ao número 50 (face externa) sobre a seta US GAL(próxima ao numero 13 face interna). Resposta estará abaixo do 68 face externa.

ALTITUDE DENSIDADE

A altitude densidade tem haver com a temperatura do ar, quanto mais frio estiver mais denso estará o ar, quanto mais quente , menos denso.

Na altitude de 10.000ft a temperatura é 0 °c, qual a altitude densidade?

0 °c -----10.000ft

Solução : Utilizar a janela de cálculos da direita , Ajustar a temperatura de 0 °c coma altitude de 10.000ft, observar a resposta na janela central (altitude densidade).

ALTITUDE VERDADEIRA

Altitude Verdadeira leva em consideração a pressão temperatura. Porém precisamos de alguns dados :

- QNH
- Temperatura
- Nível desejado

Ex1:

10.000ft = 0 °c

Altitude Indicada = 9000ft

Solução: Ajustar a temperatura com a altitude pressão . Acima de altitude QNH no caso 9000ft leia a altitude verdadeira.

Velocidade Aerodinâmica

10.000ft = -20°C

VI= 100kt(arco de dentro)

VA=114 (arco de fora)

Solução: Ajustar temperatura com a altitude pressão no caso 10000ft, achando a Velocidade Indicada no arco interno (conforme a vídeo aula) , achando o resultado no arco externo.

Número de Mach

Seria a velocidade aerodinâmica comparada com a velocidade do Som, lembrando que a velocidade do som diminui de acordo com o aumento da altitude, devido a densidade do ar.

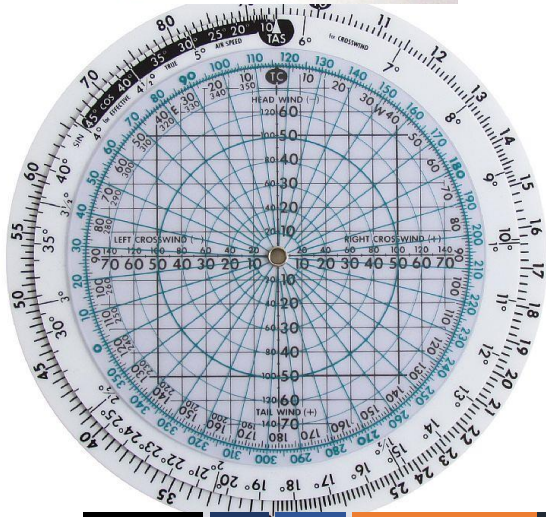
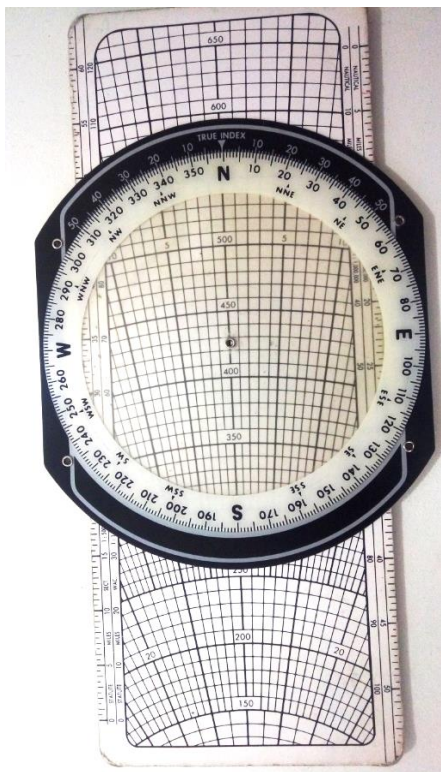
Para este cálculo utilizamos a janela da direita demos Girar até ajustar a flecha de Mach até a temperatura desejada. No arco de dentro ver o número de Mach, achando assim na face externa a velocidade Aerodinâmica.



COMPUTADOR DE VOO – FACE “B”

O computador de Voo é um dispositivo básico que resolve vários cálculos de navegação. Os computadores mais conhecidos são: de régua e circular. Este tipo de dispositivo nada mais é que uma régua de engenharia adaptada para solucionar os principais problemas que iremos estudar no decorrer de nossa aula. O computador que iremos estudar devido a facilidade de uso será o computador de régua.

Abaixo duas imagens que demonstram os dois computadores citados:



Porém estudaremos devido a facilidade somente o computador de régua.

A Face B do computador de voo também conhecida como face do vento, possibilita o piloto calcular o Rumo verdadeiro, Proa Verdadeira, Deriva, Correção de Deriva, Vento desconhecido que pode interferir durante o voo.

O computador de voo deve auxiliar o piloto para resolver de forma prática estes problemas. Então começaremos estudando alguns nomes importantes do computador de voo

True Index: Demonstra a direção, sendo ela ligada ao vento, Rumo, Proa.

Grommet: Esta associada a velocidade do Solo da aeronave ou velocidade do Vento.

Régua de Cálculo: Além de demonstrar distâncias, as linhas horizontais estão associadas a velocidade. Já as linhas verticais estão associadas a ângulos sendo de correção de deriva ou deriva, dependendo do cálculo desejado. A régua demonstrará a deriva quando se pede o Rumo desejado. E demonstrará correção de deriva quando solicitado para encontrar a proa desejada.

Lembrando que todos os cálculos de RUMO, PROA e VENTO, as direções angulares estão baseadas no NORTE VERDADEIRO. Para encontrar o magnético será necessária saber Declinação Magnética.

Então agora vamos estudar os cálculos possíveis passo a passo de como calcular estes problemas:

QUANDO SE PEDE A PV E VS:

Será necessário ter algumas informações como: direção do vento, intensidade do vento, rumo verdadeiro, e velocidade aerodinâmica, somente com estes 4 itens será possível realizar este cálculo, por exemplo:

Rumo Verdadeiro = 200°
 VA = 222 kt
 DV (direção do vento) = 340°
 VV (velocidade do vento) = 25 kt
 PV? E VS?

Passo a passo:

Passo 1: Ajustar o Grommet em uma linha de velocidade qualquer.

Passo 2: Ajustar a direção do vento abaixo do True index no caso 340° .



Passo 4: Girar a rosa dos ventos ate o Rumo Verdadeiro ficar abaixo do true index.

Passo 5: Ajustar o ponto feito ate a linha de velocidade aerodinâmica, no caso 222kt.

Quando Se pede a RV e VS:

Semelhante ao calculo acima, será necessário ter algumas informações como direção do vento , intensidade do vento, proa verdadeiro, e velocidade aerodinâmica, somente com estes 4 itens será possível realizar este calculo, a grande diferença que o ponto será plotado para baixo no computador de voo por exemplo:

Passo 1: Ajustar a direção do vento abaixo do true index.

Passo 2: ajustar Grommet abaixo de uma velocidade qualquer.

Passo 3: Ajustar a intensidade do vento para baixo do grommet.

Passo 4: Ajustar abaixo do true index a PV, no caso 030°

Passo 5: Ajustar o ponto feito na linha de velocidade aerodinâmica , no caso 400 kt.

Pede-se a Direção do Vento e Velocidade do Vento

O cálculo do vento desconhecido devido a ser um pouco mais complexo, devemos ter bastante atenção para realiza-lo de forma correta, também são necessárias algumas informações para realização deste cálculo , as informações necessárias são : RUMO VERDADEIRO, PROA VERDADEIRA, VELOCIDADE AERODINAMICA E VELOCIDADE DO SOLO. A comparação da rumo com a proa dará a correção de deriva que demonstra para aonde esta sendo necessário corrigir a proa para manter nossa rota, e a comparação da VA com VS demonstrará a intensidade que o vento está.

Exemplo:

RV= 360°

VS=120KT

PV=015°

VA=132KT

Só analisando estas informações comparando o Rumo com a Proa , percebemos que o vento esta vindo da nossa direita , lembrando que para mantermos o rumo de 360 graus esta sendo necessário manter a proa 015 graus , toda mudança para direita estamos aumentando a proa , e para esquerda estamos diminuindo.

Comparando a Velocidade do Solo com a Velocidade Aerodinâmica, percebemos que o vento esta de proa , já que a minha velocidade do solo esta menos que a velocidade aerodinâmica , se fosse ao contrário estaria de cauda , e se fossem iguais as duas velocidades ? Bom dai temos duas opções ou o vento esta com uma intensidade muito baixa (nulo) ou o vento esta bem de través do rumo seguido, o que afetará somente a proa de correção.

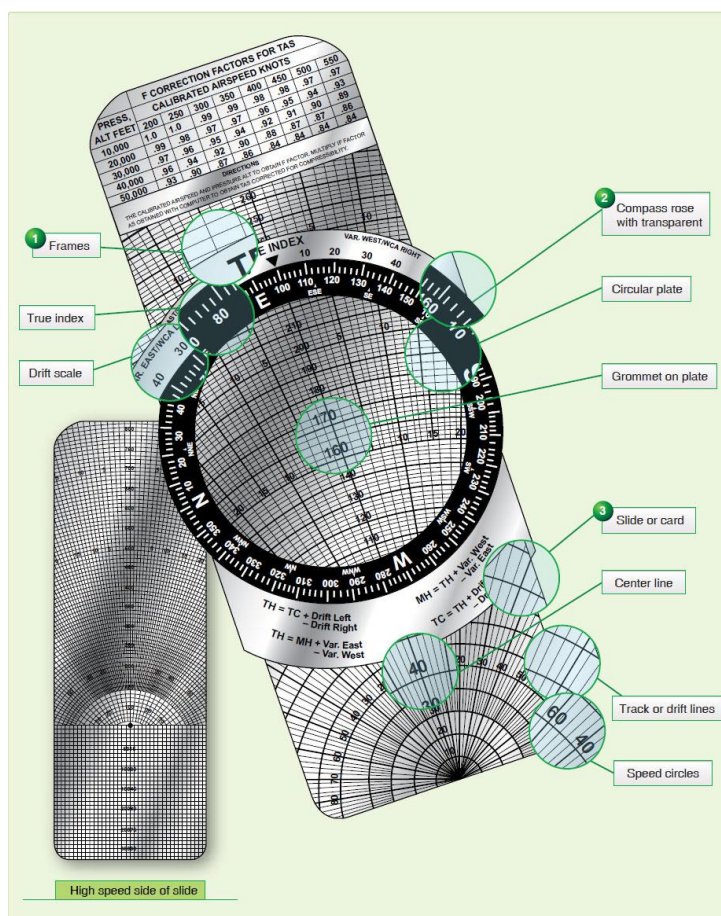
Bom seguindo o passo a passo teremos o seguinte cálculo:

Passo 1: Ajustar abaixo do True Index o RV, no caso 360°.

Passo 2: Ajustar o Grommet acima da VS= 120°.

Passo 3: Fazer um ponto na intersecção da VA com a Diferença angular entre RV e PV, neste caso a Proa esta maior que o Rumo, devemos fazer o ponto para direita.

Passo 4: Girar a rosa dos ventos ate o ponto ficar alinhado para cima no centro do Computador.





EXERCÍCIOS DE REVISÃO

- 1) O método de conduzir uma ACFT, sobre a superfície da Terra, procurando elementos de destaque para orientar sua rota, chama-se navegação:
 - a) rádio,
 - b) eletrônica,
 - c) por contato,
 - d) por estimado.
- 2) As duas componentes básicas do sistema de coordenadas geográficas são:
 - a) Meridianos e Paralelos,
 - b) Equador e Paralelos,
 - c) Equador e Meridianos,
 - d) Latitude e Longitude
- 3) Um semicírculo Máximo, limitado pelos polos, opostos ao meridiano de um observador, é chamado de:
 - a) Co-latitude
 - b) Longitude
 - c) Anti – meridiano
 - d) Anti-latitude
- 4) A latitude média entre $35^{\circ} 15' 30''$ N e $12^{\circ} 17' 40''$ N:
 - a) $23^{\circ} 46' 35''$ N
 - b) $47^{\circ} 33' 10''$ N
 - c) $23^{\circ} 46' 35''$ S
 - d) $47^{\circ} 33' 10''$ S
- 5) Uma distância de 138NM medida sobre um meridiano verdadeiro, corresponde a:
 - a) $02^{\circ} 18'$ de LAT,
 - b) $02^{\circ} 38'$ de LAT,
 - c) $02^{\circ} 18'$ de LONG,
 - d) $02^{\circ} 38'$ de LONG.
- 6) A DLO entre os meridianos 170° E e 170° W é:
 - a) 20°
 - b) 170°
 - c) 340°
 - d) 360°
- 7) O anti-meridiano de $120^{\circ} 45'$ W será:
 - a) $059^{\circ} 15'$ E
 - b) $089^{\circ} 45'$ E
 - c) $105^{\circ} 15'$ E
 - d) $120^{\circ} 45'$ E
- 8) As projeções que tem o ponto de origem das linhas de projeção no centro da Terra chamam-se:
 - a) azimutais,
 - b) gnomônicas
 - c) ortográficas,
 - d) estereográficas.
- 9) Nas cartas de navegação as linhas unindo os pontos de mesma DMG denomina-se:
 - a) Agônicas
 - b) Isogônicas
 - c) Isoclínicas
 - d) Isopóricas
- 10) As linhas traçadas nas cartas, unindo pontos de mesma inclinação magnética, chamam-se:
 - a) Agônicas
 - b) Isogônicas
 - c) Isoclínicas
 - d) Isopóricas
- 11) Numa carta de escala de 1:250.000, 3 cm representam:
 - a) 7,5 cm
 - b) 7,5 m
 - c) 75 m
 - d) 7,5 km
- 12) Rota loxodrômica é aquela que corta os meridianos em ângulos:
 - a) Iguais
 - b) Diferentes
 - c) de 0°
 - d) de 90°
- 13) A projeção que tem como característica a perfeição nas áreas projetadas chama-se:
 - a) Lambert,
 - b) Mercator,
 - c) Ortodrômica,
 - d) Loxodrômica.
- 14) A projeção que apresenta grandes distorções das áreas projetadas em altas latitudes, denomina-se:
 - a) Lambert,
 - b) Zenital,
 - c) Azimutal,
 - d) Mercator



15) A abreviatura SSW pertence ao grupo de pontos:

- a) cardeais,
- b) colaterais,
- c) sub-cardeais,
- d) sub-colaterais.

16) Dados: Dmg = 10°W , Db = 5°E , PM = 005° ,
CD = -10, pede-se: PV, PB, DR, RV e RM

Resposta: _____

17) Quando a hora local (HLO) na posição $46^{\circ}00'\text{N} - 008^{\circ}30'\text{W}$ é 23:00 do dia 16 de agosto, qual será a HLO na posição $46^{\circ}00'\text{N} - 108^{\circ}30'\text{E}$?

- a) 06:48 do dia 17 de agosto
- b) 06:48 do dia 16 de agosto
- c) 06:00 do dia 17 de agosto
- d) 06:00 do dia 15 de agosto

18) Convertendo 090° de um arco de latitude em tempo, teremos:

- a) 06:00
- b) 04:00
- c) 03:00
- d) 0900

19) Na posição $30^{\circ}00'\text{N} - 046^{\circ}30'\text{E}$ a hora local (HLO) é 03:00, portanto, qual será a hora UTC na posição $60^{\circ}00'\text{N} - 016^{\circ}15'\text{W}$?

- a) 23:54
- b) 22:49
- c) 22:54
- d) 23:00

Extra:

20) A força do campo magnético da Terra que faz uma Agulha aqlinhar-se na direção Norte /Sul chama-se:

- a) Componente Vertical
- b) Declinação Magnética
- c) Insclinação Magnética
- d) Componente Horizontal



Piloto Privado

Conhecimentos Técnicos Aeronáuticos

Instrutor

Adriano R. Alves



AERONAVES

Conceituação: Todo veículo capaz de se sustentar e navegar no ar.

Classificação: CLASSIFICAÇÃO DAS AERONAVES

Aeróstatos
Aeródinos

AERÓSTATOS

São aeronaves baseadas no Princípio de Arquimedes Vulgarmente conhecidos como “veículos mais leves que o ar”

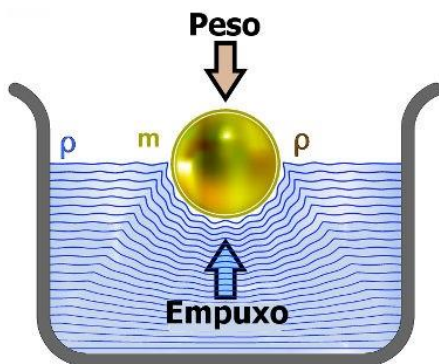
Princípio de Arquimedes

“todo corpo mergulhado em um fluido recebe um empuxo (força) para cima igual ao peso do fluido deslocado”

Parece ser estranha tal sensação, mas já percebeu que enquanto retiramos algo de dentro de um vasilhame cheio de água ou até mesmo quando estamos brincando dentro de uma piscina, temos a incrível sensação de que o que está mergulhado na água está mais leve? Por que tal fato ocorre? Será mágica?

Tal fato ocorre devido à ação de uma força vertical dirigida para cima. Essa força é denominada de **empuxo**.

Quando um objeto é mergulhado em um fluido está sujeito a duas coisas: o seu próprio peso e o empuxo



PESO DO OBJ. > DENSIDADE DO FLUIDO = Afunda
PESO DO OBJ = EMPUXO = SUBMERSO (ficar parado na posição que foi abandonado)
PESO OBJ < EMPUXO = FLUTUA (sobe e pode boiar na superfície)

TUDO ISSO ACONTECE NA HIDRODINÂMICA, COMO A AERODINÂMICA SURTIU APARTIR DA HIDRODINÂMICA VAMOS ENTENDER ISTO NA AERODINÂMICA

Conceito Importante para essa compreensão

$$D = m / v$$

D – densidade

M = massa

V = volume

Sabe-se que com o aumento da temperatura, o volume aumenta e a densidade por sua vez diminui, assim como outras modificações que ocorrem quando altera-se a pressão e a temperatura do gás. (ver aula 2 de teoria de voo)

Para aplicar isso nos aeróstatos, imagine que o ar de dentro do balão foi aquecido, isso automaticamente faz com que o volume do balão aumente, tornando a densidade no interior do nosso balão menor do que a atmosfera.

DESIDADE DO OBJ < DESIDADE DO FLUIDO = VOA
(no caso dos Aeróstatos)

ASSIM O EMPUXO SE TORNA MAIOR QUE O PESO FAZENDO COM QUE O BALÃO VOE.

Por isso que os aeróstatos são conhecidos também como “veículos mais leves que o ar”

Balões e dirigíveis são Aeróstatos

Neste veículos o empuxo é controlado pelo piloto e pode ser igual, maior ou menor que o peso. A direção do voo é controlável somente no dirigível, o qual possui lemes para esse fim.

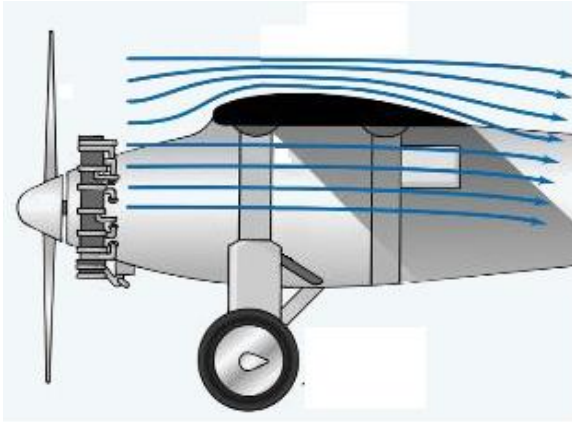
AERÓDINOS:

São aeronaves baseadas na Lei da **Ação e Reação** (3ª Lei de Newton)

Conhecidos como “veículos mais pesados que o ar”
Para toda ação (força) sobre um objeto, em resposta à interação com outro objeto, existirá uma reação (força) de mesmo valor e direção, mas com sentido oposto.

A partir desse enunciado, podemos entender que **as forças sempre atuam em pares. Nunca existirá ação sem reação.**

O avião e o planador são aeródinos de asa fixa. As asas desviam o ar para baixo criando uma reação aerodinâmica para cima, denominada sustentação.



** Esses conceitos serão abordados em mais detalhes nas aulas de teoria de voo em conjunto com a compreensão do Teorema de Bernoulli.

O helicóptero e o autogiro são aeródinos de asa rotativa. As pás do rotor giram criando sustentação da mesma forma como as asas do avião.

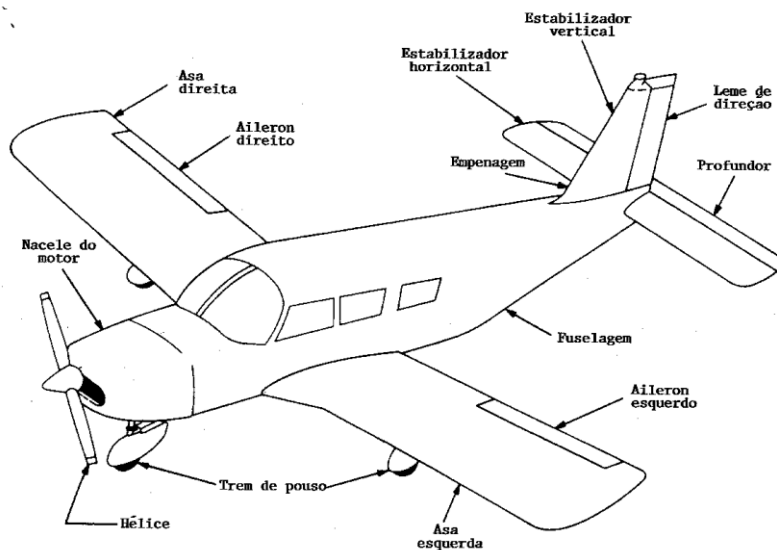
O avião e seus componentes:

Os componentes do avião podem ser divididos em três grandes grupos

Estrutura: é a carcaça ou corpo que dá forma ao avião, aloja os ocupantes e a carga, e fixa os demais componentes.

Grupo Moto-propulsor: Fornece a propulsão ou a força responsável pelo deslocamento do avião no ar

Sistemas: São conjuntos de diferentes partes destinadas a cumprir uma determinada função. Exemplos: sistema elétrico, sistema de combustível, sistema de ar condicionado, piloto automático e etc.





1. Principais Partes:

- Asas
- Fuselagem
- Empenagem
- Superfícies de controle

2. Esforços Estruturais:

O avião está sujeito a vários esforços a todos instantes, esteja em solo ou em voo e a sua estrutura precisa ser robusta e ao mesmo tempo flexível para resistir tais esforços; os principais são:

Tração
Compressão
Torção
Cisalhamento
Flexão

É importante compreender os tipos de esforços e as suas principais características.

TRAÇÃO:

- Sempre relacionada com fios, cabos, cordas que sejam sustentadas a uma determinada altura.
- Tração é sempre perpendicular a superfície.
- Provoca o alongamento e o afinamento da superfície sustentadora.
- “Ato de puxar”

COMPRESSÃO:

- Força com sentido dirigido para o interior do objeto
- Resulta redução do volume
- Provoca deformação gradativa do material
- “Ato de empurrar/ apertar”

FLEXÃO:

Quando parte do objeto ou elemento sofre uma compressão ao mesmo tempo que uma tração.

*** Flexibilidade:

Capacidade de combinar tração e compressão, ou seja, flexão, sem provocar danos.

CISALHAMENTO:

- Força aplicada em sentidos opostos, mas em direções semelhantes no material analisado.
- Efeito é como se as forças tentassem separar/partir o objeto.
- Grande potencial para provocar rachaduras.

TORÇÃO:

- Peça sofre torque e existe uma força resistente atuando cria-se o efeito da torção.

→ Efeitos na peça aparecem como deslocamento angular entre as seções da peça

ESFORÇOS EM SOLO X ESFORÇOS EM VOO

Principal esforço que a estrutura do avião sofre é a flexão nas asas da aeronave e elas precisam ter um determinado grau de flexibilidade para que possam de fato suportar esses efeitos.

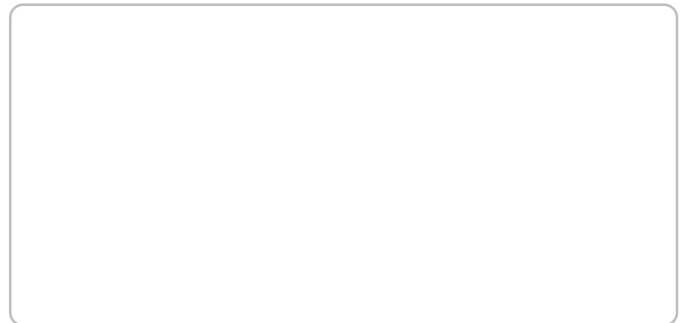
Os esforços em voo e em solo são diferentes, porque a força predominante tem sentido diferente.

→ **EM SOLO:** Predomina o peso (para baixo)

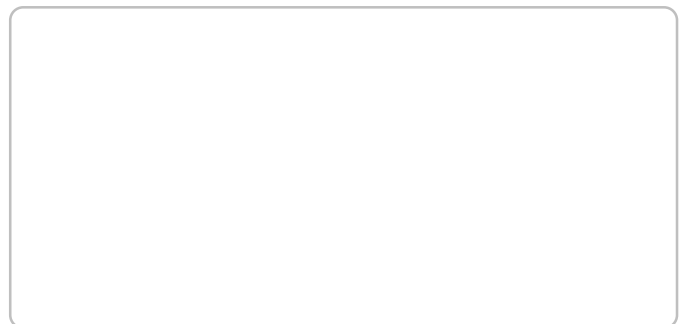
→ **EM VOO:** Predomina a sustentação (para cima)

Desenhe como ocorre em cada situação, conforme exemplificado na aula

Em solo



Em Voo



3. Materiais

Características dos materiais aeronáuticos

- Leves
- Resistentes

Os mais utilizados são liga de alumínio, embora existam aviões feitos com tubos de aço soldados e recobertos com tela. Os materiais mais modernos são plásticos reforçados com fibra de vidro, fibra de carbono ou o Kevlar.

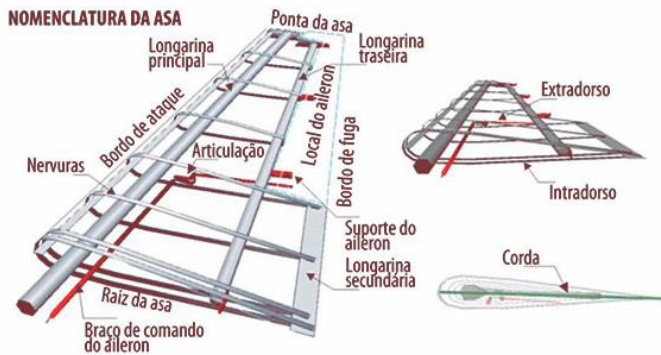




4. ASAS

Finalidade: Produzir sustentação ao voo

Aviões recobertos com tela tem uma estrutura interna composta por tubos e outros elementos estruturais que garantem a robustez da aeronave, uma vez que a tela não é resistente.



ELEMENTOS ESTRUTURAIS:

Elementos que ficam internamente na aeronave para suportar os esforços que a tela não é capaz de suportar.

Montantes, Tirantes, Suportes, Nervuras, Longarinas, Reforçadores e Revestimento

MONTANTES Ficam no meio da asa e suportam os esforços de COMPRESSÃO

TIRANTES Cabos de aço esticados na diagonal e suportam esforços de TRAÇÃO.

SUPORTES Membros estruturais que dão apoio a asa. Algumas aeronaves podem não ter esses suportes.

NERVURAS Responsáveis por prover o formato aerodinâmico (perfil da asa). Transmitem os esforços aerodinâmicos e estruturais para as longarinas. Esse elemento não é estrutural, e sim meramente aerodinâmico, ou seja, prove o formato da asa para que as reações aerodinâmicas ocorram.

LONGARINAS Principal elemento estrutural da asa. Uma espécie de vareta ou tubo interna à asa, em direção perpendicular às nervuras, com a função de dar resistência à asa e evitar que se dobre com o peso do avião.

OBS: Asas metálicas dispensam a presença de tirantes e montantes, os quais são desnecessário porque o revestimento metálico já é suficientemente resistente (o mesmo vale para revestimentos plásticos ou de madeira)

CLASSIFICAÇÃO DOS AVIÕES QUANTO AS ASAS

- Localização da asa
- Fixação da asa
- Número de asas
- Forma em planta da asa

Quanto a localização da asa na fuselagem, os aviões podem ser:

- Asa Baixa
- Asa Média
- Asa Alta
- Asa Parassol

Quanto a fixação, as asas podem ser do tipo **cantiléver** ou **semi-cantiléver**.

Cantiléver

Este tipo de fixação não faz o uso do suporte de asa

Semi-cantiléver

Este tipo de fixação faz o uso do suporte de asa.

NÚMERO DE ASAS

Quanto ao número de asas, os aviões podem ser monoplanos ou biplanos; antigamente existiam também triplanos, quadriplanos e etc. Atualmente utilizam-se apenas aviões monoplanos.

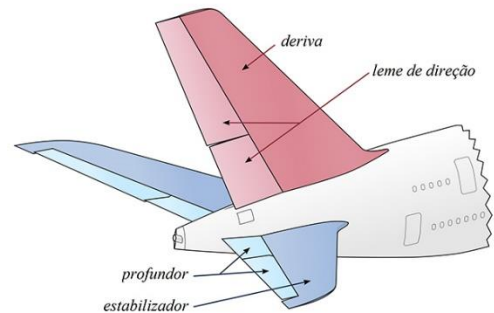




FORMA DA ASA

Quanto à forma e planta as asas podem ser retangulares, trapezoidais, elípticas, “em delta” e vários outros formatos.

Desenhe os formatos mostrados em aula



5. FUSELAGEM

A fuselagem é a parte do avião onde estão fixadas as asas e a empenagem. Ela também aloja os tripulantes, passageiros e carga; contém ainda os sistemas do avião e, em muitos casos, o trem de pouso, o motor e todos os sistemas da aeronave. Os três principais tipos de estruturas de fuselagem são:

ESTRUTURA TUBULAR

- Tubos de aço soldados
- Cabos de aço esticado de ponto a ponto
- Recoberto externamente de tela
- Tela apenas como revestimento

ESTRUTURA MONOCOQUE

Formato aerodinâmico

- cavernas Esforços suportados
- cavernas e revestimento (chapa metálica/ligas de alumínio/plástico reforçado)

ESTRUTURA SEMI-MONOCOQUE

- Cavernas, revestimento e longarinas
- Todos os elementos resistem aos esforços.
- Mais utilizado hoje em dia.
- Materiais utilizados: chapa metálica/ligas de alumínio/plástico reforçado

EMPENAGEM

- Localizada atrás do avião
- Conjunto de superfícies destinadas a estabilizar o voo.
- Geralmente é composta por duas partes: Horizontal e vertical.

SUPERFÍCIE HORIZONTAL

- Contrapõe a tendência que o avião teria de levantar o baixar a cauda sem a superfície.
- Parte fixa = Estabilizador
- Parte móvel = Profundor (comandada pelo manche do piloto)

SUPERFÍCIE VERTICAL

- Contrapõe a tendência que o avião teria de desviar para esquerda ou para a direita (guinar).
- Parte fixa: estabilizador vertical – deriva
- Parte móvel: leme de direção (comandada pelo pedal do piloto)

SUPERFÍCIES DE CONTROLE/COMANDO

- Fixação – dobradiças
- Finalidade – controlar o voo
- Classificação – Primárias/Principais e Secundárias

SUPERFÍCIES DE CONTROLE/COMANDO PRIMÁRIAS (Aileron, Profundor e Leme de Direção)

- São as partes móveis da asa e a da empenagem, geralmente localizadas no bordo de fuga das superfícies.

SUPERFÍCIES SECUNDÁRIAS (Compensadores em geral)

- Compensador do profundor ou leme de direção.
- Auxiliam as superfícies primárias.
- Aliviam cargas
- Quando a superfície primária sobe a secundária desce – espécie de contrapeso aerodinâmico.



FLAPS E SLATS

→ Dispositivos hypersustentadores. Não são superfícies de controle.

Permitem à asa produzir maior sustentação. São úteis no pouso ou mesmo na decolagem, pois tornam possível levantar voo ou aterrissar com menor velocidade.

Serão melhor abordados nas aulas de Teoria de Voo.

SPOILER - SPEED BRAKE

→ Freios aerodinâmicos (espécie de chapa que se abre na asa desorganizando o fluxo de ar e dessa forma reduzindo a sustentação)

→ Impedir que a velocidade do avião aumente excessivamente durante a descida

→ Usados em aviões de alta velocidade

→ Ficam no extradorso e quando se abrem, quebram a sustentação existente.

→ Complementam a ação do aileron em curvas





O que são?

Mecanismo que movimenta as superfícies de comando do avião de tal forma que modifica o formato aerodinâmico das superfícies, modificando as forças e a pressão entorno do aerofólio → posição do avião no ar!

Quais são as superfícies de comando?

Profundor

Ailerons

Leme

Compensadores

Como acioná-los?

Através do **MANCHE** e dos **PEDAIS**, os quais são conhecidos como **COMANDOS DE VOO**.

Manche acionado pelas mãos do piloto

Pedal acionado pelos pés do piloto



O manche é acionado pelas mãos do piloto, os dois tipos de manche mais comuns são:

Volante

Bastão

Tipo volante é o mais utilizado em aviões civis, enquanto que o tipo bastão, usado em aviões militares e aviões de treinamento. É uma alavanca fixada no assoalho da aeronave.

Existem também outros tipos de manche usados em sistemas de aviões de maior porte aonde o estudo do sistema de funcionamento não abrange este curso, mas é importante os aviadores o conheça-los denominados “Sidestick” e “manche volante”.

O manche é utilizado para cabrar e picar o avião.

CABRAR

significa erguer o nariz do avião (pitchup) e o movimento que o piloto deve fazer para comandar uma cabrada é puxar o manche.



Quando cabrado, o profundor provoca uma reação aerodinâmica do ar que escoa no profundor, baixando a cauda do avião e, conseqüentemente, erguendo o nariz.

PICAR

significa baixar o nariz do avião (pitchdown), empurrando o manche para frente.

Os movimentos de cabrar e picar são denominados movimentos de **ARFAGEM** ou **TANGAGEM** (do francês, “tangage”).

* O manche pode ser também girado (ou deslocado, se for do tipo “bastão”) para os lados, a fim de rolar ou inclinar o avião.

ROLAR

* Movimento de rolagem – inclinação lateral – bancagem (do inglês bank)

Utilizado para fazer curvas

* Pedais complementam a ação dos ailerons para evitar a derrapagem.

* Aileron da asa que sobe → desce

* Aileron da asa que desce → sobe

• Fluxo de ar é alterado provocando a ação de inclinar o avião.

O movimento de rolagem é também conhecido como **ROLAMENTO, INCLINAÇÃO LATERAL** ou **BANCAGEM** (do inglês, “to bank”).



PEDAIS

Os pedais servem para guinar o avião, isto é, desviar o nariz para esquerda ou para direita.

O mecanismo do sistema de controle (ou comandos) de voo é formado pelo manche, pedais, alavancas, cabos, quadrantes, polias, esticadores, etc.

Nos aviões leves, as principais verificações e ajustes (a serem feitos pelo mecânico) são os seguintes:

ALINHAMENTO DOS COMANDOS

Superfícies estiverem na posição neutra, os comandos também devem estar.

AJUSTE DOS BATENTES

Devem ser ajustados para limitar o movimento das superfícies de comando, evitando que o piloto sobrecarregue a estrutura com movimentos exagerados.

Evitar sobrecarga.

AJUSTE DA TENSÃO DE CABOS

Ajuste → especificações do fabricante.

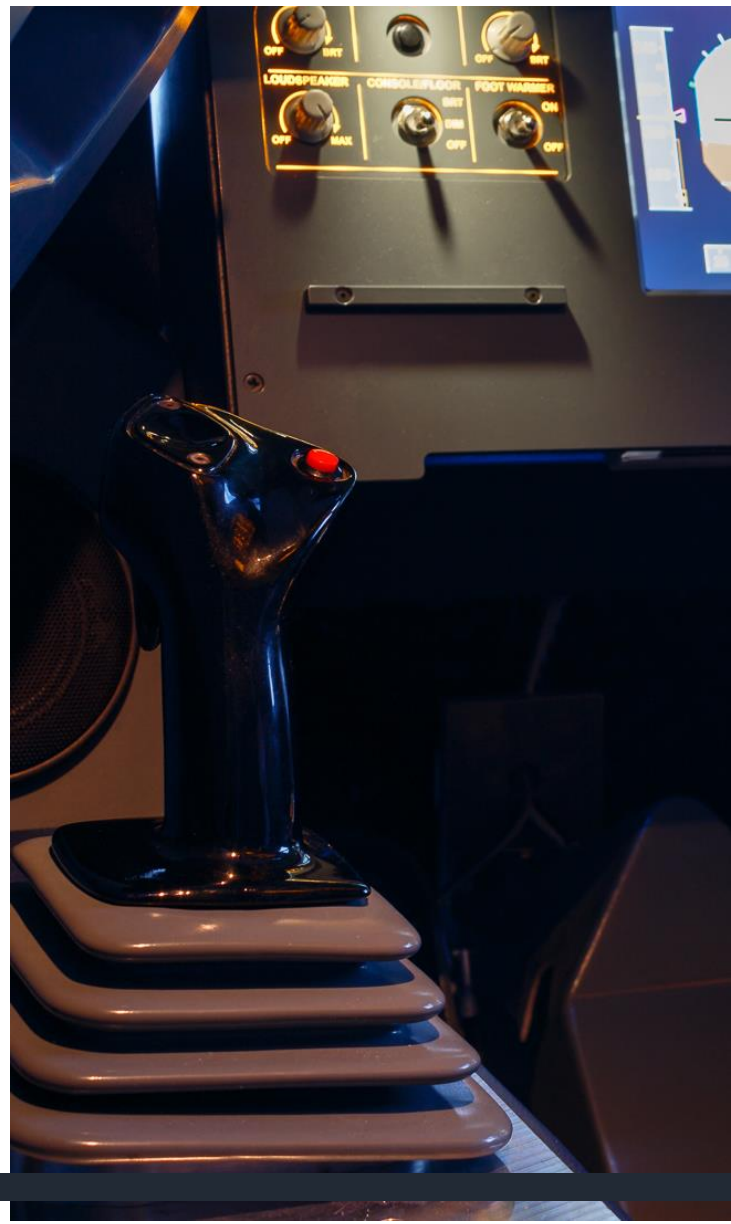
Cabos frouxos → reduzir ou eliminar as ações de comando.

Canos muito esticados → tornar os comandos duros e provocar desgaste nos componentes

BALANCEAMENTO DAS SUPERFÍCIES

Algumas superfícies são balanceadas para compensar o peso da aeronave.

Balanceamento deve ser verificado após a execução de reparos ou pintura na superfície de comando.



ATENÇÃO: Esse material contém as principais informações da aula; resumidas para leitura e acompanhamento da aula. Para ter um bom aproveitamento, assista a aula em conjunto com o material e faça anotações sempre que necessário 😊

1. CONCEITUAÇÃO

Conjunto das partes destinadas:

- Apoiar o avião no solo
- Amortecer impactos do pouso
- Frear o avião
- Controlar a direção no taxi ou manobras no solo

2. Classificação dos aviões quanto ao trem de pouso

→ Hidroaviões (Hidroplanos)

O seu trem de pouso é composto pelo sistema de amortecimento e os flutuadores que permitem este tipo de avião operar somente na água.

→ Terrestre

O seu trem de pouso é composto pelo sistema de amortecimento e as rodas que permitem este tipo de avião operar em superfícies terrestres como, por exemplo, o asfalto, grama, concreto e etc.

→ Anfíbio

O seu trem de pouso é composto pelo sistema de amortecimento, os flutuadores e rodas que permitem este tipo de avião operar tanto na água como no meio terrestre.

3. Classificação dos aviões quanto a distância de pouso e decolagem

VTOL(Vertical Take-off and landing ou decolagem e pouso verticais)

STOL(Short Take-off and landing ou decolagem e pouso curtos)

CTOL (Conventional Take-off and Landing ou decolagem e pouso convencionais)

4. Classificação dos aviões quanto a mobilidade do trem de pouso

Trem de pouso fixo

Neste sistema o trem de pouso não recolhe, ou seja, é fixo.

Trem de pouso retrátil

Neste sistema o trem é recolhido, porém ainda fica visível.



Trem de pouso escamoteável

Neste sistema o trem é recolhido e não fica aparente.

5. Classificação dos aviões quanto a disposição das rodas

Trem de pouso convencional

Este tipo de avião possui o trem de pouso principal e na parte de baixo da empenagem está fixada a bequilha.

Trem de pouso triciclo

Este tipo de avião possui o trem de pouso principal e o trem do nariz. São os formatos de trem de pouso mais modernos, pois oferecem mais segurança e estabilidade.

6. TIPOS DE AMORTECEDORES

Trem de pouso de mola

- Mais simples
- Lâmina ou tubo de aço flexível (mola)
- Tentativa de absorver o impacto do pouso
- Mola não absorve e não dissipa a energia residual do voo
- Devolve ao avião esta energia
- Solução à pouso suave e cuidadoso



Amortecedor com Aros de Borracha

- Estrutura do trem é rígida e articulada.
- Aros de borracha nos “suportes do trem”
- pouso – aros abrem-se para os lados – esticando os aros e absorvendo o impacto.
- Forma de disco ou corda (denominadas sandows) e estão se tornando obsoleto.

Amortecedores Hidráulicos

- Constituído por uma haste que desliza dentro de um cilindro contendo fluido oleoso.
- Fluido realiza o amortecimento do impacto
- Mola externa ao cilindro com fluído suporta o peso do avião.

Amortecedores Hidropneumáticos

- Também conhecido como amortecedor óleo-pneumático,

Como funciona?

O ar ou gás dentro do cilindro é comprimido a uma pressão suficientemente elevada para suportar o peso do avião, eliminando a mola com isso o funcionamento do conjunto fica mais eficaz e leve.

O amortecedor através do fluido é bastante eficaz e praticamente evita o salto do avião em pousos mal executados.

A tesoura serve para manter o alinhamento da roda enquanto a haste se recolhe, e o orifício e a agulha (ou tubo especial chamado tubo-orifício) no interior do amortecedor, restringe o movimento do fluído.

Como o impacto é absorvido nesse tipo de amortecedor?

TOQUE

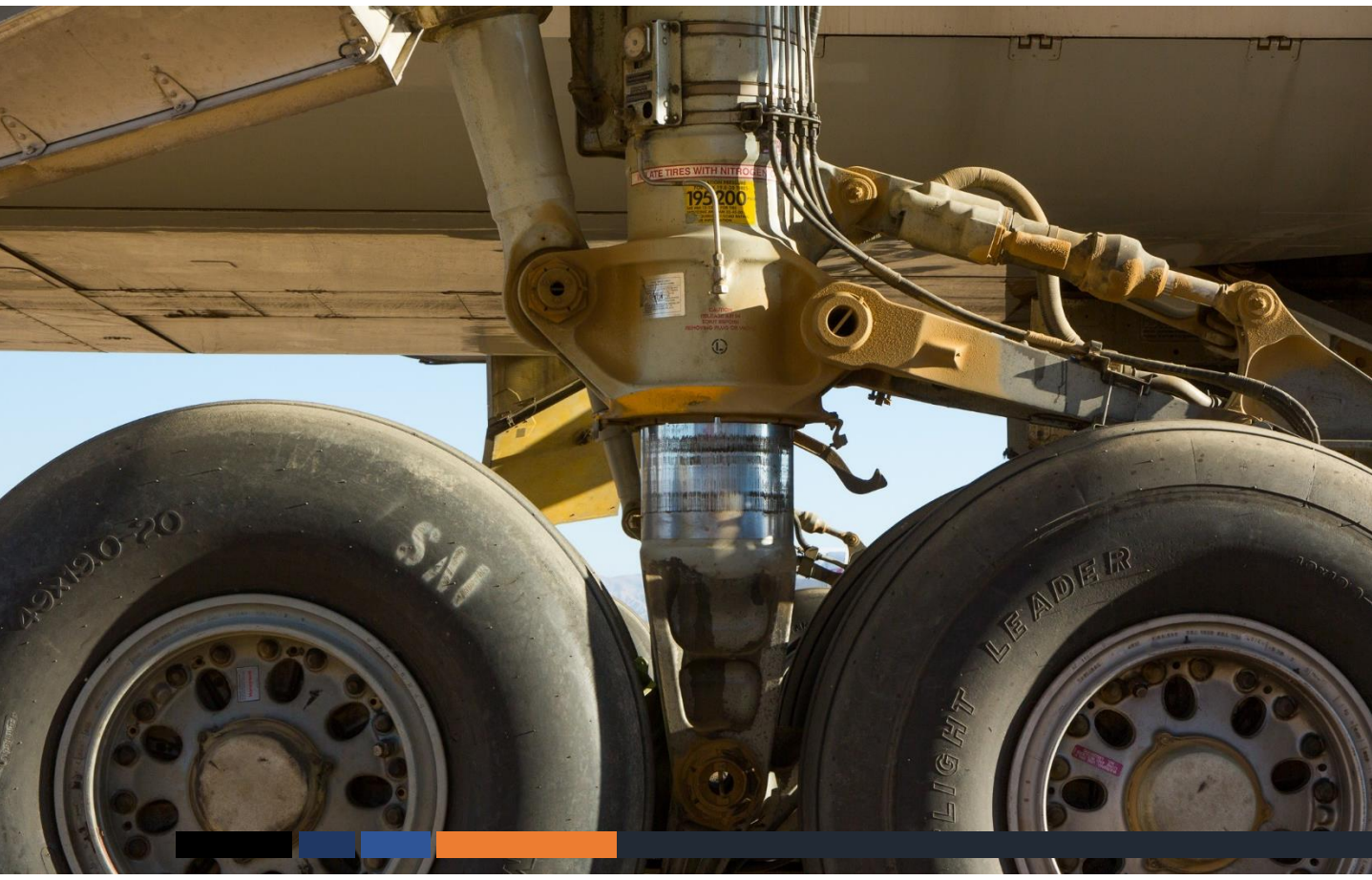
- Quando toca no chão o peso do avião faz com que a agulha seja gradativamente empurrada para cima juntamente com a haste.
- Conforme a haste vai passando pelo orifício este vai restringindo o fluxo de fluído porque a haste fica gradativamente mais espessa, amortecendo gradativamente o impacto

FIM DE CURSO

- Ar comprimido ao máximo, suportando o peso do avião e o impacto absorvido.
- No fim, o orifício estará totalmente fechado e o impacto totalmente absorvido.

RETORNO

- O ar comprimido provoca o retorno da haste e da agulha.
- Orifício restringe totalmente a passagem do fluído = evita “catrapos”





7. Conjunto das rodas

Permitir a rolagem do avião no solo e sua frenagem.

PNEU
RODA
FREIOS



PNEUS

- Semelhante aos pneus dos automóveis.
- Lonas formam a carcaça resistente.
- Banda de rodagem é a superfície desgastável
- Os sulcos permitem a fuga da água, evitando que o pneu deslize quando a pista estiver molhada.

CÂMARA DE AR

Fica dentro do pneu. Contêm o ar. Pressão do ar é suportada pelo pneu e não pela câmara. Pneu sem câmara à suficientemente vedados, para evitar a fuga de ar.

RODA MONTADA

- Liga de metal leve
- São desmontáveis para permitir a colocação e a retirada do pneu.
- Método específico para a remoção do pneu. Não podem ser removidos “à força” como os pneus de carros.

PNEUS DE BAIXA PRESSÃO

- Específica para pistas macias como grama e terra solta.
- Maior uso na aviação geral
- Velocidade máxima 120kt
- Inspeccionados visualmente no pré-voo em relação aos desgastes.

PNEUS DE ALTA PRESSÃO

- Específico para pistas pavimentadas ou duras.
- Muito utilizado pelos aviões a jato.
- Velocidade máxima de 250kt.

→ Pressão máxima 315PSI.

- Cheque da pressão deve ser feita com os pneus frios, devido a influência da temperatura na pressão.
- 2 a 3 horas após o pouso.

8. FREIOS

Os freios geralmente estão instalados no trem de pouso principal, isso porque se o freio fosse instalado na bequilha ele seria ineficiente, uma vez que essa roda suporta a menor parte do peso da aeronave.

Funções

- Frenagem
- Efetuar curvas fechadas (Frenagem Diferencial)

Frenagem Diferencial

→ Aplicar os freios apenas do lado da curva desejada em conjunto com a aplicação do pedal do leme deste mesmo lado – essa ação realiza uma curva fechada para o lado comandado, uma vez que a aplicação do pedal do freio, freia apenas a roda subsequente, deixando a outra livre para poder realizar a curva com sucesso. Aplicando apenas o leme é possível realizar curvas em solo, porém com um raio consideravelmente maior.

ACIONAMENTO DOS FREIOS

- Através dos mesmos pedais do leme de direção.
- Pedal à aciona o leme e a bequilha (trem do nariz/ trem direcional).
- Ponta do pedal à aciona o cilindro mestre do freio que envia fluido hidráulico ao freio da roda através de tubos.
- Pedal do freio esquerdo à Trem principal esquerdo
- Pedal do freio direito à Trem principal direito





Importante atentar para o fato de os freios serem independentes; ou seja, o acionamento do pedal do freio esquerdo não implica no acionamento do freio direito e vice-versa.

A configuração dos pedais do freio podem variar, dependendo da aeronave. Existem aviões, por exemplo, com quatro pedais, dois para a bequilha e o leme de direção e dois para os freios.

TIPOS DE FREIOS

- **Freio a Tambor**
- **Freio a Disco**

FREIO A TAMBOR

- Tambor que gira junto com a roda
- **FREIO APLICADO** à Duas sapatas ou lonas atiram-se contra o interior do tambor provocando a frenagem do tambor e consequentemente da roda.
- Fluido hidráulico que move as sapatas provocando o atrito.
- Cilindro mestre trás o fluido.
- Sem freio à sapatas afastadas do tambor por ação de mola
- Roda gira livremente
- Com freio à fluido hidráulico é injetado que comprimi as sapatas de encontro ao interior do cilindro.
- Roda é freada.

FREIO A DISCO

- Disco que gira junto com a roda.
- Fluido hidráulico faz com que as pastilhas de ambos os lados do disco façam pressão sobre este e freiem a roda.

SISTEMAS DE ACIONAMENTO

Hidráulico à fluido hidráulico transmite energia as peças e estas se movimentam.

Pneumático à Ar comprimido no lugar do fluido hidráulico.

Mecânico à Aciona mecanicamente através de cabos, hastes, polias, engrenagens, alavancas...

FREIO DE ESTACIONAMENTO

Existem duas formas de aparecerem na configuração das aeronaves:

- Freio normal +pedais travados no fundo por uma alavanca puxada pelo piloto.
- Freios de estacionamento independentes à geralmente mecânicos à Alavanca semelhante ao freio de mão dos carro

SISTEMA DE FREAGEM DE EMERGÊNCIA

Esse é um sistema muito importante e por esse motivo é duplicado, ou seja, são dois sistemas normais que funcionam de forma independente, de forma que a falha em um não ocasiona falha em outra.

Além disso, o sistema de emergência independente, ou seja, é um sistema separado do sistema principal e entra em funcionamento apenas com falha do principal.

OBS: Algumas situações podem servir como freio de estacionamento.

SISTEMA ANTI-DERRAPANTE

Na condição máxima de frenagem os pneus estão prestes a derrapar, para que isso não ocorra, entra em funcionamento o sistema anti-derrapante das aeronaves, também conhecido como anti-skid que liberta os freios quando a roda está prestes a para/derrapar e aplica os freios quando a rotação inicia novamente.

A atuação desse sistema consiste em uma ação rápida e repetida que equivale a frear continuamente no limite da derrapagem.

Este sistema precisa estar ligado e funcionando para que a ação seja automática

CONTROLE DIRECIONAL NO SOLO

É efetuado pelo trem do nariz ou trem da bequilha, dependendo do tipo de trem de pouso que a aeronave em questão possui. O movimento é controlado pelos pedais do leme, através de cabos e hastes que ligam os pedais até a roda direcional.





1. Conceituação: Conjunto de partes destinadas a acionar componentes através da pressão transmitida por um fluido, utilizando a Lei de Pascal.

LEI DE PASCAL “A pressão aplicada em um ponto de fluido transmite-se igualmente para todas as partes deste fluido”

Além da força ser transmitida a todos os pontos ela é proporcional a área.

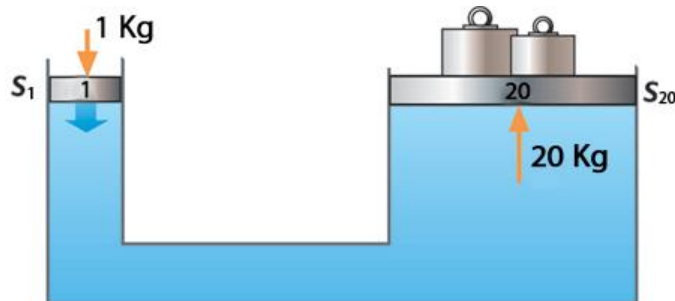
Aumentando a área → Aumenta-se a força

Essa propriedade, possibilita mover superfícies facilmente através do fluido as quais dificilmente seriam movidas mecanicamente.

Principal benefício do Sistema Hidráulico → maximizar as forças

Exemplo prático:

Esse sistema exemplifica uma possibilidade de erguer um peso de 20kg utilizando apenas a força de 1kg exercida no cilindro com menor área.



Obs: O exemplo citado é utilizado no sistema de freio que estudamos no capítulo anterior .

Cilindro primário (menor área) = cilindro mestre = acionado pelos pés do piloto

Cilindro atuador (área maior) = cilindros do freio = multiplicam as forças para enviar as sapatas/pastilhas dos freios e parar o avião.

2. Rendimento Mecânico

No sistema hidráulico exemplificado acima, a força foi multiplicada por 20, utilizando uma área 20 vezes maior no cilindro atuador. Pode-se dizer que o **rendimento mecânico** desse sistema é igual a 20, pois rendimento é justamente quantas vezes a força primária foi multiplicada pelo aumento das áreas do sistema.

Calcula-se o rendimento mecânico através da fórmula

$$r = \frac{F}{f} = \frac{A}{a}$$

r = Rendimento Mecânico

F = Força produzida pelo cilindro atuador

f = Força aplicada no cilindro primário

A = Área do pistão do cilindro atuador

a = Área do pistão do cilindro primário

FORÇA → MULTIPLICADA PELO RENDIMENTO
DESLOCAMENTO → DIVIDIDO PELO RENDIMENTO

OBS: Se for preciso deslocar um nível maior de fluido, para não se perder rendimento e tornar o sistema fraco podemos transformar o cilindro primário em uma BOMBA HIDRÁULICA, acrescentando válvulas e um reservatório para permitir o seu acionamento repetitivo.

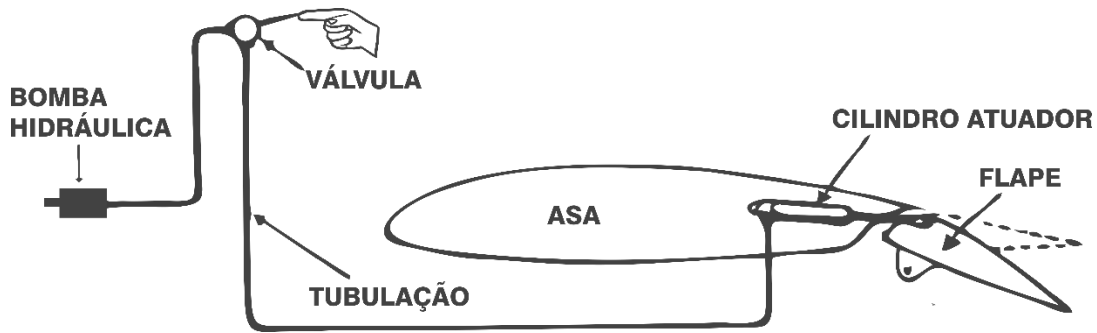
Embora não seja usual, pode-se construir um sistema hidráulico com rendimento mecânico menor que 1, mas estaríamos reduzindo a força do sistema e ampliando o movimento.

3. Aplicações do Sistema Hidráulico

O sistema hidráulico é usado em aviões quando precisamos de grandes forças sobre o componente a ser movimentado. Nos grandes aviões o sistema hidráulico é usado para movimentar o profundor, leme de direção, controle de direção do trem do nariz, os flaps, os slats, recolher o trem de pouso, etc.

Em aviões de pequeno porte movimentação das superfícies de controle é feito pela força muscular do piloto, através de cabos, roldanas e polias, pois nestes aviões a força muscular do piloto é capaz de realizar estes movimentos, ficando o sistema hidráulico em aviões de pequeno porte apenas para acionar os freios.

Nesta imagem temos um esquema simplificado do sistema de acionamento hidráulico dos flaps de um avião de grande porte.



4. Vantagens do Sistema Hidráulico

O sistema ideal a ser usado em aviões é o mesmo sistema dos aviões de pequeno porte, conhecido como sistema mecânico, por ser um sistema barato, confiável, durável, de fácil manutenção e etc.

Como, entretanto, em aviões de grande porte não é possível usar exclusivamente o sistema mecânico porque depende da força muscular do piloto, precisamos estudar os sistemas que podem concorrer entre si para podermos entender as vantagens do Sistema Hidráulico.

Sistema Elétrico: É formado por motores elétricos, contatos, cabos e etc.

- Fácil instalação e fácil de controlar, além de ser preciso.
- Tende a ser pesado e requer cuidados especiais para não falhar, devido a mau contato ou superaquecimento.

Sistema Pneumático: Sistema muito similar ao sistema hidráulico, usa AR COMPRIMIDO no lugar do fluido hidráulico. Exemplo familiar é o sistema de freios dos caminhões e ônibus.

- Não necessita de linha de retorno para o reservatório (o ar comprimido após o uso, é expelido para a atmosfera).
- Embora haja aviões que utilizem como sistema principal, tende a ser impreciso e requer uma manutenção cuidadosa, porque é mais difícil a identificação de um vazamento no sistema, aviões operam com variações bruscas de temperatura e etc.

Sistema Hidráulico:

Mais utilizado devido a quantidade de benefícios:

- Ampliação das forças - utilizando o princípio da Lei de Pascal – cilindros com diâmetros diferentes.
- Confiabilidade – devido as poucas partes móveis, as quais funcionam muito bem lubrificadas.
- Falhas visíveis – São geralmente graduais e se manifestam através de vazamentos.
- Sistema leve – porque tem seus componentes pequenos.
- Fácil instalação - porque possui todos os componentes pequenos e simples, de forma que podem ser carregados e instalados facilmente em qualquer lugar.
- Controlado com facilidade – abrindo ou interrompendo a passagem do fluido através de válvulas simples.

FREIO DE ESTACIONAMENTO

Existem duas formas de aparecerem na configuração das aeronaves:

- Freio normal + pedais travados no fundo por uma alavanca puxada pelo piloto.
- Freios de estacionamento independentes à geralmente mecânicos à Alavanca semelhante ao freio de mão dos carro



1. Conceituação:

Toda máquina que produz energia mecânica a partir de outros tipos de energia são denominados motores.

Exemplos:

- Motor elétrico transforma energia elétrica em energia mecânica.
- Motor de avião (pistão) transforma a energia calorífica da queima do combustível em energia mecânica (movimento de rotação da hélice).
- Motor a reação de um avião transforma a energia calorífica do combustível em energia mecânica (movimento do avião)

2. Motores térmicos:

São todos os motores que transformam energia calorífica da queima do combustível em energia mecânica.

Os motores térmicos podem ser classificados em:

- Motores de combustão interna
- Motores de combustão externa

a) Motor térmico de combustão externa.

- Combustível é queimado fora do motor
- Vantagem de aceitar qualquer tipo de combustível
- Desvantagem de ser excessivamente pesado não podendo ser utilizado em aviões.

b) Motor térmico de combustão interna.

- Combustível queimado no interior do motor.
- Desvantagem de ter que usar um combustível apropriado
- Vantagem de desenvolver elevada potência e ser ao mesmo tempo leve, que torna-o vantajoso para o uso aeronáutico.

3. O sistema de propulsão os aviões podem ser classificados em:

- * Aviões a Hélice
- * Aviões a Reação.

a) Aviões a Hélice

- Neste avião o motor produz diretamente a tração utilizando a hélice
- Lei da Ação e Reação
- Impulsionam **grandes massas de ar**, **velocidades relativamente pequena**.
- os motores utilizados para girar a hélice podem ser: motor a pistão ou os motores turbohélices.

b) Aviões a Reação.

- Neste avião usa um motor que impulsiona o ar diretamente
- Lei da Ação e Reação
- Impulsiona **massas de ar relativamente pequenas em grandes velocidades**.
- Os principais tipos são, Motores turbojato e os motores Turbofan.

4. Generalidades dos motores

a) Motores dos aviões a hélice

Motores a Pistão

- Semelhantes aos motores de automóveis , mas porem atendem a exigências aeronáuticas de leveza , confiabilidade alta eficiência e etc.
 - Econômico e eficiente em baixas altitudes e velocidades.
 - Vantagem de ser de baixo custo, sendo por isso muito utilizado em aviões de pequeno porte.
- Desenhe de acordo com a compreensão do motor da aula:

Motores Turbohélice

- Motor Turbojato modificado.
 - Quase toda energia do jato é utilizada para girar uma turbina que por sua vez aciona a hélice através de uma caixa de engrenagem de redução .
 - Ideal para velocidades intermediárias entre os dos motores a pistão e os motores turbofan.
- Desenhe de acordo com a compreensão do motor da aula:



b) Motores dos aviões a reação.

Motores Turbofan

-Turbojato acrescido de um “Fan” (Ventilador em Inglês)

-Fan funciona como uma hélice de características especiais que cria um fluxo de ar frio que mistura-se com o ar quente dos gases queimados do jato principal.

- Vantagens, elevada tração, baixo ruído e grande economia de combustível , por isso se tornou o motor mais amplamente utilizado nos aviões de alta velocidade atuais.

Desenhe de acordo com a compreensão do motor da aula:

Motor Turbojato

-O ar é admitido é impulsionado num fluxo de alta velocidade, utiliza energia expansiva dos gases aquecidos pela combustão.

-Em baixas velocidades e altitudes se torna antieconômico e ineficiente

-Motor mais apropriado para aeronaves supersônicas.

Desenhe de acordo com a compreensão do motor da aula:

Pelo que vimos até agora, cada tipo de motor é indicado para uma determinada faixa de velocidade e altitude, sendo a ordem crescente.

Em baixas velocidades e baixas altitudes, o mais indicado é o motor a pistão, conforme se sobe e deseja-se aumentar a velocidade do voo turboélice, turbofan e turbojato respectivamente.



5. Qualidade dos motores aeronáuticos - Dentre as qualidades de um motor aeronáutico destaca-se:

- Segurança de Funcionamento
- Durabilidade
- Ausência de vibrações
- Economia
- Facilidade de manutenção
- Compacidade
- Eficiência térmica
- Leveza

Eficiência térmica:

É a relação entre a potência mecânica produzida e a potência térmica liberada pelo combustível.

Na prática a eficiência térmica dos motores aeronáuticos é de **25% a 30%**, o que é muito pouco se compararmos com os motores elétricos de alta potência, a sua eficiência superam facilmente os 90%.

Leveza:

Em termos técnicos, a leveza é indicada pela relação massa potência, que é igual a razão entre a massa do motor e a sua potência .

Evidentemente esta relação tem que ser a menos possível

Abaixo temos a comparação da leveza de dois motores típicos:

**** Desenhe e escreva a comparação dos motores conforme mostrado em aula.**



Motor Elétrico

Motor Aeronáutico

Facilidade de Manutenção e durabilidade:

Depende de uma cuidadosa manutenção, que compreende duas partes

Inspecções Periódicas – Os motores devem ser inspecionados em determinados intervalos (25 horas de voo, 50 horas de vôo e etc.), onde são feitas também as trocas de óleo, limpeza ou substituição de filtros e etc. A facilidade de manutenção é muito importante para facilitar este trabalho .

Revisões Gerais – Após determinados números de horas de funcionamento (Conhecido como Durabilidade), o motor sofre revisões gerais ,onde é totalmente desmontado para fazer verificações e substituições de peças desgastadas ou danificadas .

A Durabilidade é referida através das iniciais “TBO” (Time BetweenOverhauls- Tempo entre revisões gerais).

O período entre as inspecções e o numero de horas para a revisão geral “TBO” são determinado pelo fabricante do moto não do avião.

Economia:

O s motores aeronáuticos devem ter baixo consumo de combustível, sendo duas definições:

a)Consumo horário – É a quantidade de combustível consumido por hora de funcionamento.(Ex: 70 litros/ hora , 8 Galões/ hora e etc.)

b)Consumo específico – Leve em consideração a potência do motor .(Ex:0,2 litro/HP/hora , ou seja , consome 0,2 litros de combustível por HP produzido em cada hora de funcionamento.)

O consumo horário é utilizado para cálculos de navegação e o consumo específico é utilizado para compara eficiência de motores .

Equilíbrio e Regularidade do Conjugado Motor:

-Indica a suavidade de funcionamento

-“Equilíbrio” indica que as forças internas do motor devem se equilibrar, evitando vibrações no sentido transversal (para cima , para baixo e ou para os lados).

-“Regularidade do conjugado motor” indica ausência de vibrações no sentido da rotação.

-Nestes sentidos os motores a reação superam os motores a pistão.

Conjugado= momento=torque – é o esforço que faz o eixo do motor girar.

Excesso de potencia na decolagem:

Os motores aeronáuticos devem ser capazes de manter por curto espaço de tempo (1 minuto) uma potencia superior a do projeto, sendo usada para decolagem.

Pequena área frontal:

Preferivelmente, os motores aeronáuticos devem ter pequena área frontal, para serem instalados em aviões de fuselagem estreita e aerodinâmica, oferecendo assim uma menor resistência ao avanço. Este não é um critério absoluto , existem motores com grande área frontal mas que geram muita potência e são compactos (motores radiais .)





1. Motores a Pistão:

Aviões de pequeno porte

Semelhante aos motores automotivos

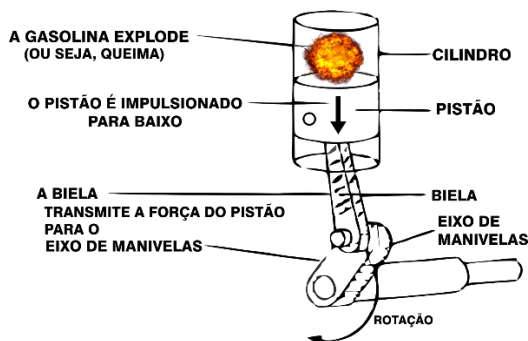
Diferenças necessárias ao uso meio aeronáutico

2. Princípio de Funcionamento:

Aproveita a energia da queima dos gases do combustível no interior de um cilindro. Os gases resultantes da combustão impulsionam um pistão em um movimento linear.

O pistão recebe a energia cinética da expansão dos gases queimados e por sua vez está ligado na Biela, peça que irá transformar o movimento em rotação por estar conectada com eixo de manivelas.

O motor funciona através de sucessão de impulsos sobre o pistão.



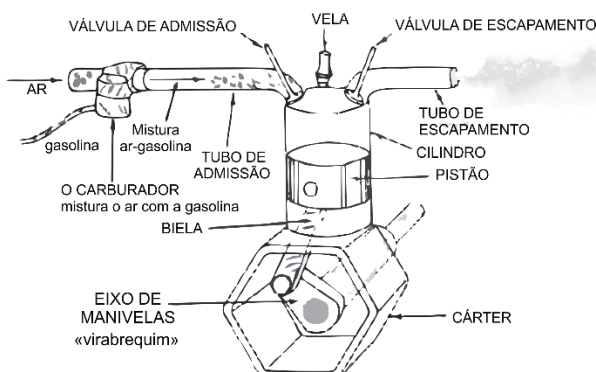
3. Os motores a pistão podem ser classificados em dois grupos:

Motores a Quatro Tempos

Motores a Dois Tempos.

O MOTOR A QUARTO TEMPOS

1. As principais partes que compõem os motores a quatro tempos são:



2. Pontos Mortos e Curso:

O pistão se movimenta no interior do cilindro, ao se movimentar o pistão encontra duas extremidades conhecidas como, na extremidade superior Ponto Morto Alto (PMA) e na extremidade inferior Ponto Morto Baixo (PMB).

A distância entre estes dois pontos mortos é conhecida como Curso.

Desenhe a compreensão de ponto morto alto (PMA), ponto morto baixo (PMB) e Curso conforme explicado em aula.

3. O Funcionamento do Motor a Quatro Tempos

Esse tipo de motor não inicia o seu movimento sozinho; é preciso girá-lo algumas vezes até que ocorra a primeira combustão, para isso deve haver um cecanismo de partida ou a partida manual deve ser realizada.

O seu funcionamento está fundamentado na repetição de CICLOS

1 CICLO = 4 ETAPAS ou 4 TEMPOS = 6 FASES

Primeiro Tempo: ADMISSÃO

O primeiro tempo chama-se ADMISSÃO.

Neste momento o pistão está se deslocando do PMA (ponto morto alto) para o PMB (ponto morto baixo) portanto esta numa trajetória descendente e a válvula de admissão esta aberta.

Neste tempo ocorre a **PRIMEIRA FASE**, que chama-se também ADMISSÃO, porque o pistão aspira a mistura de ar e gasolina para dentro do cilindro. O mecanismo que abre e fecha as válvulas é conhecido como Sistema de Comando de Válvulas e será estudado posteriormente.



Segundo Tempo: COMPRESSÃO

O segundo tempo chama-se COMPRESSÃO.

Neste momento o pistão está se deslocando do PMB (ponto morto baixo) para o PMA (ponto morto alto) portanto está numa trajetória ascendente e as duas válvulas estão fechadas.

Neste tempo ocorre a **SEGUNDA FASE**, que se chama também COMPRESSÃO, porque o pistão está comprimindo a mistura ar combustível que ficou presa no interior do cilindro. Aparentemente parece ser um desperdício de trabalho, porém se a mesma combustão produziria pouca potência mecânica e a energia do combustível seria perdida em forma de calor.

Terceiro Tempo: TEMPO MOTOR

No terceiro tempo ocorre a **TERCEIRA FASE** denominada como IGNIÇÃO, ocorre quando a vela produz a faísca, dando então início a **QUARTA FASE** denominada COMBUSTÃO.

No terceiro tempo (TEMPO MOTOR) o pistão está se deslocando do PMA (ponto morto alto) para o PMB (ponto morto baixo) portanto numa trajetória descendente, essa descida foi provocada pela forte pressão dos gases queimados que se expandem (Transforma a energia calorífica dos gases em energia cinética = expansão) na cabeça do pistão, esta é a **QUINTA FASE** denominada EXPANSÃO.

A partir deste momento o motor já pode funcionar sozinho porque o impulso dado à hélice é suficiente para mantê-lo girando até a próxima combustão. Este é o único tempo produtor de energia mecânica, os outros três tempos são denominados tempos preparatórios ou de inércia.

Quarto Tempo: ESCAPAMENTO

O quarto tempo chama-se ESCAPAMENTO, ESCAPE ou EXAUSTÃO.

Neste momento o pistão está se deslocando do PMB (ponto morto baixo) para o PMA (ponto morto alto) portanto numa trajetória ascendente e com a válvula de escapamento aberta.

Neste tempo ocorre a **SEXTA FASE** que chama-se também ESCAPAMENTO, porque os gases resultantes da queima são expulsos do cilindro pelo pistão.

Quando o pistão chega no PMA a válvula de escapamento fecha-se, encerrando o primeiro **CICLO**, então tudo se repete na mesma sequência.

Após este estudo podemos dizer que o **TEMPO** é o conjunto de fases que ocorrem quando o pistão percorre um curso.

Em homenagem ao seu idealizador este ciclo de quatro tempos é denominado **CICLO DE OTTO** (ou ciclo de Otto-Beau de Rochas).

O Ciclo de Otto é completado em quatro tempos (seis fases) ou duas voltas do eixo de manivelas (giro de **720°**), sendo que o pistão recebe apenas um impulso motor.

O motor permanece girando devido à inércia das peças girantes, principalmente a hélice.

Geralmente, os motores possuem quatro ou mais cilindros, e as combustões ocorrem em instantes diferentes em cada cilindro de modo a se auxiliarem mutuamente.

Na prática as seis fases não correspondem exatamente aos quatro tempos do ciclo teórico, pois o ciclo teórico sofre modificações que levam em consideração os seguintes fatos:

A REALIDADE...

- Combustão real não é instantânea;
- Válvulas não se abrem e nem se fecham instantaneamente;
- Válvulas e tubulações oferecem resistência à passagem dos gases/mistura;
- A mistura e os gases queimados possuem inércia, havendo portanto um retardo no início e do término do fluxo dos mesmos.

MODIFICAÇÕES...

- Devido às diferenças teórico x real, foram previstos ajustes determinados experimentalmente pelo fabricante do motor, com o objetivo de se obter a máxima eficiência durante o funcionamento do motor.

MODIFICAÇÕES SÃO FEITAS PARAGARANTIR QUE ENTRE O MÁXIMO DE MISTURA E SAIA O MÁXIMO DOS GASES QUEIMADOS:

- Avanço na abertura da válvula de admissão.
- Atraso no fechamento da válvula de admissão.
- Avanço de ignição
- Avanço na abertura da válvula de escapamento.
- Atraso no fechamento da válvula de escapamento.



•São feitas baseadas nas condições de **voo em cruzeiro**, já que essa constituía a fase mais longa do voo, sendo as outras fases (marcha lenta, decolagem, aproximação...) transitórias, e por esse fato, admite-se uma eficiência não “tão ideal” nesses casos.

MODIFICAÇÕES DA ADMISSÃO...

•OBJETIVO:

Aumentar a carga de combustível admitida no cilindro.

Compensar os efeitos de resistência que a mistura sofre ao longo das tubulações.

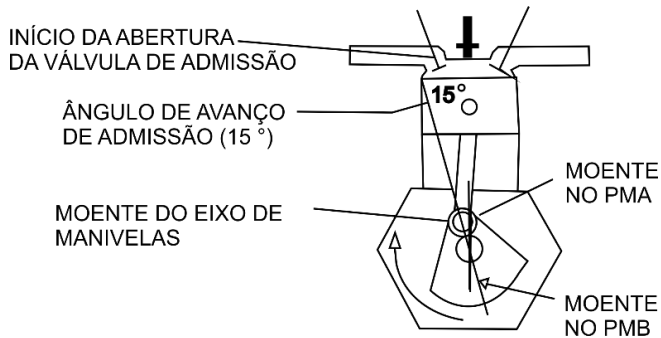
Compensar os efeitos de inércia

Avanço na abertura da válvula de admissão (AvAA)

Este avanço é a antecipação do início da abertura da válvula de admissão, para que esteja totalmente aberta quando o pistão atingir o PMA.

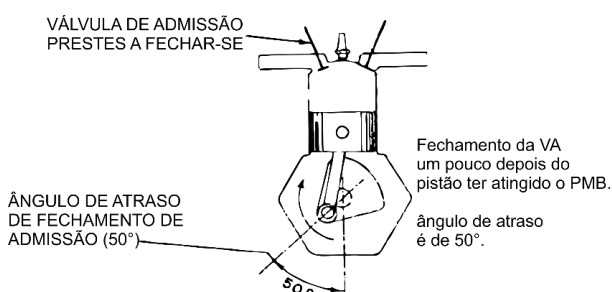
ESTE AVANÇO É MEDIDO EM GRAUS EM RELAÇÃO AO MOENTE DO EIXO DE MANIVELAS.

No exemplo, o avanço é de 15. (estas modificações iram variar de motor para motor).



Atraso no Fechamento da Válvula de Admissão (AtFA)

Este atraso no fechamento da válvula de admissão, acontece um pouco depois do pistão atingir o PMB, é muito vantajoso, porque permite com que a mistura continue sendo admitida, ou seja, permite com que a mistura que estava parada devido a inercia no tubo admissão seja admitida.



OBSERVAÇÕES

•REAL → A fase de admissão terá início no final do escapamento do ciclo anterior e acabará no terceiro tempo de compressão do ciclo atual (quando a válvula de admissão se fecha)

•REAL → O tempo de admissão não se altera, pois está vinculado ao curso do pistão.

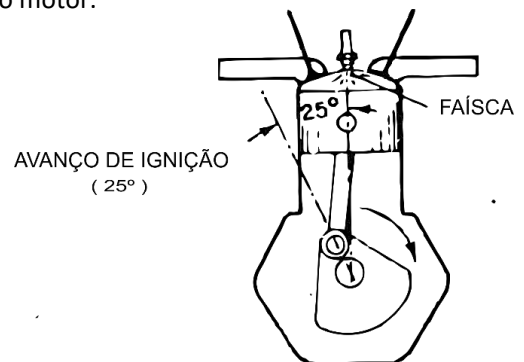
•Tempo e Fase são diferentes, embora as vezes possam estar juntas (caso teórico).

MODIFICAÇÕES NO TEMPO DE IGNIÇÃO

Deve ocorrer antes do ponto morto alto, porque a mistura leve um certo tempo para queimar.

Combustão real → Inicia-se no segundo tempo (compressão) e termina no terceiro tempo (tempo motor).

Velocidade da combustão é constante, o avanço da ignição deve ser tanto maior quanto maior a rotação do motor.



MODIFICAÇÕES NO TEMPO DE ESCAPAMENTO...

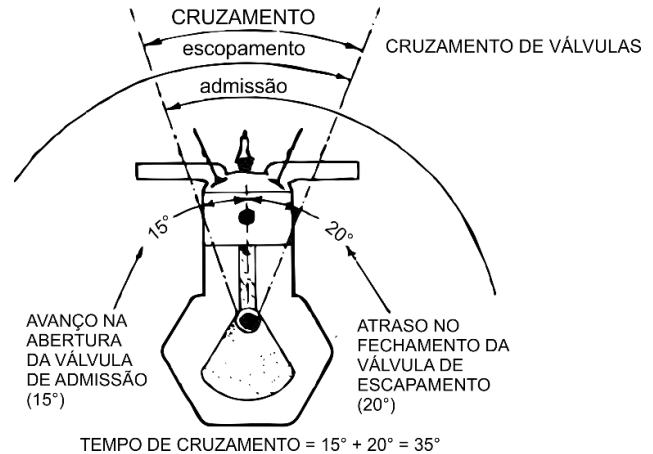
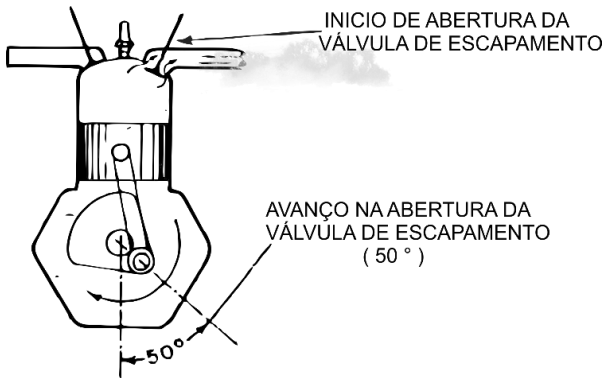
•Finalidade principal de eliminar os gases queimados de maneira mais completa possível.

•Limpeza/eliminação dos gases seja mais eficiente para não contaminar a próxima mistura de ar – combustível.

•Limpeza/eliminação dos gases seja mais eficiente porque gás queimado ocupa espaço e não produz energia.

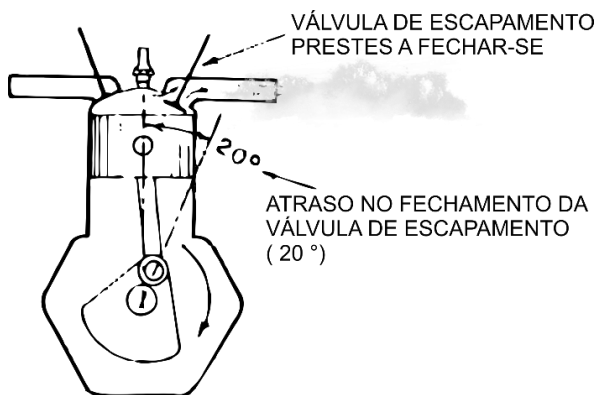
Avanço na Abertura da Válvula de Escapamento (AvAE)

Este avanço da abertura da válvula de escapamento antes do pistão atingir o PMB, para que os gases comecem logo a escapar e não exerçam muita oposição quando o pistão iniciar o curso ascendente logo a seguir.



Atraso no Fechamento da Válvula de Escapamento (AtFE)

Este atraso do fechamento da válvula de escapamento é feito para que no final do escapamento, os gases queimados continuam a sair mesmo quando o pistão atingir o PMA, devido a inércia. O atraso no fechamento da válvula tem a finalidade de aproveitar esse fato, para melhorar a expulsão dos gases resultante da queima.



CRUZAMENTO DE VÁLVULAS

- Nome dado a situação que ocorre no início da admissão.
- Duas válvulas ficam simultaneamente abertas
- Ciclo teórico isto não ocorreria
- Devido ao atraso e adiantamento das válvulas no real ocorre o cruzamento de válvulas.
- AVANÇO NA ABERTURA DA VÁLVULA DE ADMISSÃO E ATRASO NO FECHAMENTO DA VÁLVULA DE ESCAPAMENTO.

MODIFICAÇÕES NO TEMPO DE ESCAPAMENTO...

- Finalidade principal de eliminar os gases queimados de maneira mais completa possível.
- Limpeza/eliminação dos gases seja mais eficiente para não contaminar a próxima mistura de ar – combustível.
- Limpeza/eliminação dos gases seja mais eficiente porque gás queimado ocupa espaço e não produz energia.

Avanço na Abertura da Válvula de Escapamento (AvAE)

Este avanço da abertura da válvula de escapamento antes do pistão atingir o PMB, para que os gases comecem logo a escapar e não exerçam muita oposição quando o pistão iniciar o curso ascendente logo a seguir.

O cruzamento de válvulas é consequência das modificações (ciclo teórico x ciclo real), por isso favorece o funcionamento do motor na fase de cruzeiro, embora possa prejudicá-lo em outras condições.

O MOTOR A DOIS TEMPOS

Recebe este nome porque o seu ciclo é constituído por apenas dois tempos.

Mecanicamente é bastante simples e tem poucas peças móveis.

O próprio pistão funciona como válvula deslizante, abrindo e fechando as **janelas ou luzes**, por onde a mistura é admitida e os gases residuais da queima são expulsos, dessa forma não existem válvulas de admissão ou de escapamento.



Primeiro Tempo

Admitindo que o motor já esteja em funcionamento, o pistão sobe, comprimindo a mistura no cilindro e produz uma rarefação no cárter (parte inferior). O pistão ao estar próximo do PMA dá-se a ignição e a combustão da mistura. Ao mesmo tempo, dá-se a admissão da mistura nova no cárter, devido a rarefação que se formou durante a subida do pistão.

Desenhe a compreensão segundo a explicação do primeiro tempo:

Segundo Tempo

Neste tempo, os gases da combustão se expandem, então o pistão desce, comprimindo a mistura no cárter. Quando o pistão está próximo ao PMB, o próprio pistão abre a janela de escapamento, permitindo a saída dos gases resultantes da queima. A seguir abre-se a janela de transferência, e a mistura comprimida no cárter invade o cilindro, expulsando os gases queimados.

Desenhe a compreensão segundo a explicação do primeiro tempo:

IMPORTANTE

Durante o ciclo dois tempos ocorrem também as seis fases, sendo:

No primeiro tempo → (admissão, compressão, ignição e combustão)

No segundo tempo → (expansão e escapamento).

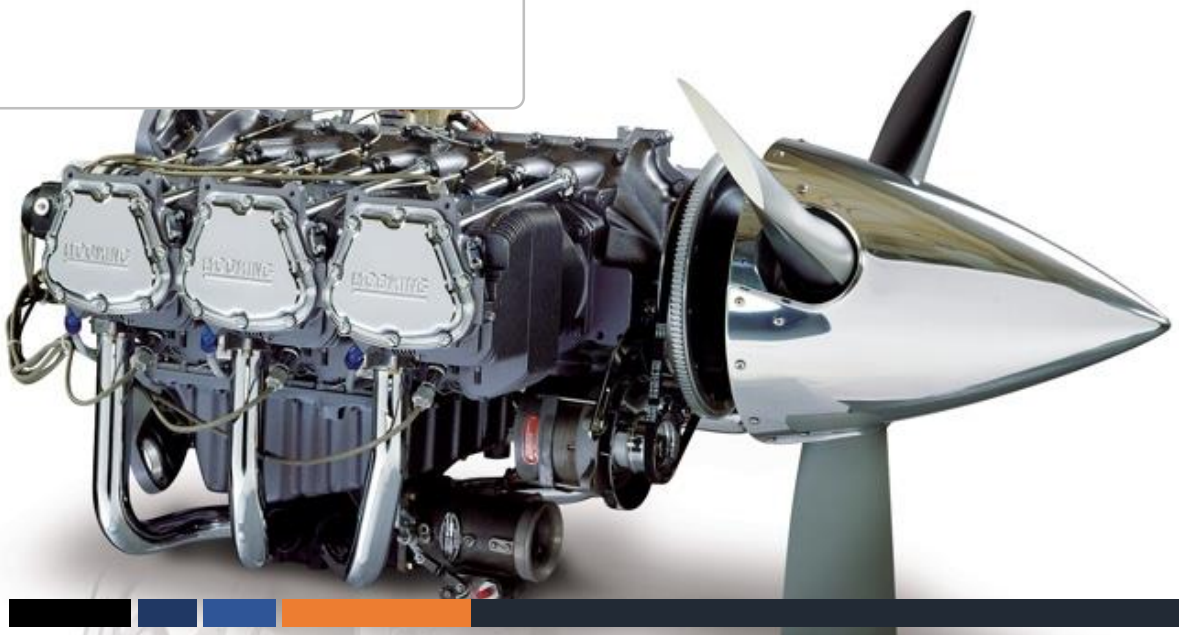
VANTAGENS DO MOTOR A DOIS TEMPOS :

- Mais simples
- Mais leve
- Mais potente, porque produz um tempo motor em cada volta do eixo manivelas.
- Custo menor, sendo por este motivo um motor muito utilizado em aviões "ultraleves" e autogiros.

Contudo, não é usado nos aviões em geral devido as seguintes desvantagens.

DESVANTAGENS DO MOTOR A DOIS TEMPOS:

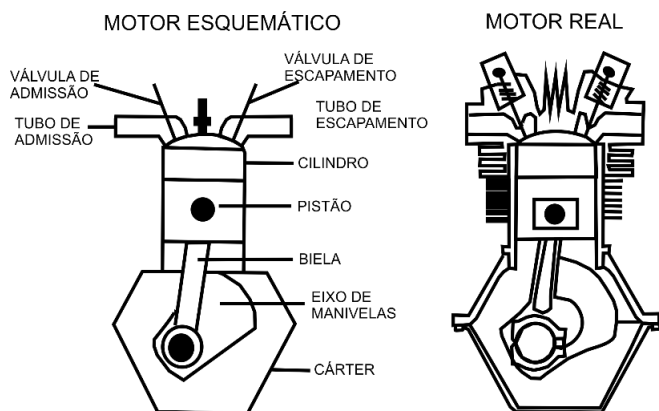
- Pouco econômico, porque uma parte da mistura admitida no cilindro foge juntamente com os gases queimados.
- Após o escapamento, uma parte dos gases queimados permanecem no cilindro e acaba contaminando a nova mistura.
- Se aquece mais, devido a combustão que acontece com maior frequência.
- A lubrificação é imperfeita, porque é necessário diluir o óleo lubrificante no combustível.
- O motor é menos flexível, sua eficiência diminui mais acentuadamente quando variam as condições de rotação, altitude, temperatura e etc.





Neste capítulo estudaremos mais detalhadamente os componentes do motor.

Nesta imagem conseguimos notar as diferenças entre o motor esquemático e o motor real, que é mais complexo que o motor esquemático.

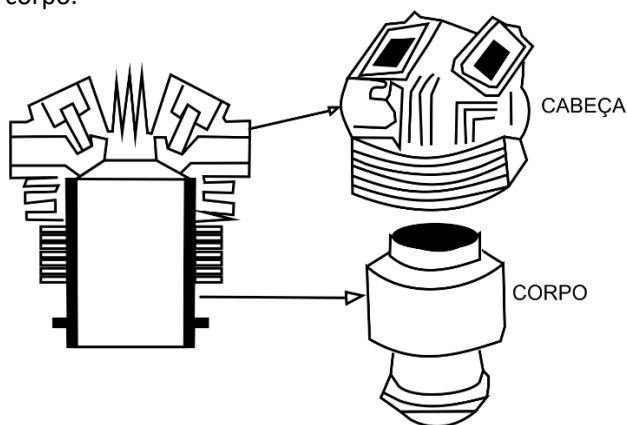


1. CILINDRO

É a parte do motor onde a carga combustível é admitida, comprimida e queimada

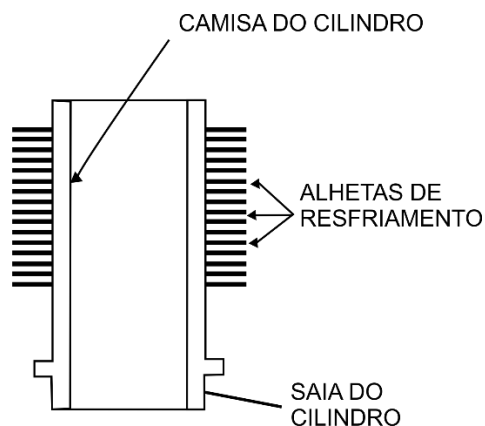
É constituído de material resistente, leve e bom condutor de calor.

Constituído basicamente por duas partes: Cabeça e corpo.



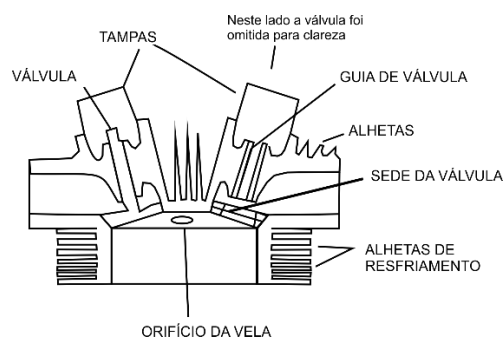
Características Gerais - Corpo do Cilindro:

- O melhor material é o Al (Alumínio) e no seu interior pode possuir uma espécie de camisa do cilindro para proteger contra desgaste provocado pelo movimento do pistão.
- Geralmente é feito de aço, sendo que o interior é feito de material endurecido para resistir o desgaste provocado pelo movimento do pistão, caso não possua camisa interna.
- Possui externamente alhetas de resfriamento as quais aumentam a área de contato do cilindro com o ar, facilitando a eliminação do calor.



Características Gerais – Cabeça do Cilindro

- Na cabeça são instaladas as válvulas e as velas de ignição.
- Válvulas à instaladas dentro de **guias de válvulas**.
- Cabeça das válvulas à assentam-se sobre anéis de metal resistentes denominados **sede de válvulas**.
- É uma estrutura única e apropriada para receber as válvulas de admissão e escapamento e a vela.
- Externamente à cabeça existem alhetas de resfriamento.
- Alguns motores à Apenas no lado do escapamento (por estar sujeito a alta temperatura)
- Lado da admissão é resfriado pelo combustível que é admitido, e alguns motores também pode apresentar alhetas para facilitar a dissipação do calor.

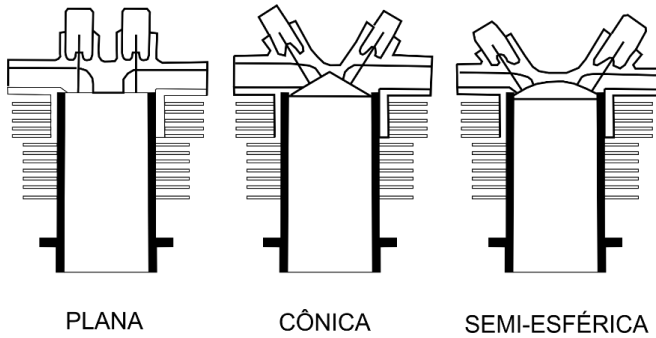


Câmara de Combustão

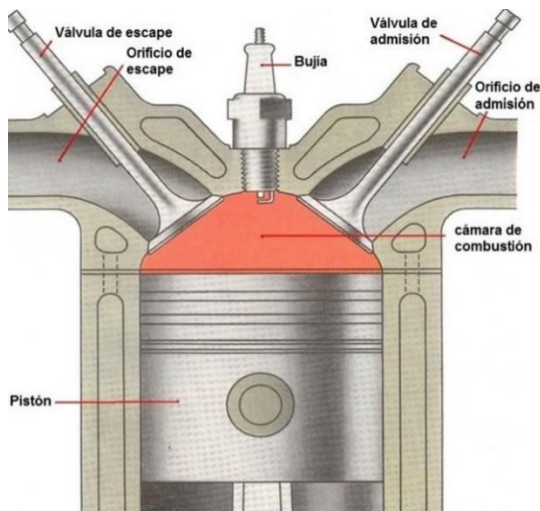
- Espaço no interior do cilindro onde a mistura é queimada.
- Vários tipos de câmara de combustão.
- Principais tipos de câmara de combustão.

PLANA
CÔNICA
SEMI-ESFÉRICA





Semi esférica (HEMIESFÉRICA): Melhor robustez e favorece o melhor escoamento dos gases de escapamento. Melhor limpeza do cilindro. Mais utilizada.



2. Pistão ou Êmbolo

• Peça em forma cilíndrica que desliza no interior do cilindro.

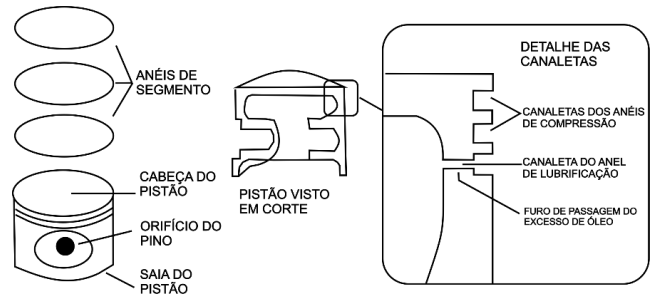
Pistão

Responsável por aspirar, comprimir e expulsar os gases queimados, além de transmitir a força expansiva à biela.

• Geralmente é feito de Liga de Alumínio por ser leve e bom condutora de calor.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS

Baixo peso
Boa condutividade térmica
Resistência física e química
Resistência a dilatação
(...)



3. Anéis de segmento

* Anéis de compressão e lubrificação

- Vedam a folga entre o pistão e o cilindro.
- Impedem a fuga dos gases da queima.
- Causam maior compressão possível na queima.
- Aproveitam melhor a reação química da queima.

ANÉIS DE COMPRESSÃO

- Devem exercer pressão constante.
- Geralmente são feitos de aço, ferro ou aço cromado.
- Localizados na parte superior do pistão.
- Geralmente são dois ou três anéis para este fim.

ANÉIS DE LUBRIFICAÇÃO

Eliminam o excesso de óleo das paredes do cilindro, deixando apenas uma pequena película lubrificadora.

- Instalados na parte inferior do pistão.
- Possuem pequenos furos para a passagem do óleo.

• Ambos servem para VEDAR as folgas.

em cima ◊ C ◊ • Compressão

em baixo ◊ L ◊ • Lubrificação

(princípio da ordem alfabética para memorização)

SEM OS ANÉIS •

Excesso de óleo permaneceria no cilindro

- Haveria queima de óleo durante a combustão.
- Haveriam resíduos desta queima misturando-se com a mistura e os gases da queima, prejudicando a produção de energia.

• Para evitar o desgaste:

Anéis de lubrificação são feitos de materiais menos rígidos.

São facilmente substituídos em revisões geralmente antes dos demais anéis, pois, por serem menos rígidos se desgastam antes e por terem um custo baixo em relação as demais partes do motor são preferencialmente substituíveis do que as demais partes do motor que possuem um custo mais elevado.



FUNIONAMENTO DO ANÉL:

O óleo entra no cilindro → Subindo

O excesso de óleo é raspado → Descendo



4. BIELA

Responsável por transformar MOVIMENTO LINEAR – MOVIMENTO ROTACIONAL

- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS
- Forte → Suportar esforços de compressão.
- Robusta → não aumentar o peso do motor e do avião.
- Leve → Contribuir o mínimo na geração da inércia
- Geralmente é feita de aço-cromo-níquel.
- Constituída por várias partes menores
- Corpo da biela pode ser no formato das letras I ou H, pois esse formato contribui para máxima resistência e mínima massa.



• PEÇAS QUE INTEGRAM O EIXO DE MANIEVELAS

Moente ou Munhão – onde se prende a biela através dos casquilhos.

Suporte – eixo sobre o qual é efetuada a rotação

Braço – é a parte que liga o moente aos suportes

Contrapeso – é a parte que contrabalança a massa do pistão e da biela, reduzindo a vibração e contribuindo para uma rotação mais regular.

6. MANCAIS

- São as peças que apoiam e permitem o movimento das peças móveis com o mínimo atrito. Também conhecidos como rolamentos popularmente.

Exemplo: Eixo de manivelas se apoia no cárter através de mancais denominados bronzinas ou casquilhos.

5. EIXO MANIVELAS OU VIRABREQUIM

- Peça que recebe a energia dos gases através da transmissão feita pela biela.
- O eixo transmite essa força para rotacionar a hélice.
- ◊ Pistões movem-se mais rápido → Mais potência → Eixo rotaciona mais rápido aumenta a rotação da hélice





7. Válvulas

As válvulas abrem e fecham, possibilitando a entrada de uma nova mistura para o cilindro ou interrompendo essa entrada, assim como possibilitam a saída ou não da mistura queimada.

- Válvula de admissão → Cabeça em forma de tulipa

- Válvula de escapamento → Cabeça em forma de cogumelo

Os formatos são puramente aerodinâmicos para facilitar que o fluxo dos gases flua da melhor maneira possível.

- As faces das válvulas que assentam-se nas SEDES: São cônicas para melhor ajuste. São endurecidas para diminuir o desgaste.

RESFRIAMENTO DAS VÁLVULAS:

Válvula de admissão

- Não está sujeita a uma temperatura muito elevada.
- A alta temperatura é proveniente da queima que aquece o motor como um todo.
- Resfriada através da admissão da mistura.

Válvula de escapamento

- Está sujeita a alta temperatura não só da queima que aquece o motor como um todo, mas também dos gases de escape que saem contendo grande parte da energia calorífica através desta válvula, aquecendo-a.
- Feita de materiais especiais
- Interior lizo, contendo Sódio.

POR QUE SÓDIO?

- Sódio funde-se a aproximadamente 90°C, movimentando-se dentro da válvula. Transfere calor da cabeça para a haste
- Movimento distribuindo melhor este calor que antes ficava concentrado.

SISTEMA DE COMANDO DE VÁLVULAS

- Mecanismo que efetua a abertura e fechamento das válvulas de forma coordenada.
- Parte mais importante: EIXO DE RESSALTOS

IMPORTANTE: Gira a metade da rotação do eixo manivelas

Abertura da válvula

Encontra o ressalto

Movimenta o rolete para cima

Move a haste para cima

Movimenta o Balancim

Abre a válvula

- Fechamento da válvula

Molas quando o eixo de ressalto permitir.

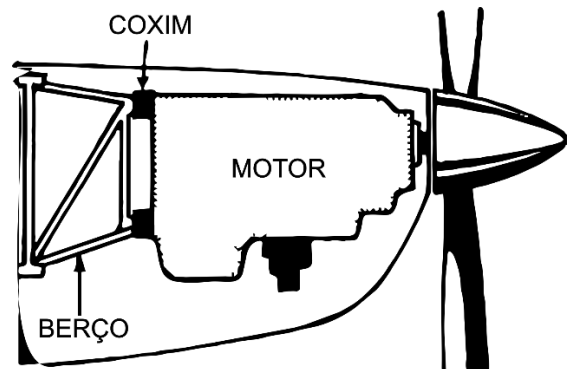
- POR SEGURANÇA: Motores possuem duas ou três molas em cada válvula enroladas em sentidos opostos para não se embaraçarem.

8. CÁRTER

- Carcaça do motor
- Envolve a estrutura do motor
- Onde estão fixados o cilindro, o eixo de manivelas e os acessórios.
- Motor fixado ao avião através do cárter.
- Suportar a si mesmo e suportar os acessórios do motor e os esforços do motor
- Servir de depósito e oferecer caminhos para o óleo lubrificante (em caso de cárter úmido)

9. BERÇO DO MOTOR

- Estrutura que serve para fixar o motor ao avião.
- Geralmente é feito de tubos de aço na diagonal, para suportar os esforços, principalmente TORQUE TRAÇÃO
- Pontos de fixação do berço do motor ao avião → possuem COXINS de borracha que servem para absorver parte da vibração do motor.



10. MATERIAIS RESISTENTES AO DESGASTE

Processos destinados a aumentar a resistência das partes feitas de aço:

CEMENTAÇÃO NITRETAÇÃO

CEMENTAÇÃO

- Tratamento a alta temperatura.
- Superfície do metal é enriquecida com carbono.

NITRETAÇÃO

- Tratamento em alta temperatura.
- Superfície do metal é enriquecida com Nitrogênio.

PARTES QUE PASSAM PELO PROCESSO

- Superfícies internas dos cilindros



- Moentes
- Suportes do eixo de manivelas
 - Ressaltos e suporte do eixo de comando de válvulas
- Superfícies cônicas nas cabeças das válvulas

OBSERVAÇÕES IMPORTANTE → Não é conveniente endurecer duas partes que trabalhem em contato.

Na peça de menor custo macia + propriedades lubrificantes

As peças de menor custo adquiridas através de ligas especiais.

LIGAS ESPECIAIS

- Ligas antifricção
- Ligas antiatrito

Apesar de serem ligas macias = Vida longa (desde que sejam bem lubrificadas e protegidas contra impurezas abrasivas, excesso de carga e superaquecimento).

11. MOTORES MULTICILÍNDRICOS

Motores de grande potência = aumenta-se o número de cilindros e não o tamanho dos mesmos.

Cilindros pequenos ciclos = acontecem de forma mais rápida

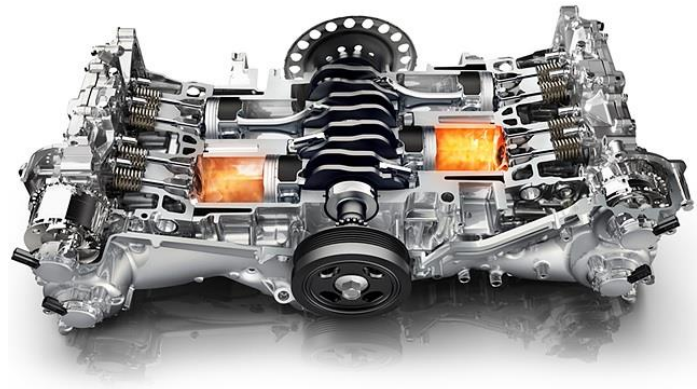
Multicilíndricos = vários pistões pequenos = mais suavidade porque os impulsos criados na combustão são menores e distribuem-se com maior uniformidade → Melhora a regularidade do conjugado motor.

Os cilindros dos motores já foram dispostos de várias formas diferentes ao longo da história; sendo os mais usuais e mais úteis:

- Cilindros horizontais opostos
- Cilindros radiais
- Cilindros em linha

CILINDROS HORIZONTAIS OPOSTOS

Este é a configuração de cilindros mais usada atualmente. O motor possui área frontal relativamente pequena, é compacto, leve e barato. Todos os cilindros ficam na posição horizontal, permanecendo limpos, sem acúmulo de óleo na câmara de combustão e velas. São geralmente fabricados com quatro ou seis cilindros - estes funcionam mais suavemente que os de quatro.



CILINDROS RADIAIS

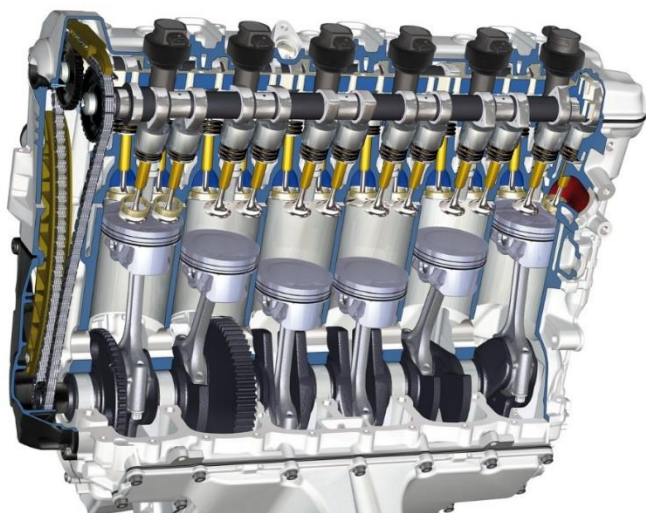
Os cilindros são dispostos radialmente em torno do eixo de manivelas, e formam um agrupamento em estrela. Neste motor, somente uma das bielas (chamada biela-mestra), prende-se ao moente do eixo de manivelas, e as demais (chamadas de bielas articuladas) prendem-se à cabeça da biela mestra. Apesar da área frontal excepcionalmente grande, esta é a configuração que acomoda melhor grande número de cilindros, sem prejuízo a leveza, da compactidade e sem aumentar de forma significativa a vibração. Todavia, os motores radiais estão sendo abandonados porque os motores turboélice os substituem com vantagem.





CILINDROS EM LINHA

Os cilindros em linha são dispostos em fila, tornando a área frontal muito pequena. Na prática, essa vantagem é apenas aparente, pois só pode ser aproveitada em aviões de fuselagem muito estreita. Além disso, o eixo manivelas torna-se muito longo, perdendo rigidez e propiciando o aparecimento de vibrações. Para um mesmo número de cilindros, o motor em linha é mais pesado que os horizontais opostos. Por todos esses motivos, a disposição de cilindros em linha é pouco usada em aviação.





1. Conceituação :

Performance é o desempenho do motor, avaliado principalmente pela potência que ele desenvolve em diversas situações.

2. Torque e Potência

a) Torque

É a capacidade de uma força de produzir rotação. Chave girando o parafuso à Parafuso recebe um torque que será tanto maior quanto maior a força aplicada ou o comprimento da chave utilizada. No avião à Torque indica o esforço rotacional do eixo sobre a hélice.

b) Potência

Trabalho que o motor executa por unidade de tempo. Medida de potência à HP (horsepower)

1 HP à capacidade de um cavalo robusto de erguer 76kg a altura de 1metro por segundo.

1 CV (cavalo vapor) à capacidade de um cavalo robusto de erguer 75kg a altura de 1metro por segundo.

NO MOTOR

Potencia = Torque x Velocidade de rotação

Relações

Aumento do torque à Potência _____

Aumento da RPM à Potência _____

Fatores importantes na determinação da potência

- Cilindrada
- Eficiência/Rendimento
- Velocidade de rotação

3. Cilindrada

Volume deslocado pelo pistão durante o seu curso.

Volume definido pelo movimento do pistão.

Volume compreendido entre os dois pontos mortos.

ATENÇÃO: Em motores multicilíndricos este valor é o valor deslocado por todos os pistões.

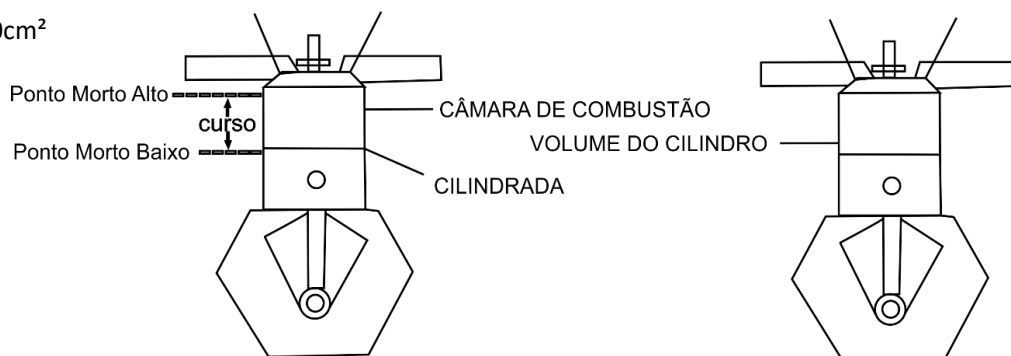
Ex:

Um motor de 4 cilindros

Cilindrada do motor de 1600cm²

Em cada cilindro o volume deslocado é 400cm²

Cilindrada x Volume do Cilindro



➤ Volume do cilindro

Volume de todo o cilindro, não apenas do curso. INCLUI A CÂMARA DE COMBUSTÃO.

➤ Cilindrada

Volume existente entre o PMA e o PMB, cuja distância é denominada CURSO.

4. Eficiência/Rendimento

Energia calorífera → à energia mecânica

Nesse processo de transformação; parte é perdida e parte é aproveitada; a parte aproveitada é denominada eficiência ou rendimento.

EFICIÊNCIA/RENDIMENTO

- Indica a parcela de energia calorífera do combustível aproveitada pelo motor para produzir energia mecânica.
- Parcela da energia do combustível que realmente faz o motor funcionar.

Outra Definição

Energia calorífera disponível na mistura

Trabalho térmico indicado e útil obtido em cada ciclo

Energia calorífera à Energia mecânica

Eficiência é 25% 30% nos motores aeronáuticos.

Eficiência/Rendimento depende de:

Melhor construção do motor
Elevada taxa de compressão

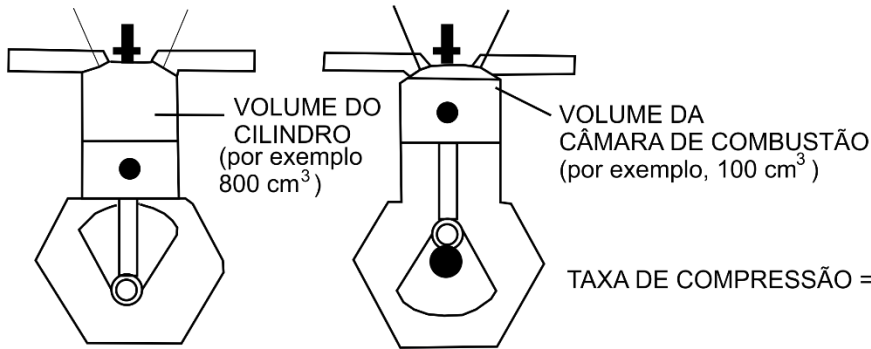
Taxa ou Razão de Compressão

É o quociente entre o volume do cilindro e o volume da câmara de combustão.

$$\text{Taxa de compressão} = \frac{\text{volume do cilindro}}{\text{volume da câmara de combustão}}$$



ANTES DA COMPRESSÃO DEPOIS DA COMPRESSÃO



$$\text{TAXA DE COMPRESSÃO} = \frac{800}{100} = 8 \text{ ou } 8:1$$

- Aumentar a eficiência do motor à ideal se fosse possível aumentar a taxa de compressão.
- Na prática não se consegue adotar taxas de compressão superiores a 8:1 devido ao fenômeno da detonação ou batida de pinos – o qual será estudado nos capítulos subsequentes.

5. Limitações de Rotação da Hélice

- Quando as pontas da hélice atingem velocidades próximas a velocidade do som à queda acentuada da eficiência.
- Para evitar que a hélice atinja estas velocidades os motores aeronáuticos são construídos com as seguintes características:
 - Baixa rotação
 - Torque elevado (**Obtido através de grandes cilindradas**)
 - Existem aviões de alta rotação → à Mecanismo de engrenagens de redução antes da energia ser transmitida para a hélice.

6. Tipos de Potência

A medida que a energia flui ao longo do motor, desde a queima do combustível até o aproveitamento real da energia para mover o avião, grande parte é perdida; portanto, dependendo do ponto onde se mede a potência, ela terá valores diferentes; portanto, é preciso definir cada potência:

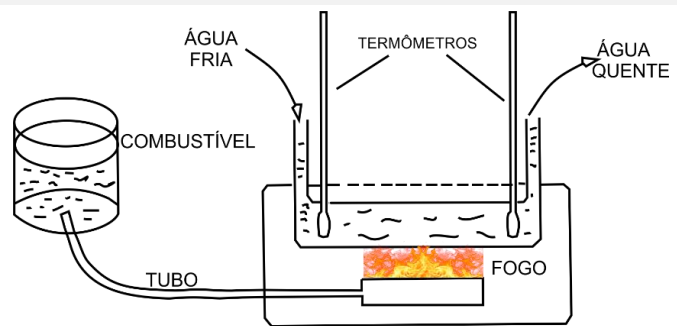
- Potência Teórica
- Potência Indicada
- Potência Efetiva
- Potência Máxima
- Potência Nominal
- Potência de Atrito
- Potência Útil

Potência Teórica

Potência liberada pela queima do combustível.

- Representa quase que a totalidade da energia contida no combustível

- Determinada através de um instrumento de laboratório denominado CALORÍMETRO

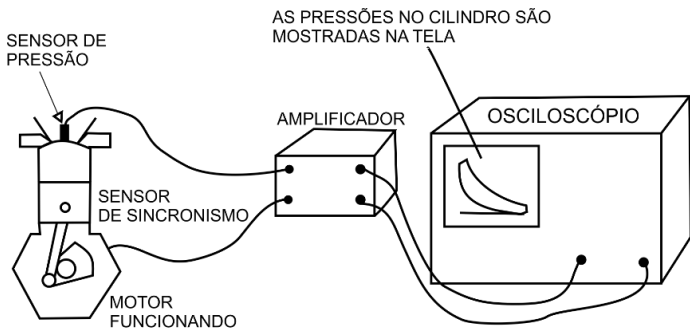


Calorímetro

Potência Indicada

- É a potência desenvolvida pelas gases queimados sobre o pistão.
- Calculada através de aparelhos chamados indicadores, os quais medem diretamente as pressões dentro dos cilindros.
- A limitação da taxa de compressão reduz a potência indicada para menos de 60% da potência teórica.

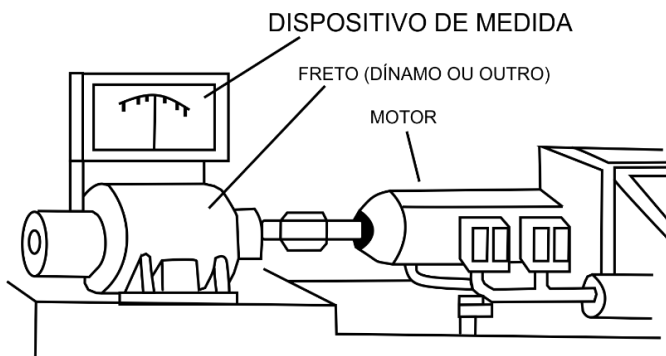
Se fosse possível comprimir mais a mistura, a energia do combustível seria melhor aproveitada, porém a taxa de compressão possui limitações para que não ocorra “batida de pinos” – que será estudada em capítulos subsequentes.



INDICADOR

Potência Efetiva

- É a potência que o motor fornece ao EIXO da hélice.
- É a potência indicada menos as perdas que ocorrem devido ao atrito nas peças internas do motor.
- É medida em aparelhos denominados DINAMÔMETROS
- Motores aeronáuticos medem através dos MOLINETES, os quais simulam carga imposta pela hélice.
- Potência efetiva também é chamada de potência ao freio
- Potência efetiva não é fixa. Ela varia de acordo com o regime de potência do motor.



DINAMÔMETRO

Potência Máxima

- É a potência efetiva máxima.
- A potência máxima que pode ser desenvolvida no eixo da hélice.
- A potência máxima que o grupo moto-propulsor pode fornecer.
- Geralmente em números essa potência supera a potência de projeto do motor.
- Utilizada durante intervalos de tempo curtos – Decolagem ou emergência

Potência Nominal

- Potência efetiva máxima para qual o motor foi projetado e construído.
- Ao contrário da potência máxima, a potência nominal pode ser utilizada por tempo indeterminado.
- “Potência máxima com tempo indeterminado”
- Também é denominada POTENCIA MÁXIMA CONTÍNUA

EXEMPLO: AVIAO COM 140HP DE POTENCIA NOMINAL

- Potência nominal = Potência máxima para qual o motor foi projetado.

Potência de Atrito

- Potência perdida por atrito nas partes internas do motor.
- Por mais bem lubrificado que o motor seja, sempre haverá atrito.
- Varia conforme a rotação da hélice.
- Pode ser determinada pelo dinamômetro. (girando o motor sem alimentação e ignição por meios externos)

Potência Útil

- Também denominada potência tratora ou potência de tração.
- É a potência desenvolvida pelo grupo moto-propulsor sobre o avião.
- Potência que o avião realmente desenvolve.

AVIÕES A HÉLICE

- Potência útil = potência efetiva x eficiência da hélice

Ex.

- Motor desenvolve 120HP no eixo
- Rendimento da hélice 90%
- $120 \times 0,90 = 108 \text{ HP}$





Abreviaturas em Inglês

São muito usadas em publicações aeronáuticas.

- IHP à Indicated Horse Power ----- Potência Indicada
- BHP à Brake Horse Power ----- Potência efetiva
- FHP à Friction Horse Power ----- Potência de atrito
- THP à Thrust Horse Power ----- Potência Útil

Ordem sequencial de grandeza

Na ordem decrescente

Outras potencias relacionadas a performance do avião :
(Serão melhor estudadas em Teoria de Voo)

Potência Necessária

- Potência que um avião necessita para manter voo horizontal nivelado em uma determinada velocidade.

Potência Disponível

- É a potência útil máxima que o grupo moto-propulsor pode fornecer ao avião.
- Voo de cruzeiro à Usa-se apenas parte da potência disponível – economia de combustível.

Exemplo potência de cruzeiro igual 75% da potência disponível.

AULA 10 - OPERAÇÃO DO MOTOR



OPERAÇÃO DO MOTOR

1. A imagem mostra o painel de instrumentos, destacando os instrumentos e os controles necessários para a operação do motor.

2. Mistura Ar-Combustível

É importante compreender a mistura para entender o funcionamento do motor nas diversas fases de voo.

- AR = mistura de oxigênio, nitrogênio e outros gases – mas na combustão apenas o oxigênio interage de forma a contribuir para a reação.

- COMBUSTÍVEL = Específico para a aviação

COMBUSTÍVEL DE AVIAÇÃO

As propriedades são controladas com muito rigor.

Não pode ser instável.

Deve ser estável mesmo com variação da temperatura, densidade e pressão. SEGURANÇA EFICIÊNCIA ECONOMIA CONFORTO.

Mistura Ar-Combustível

- MISTURA = ar + combustível (ambos devem estar vaporizados para poderem interagir e a partir da faísca gerar combustão)

- Proporção de Ar x Proporção de Combustível → Define se a mistura é rica ou pobre!

Muito ar e pouco combustível → Mistura pobre

Pouco ar e muito combustível → Mistura rica

“Equilíbrio” entre ar e combustível → Mistura quimicamente correta

- “Equilíbrio” → Partes não são iguais em números, mas equilibram-se de modo que haja a quantidade perfeita de combustível para uma dada quantidade de ar.

CLASSIFICAÇÃO DA MISTURA

- RICA
- POBRE
- QUIMICAMENTE CORRETA

Termo “MISTURA” também serve para indicar a relação entre as massas de ar e de combustível de três maneiras diferentes:

10:1 → Dez partes de ar para uma de combustível

1:10 → Uma parte de ar para dez de combustível

0,1:1 → 0,1 parte de combustível para uma de ar

NOTE QUE O NUMERO MAIOR INDICA SEMPRE A MASSA DE AR

Variação dessas proporções **NÃO** pode ser a vontade, porque:

Mistura for muito pobre (pouco combustível)

Não haverá queima por falta de combustível

Mistura for muito rica (muito combustível)

Não haverá queima por falta de ar

IMPORTANTE

Misturas Incombustíveis Misturas que não entram mais em combustão devido a desproporção entre os agentes da combustão (ar e combustível).



Mais pobre que **25:1** – não queima por falta de gasolina.

Mais rica que **5,55:1** – não queima por falta de ar

3. Potência x Eficiência

POTÊNCIA

Sempre relacionada com o regime do motor e com a mistura

Maior o regime (fluxo de ar) e mais rica a mistura

→ Maior a potência

Menor o regime (fluxo de ar) e mais pobre a mistura

→ Menor a potência

Potência x Eficiência

EFICIÊNCIA

Relacionado com a economia máxima para aquele determinado regime do motor.

Queimar BEM a mistura, mas sem desperdiçar combustível.

Melhor a eficiência → Melhor combinação entre os agentes da combustão.

MISTURA RICA

Motor funciona com maior potência

Motor funciona com menor eficiência

Por que menor eficiência?

Porque ele utiliza muita mistura para queimar uma dada quantidade de ar, sendo que não precisaria de tudo isto e parte da mistura não é queimada é expelida juntamente com os gases de escape.

MISTURA POBRE

Motor funciona com menor potência

Motor funciona com maior eficiência

Por que maior eficiência?

Porque não há desperdício de combustível.

Combustível mínimo para queimar aquela quantidade de ar.

Mistura Quimicamente Correta

• Mistura quimicamente correta → Teórica

Na prática não é utilizada porque:

- Queima não é perfeita
- Queima não é completa

- Haverão resíduos inaproveitáveis de combustível
- Não haverá potência máxima
- Não haverá eficiência máxima
- Não há vantagem de utilizá-la na prática

4. Fases Operacionais do Motor

• Existem várias condições em que o motor funciona durante o voo:

- **Marcha Lenta**
- **Decolagem**
- **Subida**
- **Cruzeiro**
- **Aceleração**
- **Parada**

OBS: Não confundir **fases operacionais** com **fases de funcionamento**

Fases Operacionais do Motor

• Fases operacionais estão diretamente ligadas com

A posição na manete de potência

A posição da Borboleta do carburador

O fluxo de ar

O fluxo de combustível

Marcha Lenta

O motor funciona:

- Sem solicitação de esforço
- Com velocidade apenas suficiente para não parar
- Manete de potência reduzida (puxada para trás)
- Borboleta do carburador restringindo a passagem de ar
- Pouco ar e pouco combustível

IMPORTANTE: A mistura deve ser RICA, porque o fluxo de ar já é pouco o que limita a aspiração da gasolina no carburador.

• Além disto, parte da mistura pode ser perdida misturando-se com os gases do escape durante o cruzamento das válvulas que ocorre devido as modificações do Ciclo Otto

Ajuste de marcha lenta  Mecânico em solo!

Decolagem

- Fase em que se exige máxima potência do motor.
- Manete de potência plena (máxima/fullpower)
- Borboleta do carburador totalmente aberta
- Fluxo de ar máximo
- Fluxo de combustível máximo



• Temperatura pode aumentar, mas isto não será problema porque após a decolagem o motor terá a potência novamente reduzida assim que possuir altura para suficiente.

ALTURA → MENOR DENSIDADE → “MENOS AR” → REDUÇÃO DA MISTURA PARA COMPENSAR A “DIMINUIÇÃO DE AR”.

MAIOR ALTURA → MAIS POBRE A MISTURA → GRANDE BENEFÍCIO DE VOAR ALTO – ECONOMIA!

Subida

- Após adquirir um pouco de altura/altitude
- Piloto reduz a rotação do motor ajustando a potência para máxima contínua.
- **Potência Máxima x Potência Máxima**

Contínua

Observação:

Em aviões de pequena performance não será reduzida a potência durante a subida.

IMPORTANTE: Mistura ideal para subida

Moderadamente RICA (12,5:1)

• **Durante a subida**

Empobrecimento gradativo da mistura, motor trabalhará de uma forma mais suave, porque estará com a quantidade de ar equalizada com a quantidade de combustível. Esse pequeno “empobrecimento” da mistura, melhora a eficiência!

TÉCNICA DE CORREÇÃO ALTIMÉTRICA

- Achar o ponto da mistura correto tendo como sinais a rotação da hélice.
- Empobrecer a mistura até uma queda abrupta da rotação, quando esta ocorrer enriquecer um pouco mais.

“Feeling”

Cruzeiro

- Fase mais longa do voo
 - Viagem até o destino
 - Potência reduzida e mistura pobre – ECONOMIA
 - Manete ajustada para a rotação recomendada de acordo com o manual da aeronave.
- Ex: 2200 RPM
- Deve-se verificar constantemente a rotação da hélice no tacômetro.

Aceleração

• Em caso de emergência → Aceleração Rápida → Levar a manete rapidamente a frente faz com que entre em atuação a bomba de aceleração rápida, que injeta uma quantidade adicional de combustível rapidamente, para que a aceleração imediata ocorra.

• **Exemplo:**

Surge um obstáculo inesperado na pista e é necessário arremeter imediatamente.

Fluxo de ar → Aumenta assim que a borboleta se abre

Fluxo de combustível → Existe uma certa demora devido a inércia do fluído, tubulações, válvulas...

Sem um sistema de aceleração rápida a inércia atrapalharia a arremetida, podendo até mesmo evitá-la dependendo das condições (operacionais/meteorológicas)

Para arremeter rápido

Sistema de aceleração injeta uma quantidade de combustível extra, tornando a mistura rica e diminuindo a inércia do fluxo de combustível

Acionamento do sistema

Automaticamente quando o piloto leva a manete a frente rapidamente.

Parada do Motor

Desligando-se a chave...

Parte da mistura permanece nas linhas de combustíveis e nos cilindros do avião o que provoca diluição do óleo lubrificante.

Cortando-se a mistura...

Procedimento correto porque o motor continuara funcionando até eliminar toda a mistura existente nos cilindros e nas linhas de combustíveis do avião.





1. Conceituação

Fornecer a mistura ar combustível ao motor, na pressão e temperatura adequada e livre de impurezas.

O sistema de alimentação completo é englobado por três partes

Sistema de Indução- Conjunto que admite, filtra e aquece o ar (se necessário)

Sistema de Superalimentação – é o conjunto que aumenta a pressão do ar admitido. (Os aviões mais simples não possuem este sistema)

Sistema de formação de Mistura – é o conjunto que mistura o combustível com o ar.

SISTEMA DE INDUÇÃO

Tem a função de admitir, filtrar e aquecer o ar se necessário.

Composto pelas seguintes partes:

Bocal de admissão - admitir

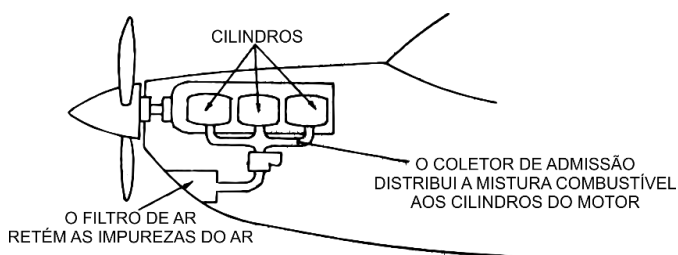
Filtro de ar - filtrar

Aquecedor de ar - aquecer

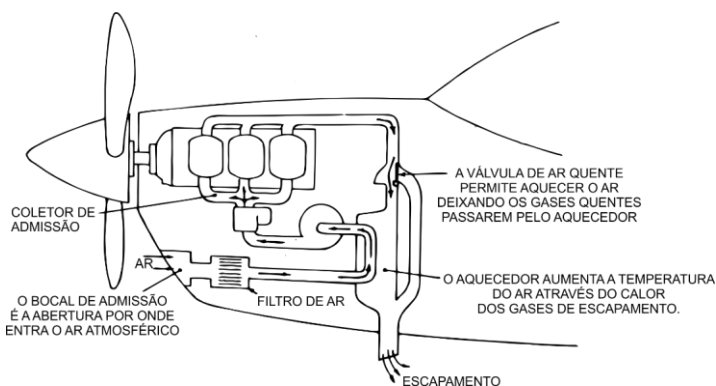
Válvula de ar quente – abrir caminho

Coletor de admissão – distribuir

Sistema mais simples de admissão é formado apenas por um filtro de ar e o coletor de admissão



Na imagem abaixo é possível ver o mesmo sistema porém com mais detalhes;



SISTEMA DE SUPERALIMENTAÇÃO

MOTOR NÃO SUPERALIMENTADO

→ Pistão aspira ar através da rarefação (redução de pressão interna) à admissão

→ Pressão maior à pressão menor

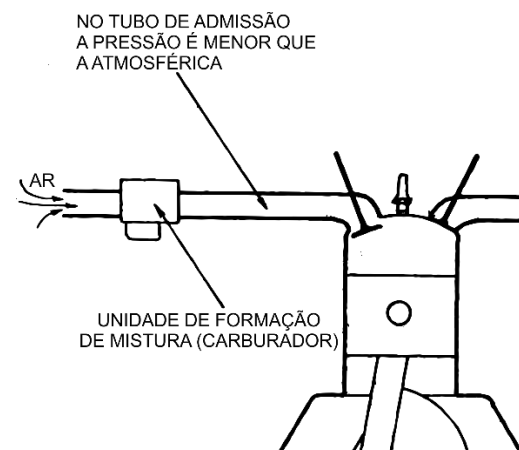
→ Pressão no cilindro é sempre MENOR do que a atmosférica

→ Aumento da altitude à diminuição da pressão atmosférica à Diminuição da pressão no cilindro à Perda de eficiência

PRESSÃO MENOR QUE A PRESSÃO ATMOSFÉRICA
PRESSÃO ATMOSFÉRICA PADRÃO:

760mmHg

29,92polHg



MOTOR SUPERALIMENTADO

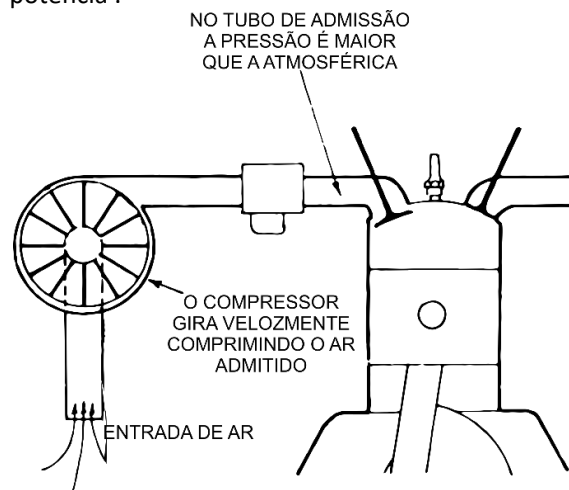
→ Compressor aspira o ar e o comprime.

→ Ar chega nos cilindros pressurizado.

→ Pressão o cilindro é sempre maior que a pressão atmosférica.

→ Funciona em maiores altitudes como estivesse no nível médio do mar.

→ Altitude crítica , começa também a perder potência .

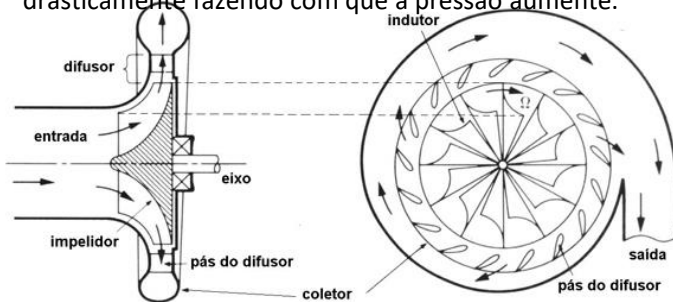




Importante saber que em um motor superalimentado a admissão é controlada pelo piloto através de um manômetro calibrado geralmente em milímetros ou polegadas de mercúrio. Quando o avião está em solo, com o motor desligado o manômetro indicará a pressão atmosférica local.

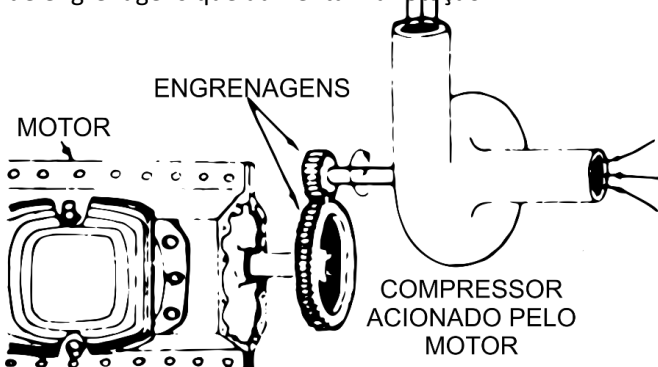


COMPRESSORES – Os mais usados na superalimentação são os do tipo centrífugo. Possui uma ventoinha que gira em altíssimas velocidades, arremessando o ar por efeito centrífugo contra os difusores, dispostos em seu entorno. Nos difusores a velocidade do ar diminui drasticamente fazendo com que a pressão aumente.



ACIONAMENTO DOS COMPRESSORES

Podem ser acionados pelo eixo manivelas, através de engrenagens que aumentam a rotação.



Nos motores turbo-alimentados ou turbo-ventoinha, o compressor não é acionado por engrenagens e sim por uma turbina que aproveita a energia dos gases de escape, girando em velocidades que chegam a 70000 RPM

A turbina tem o funcionamento inverso do compressor. Possui também uma roda com palhetas, que é acionada pela pressão ou “sopro” dos gases de escape.

CUIDADOS E LIMITAÇÕES

Vigiar constantemente

- Tacômetro e termômetro de óleo
- Termômetro da cabeça do cilindro
- Manômetro de admissão
- Se os valores limites forem ultrapassados pode haver superaquecimento, ocasionando pré-ignição e detonação, redução do tempo entre as manutenções.
- Pode ser proibido abaixo de uma determinada altitude, tendo em vista que em baixas altitudes a densidade do ar é elevada.

SISTEMA DE FORMAÇÃO DE MISTURA

O sistema de formação de mistura tem a finalidade de vaporizar a gasolina e misturá-la ao ar.

Existe três tipos básicos de sistema de formação de mistura :

- 1- Carburação
- 2- Injeção indireta
- 3- Injeção direta

1- CARBURAÇÃO

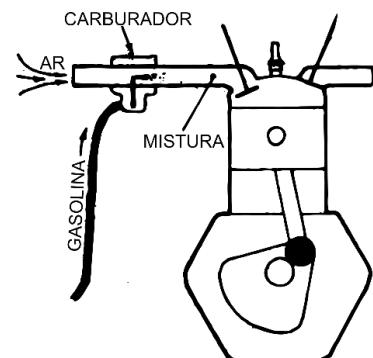
PRINCÍPIO BÁSICO

Ar passa por um dispositivo denominado CARBURADOR onde se mistura com a gasolina

TIPOS DE CARBURADOR

• Sucção/pressão diferencial Gasolina é aspirada pelo fluxo de ar.

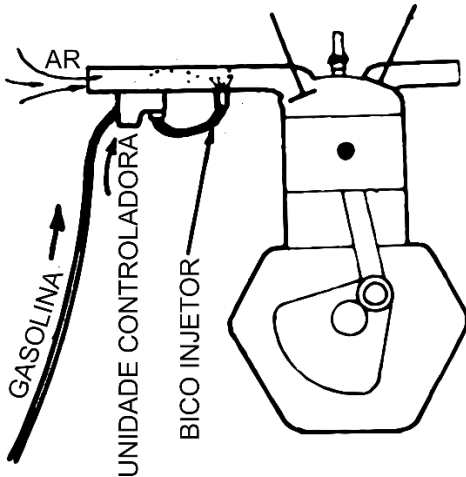
• Injeção Gasolina é injeta dentro do fluxo de ar sob pressão





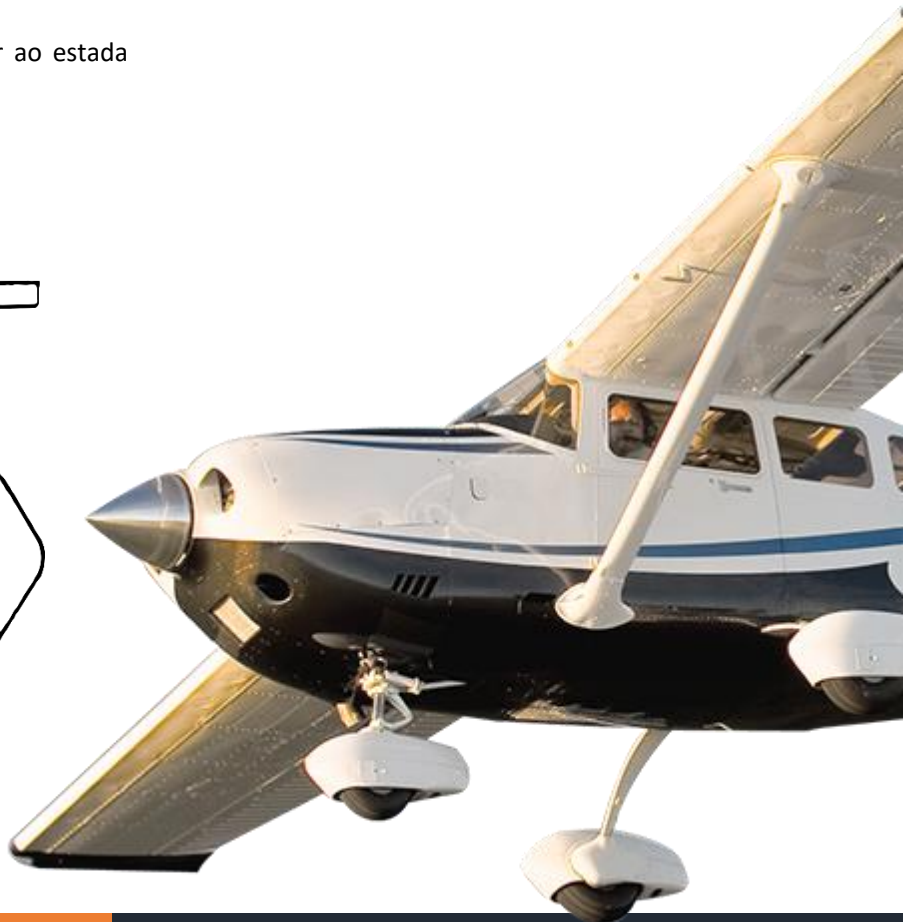
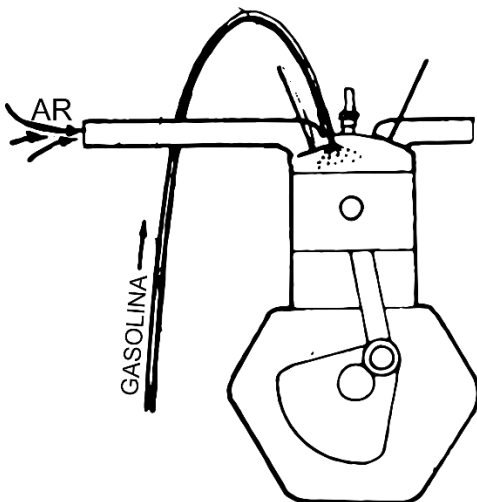
2- INJEÇÃO INDIRETA

- Gasolina injetada no fluxo de ar por uma bomba
- Injetada antes do cilindro
- Não há carburador para dosar a mistura
- Unidade controladora/reguladora de combustível (dosagem)
- Bico injetor (pulveriza a gasolina)



3- INJEÇÃO DIRETA

- Os cilindros aspiram ar puro.
- Combustível é injetado dentro dos cilindros.
- Mais eficiente
- Respostas mais rápidas
- Menor possibilidade a gasolina voltar ao estado líquido, empobrecendo a mistura.





1. Carburador:

O carburador é a mais simples das unidades de formação de mistura.

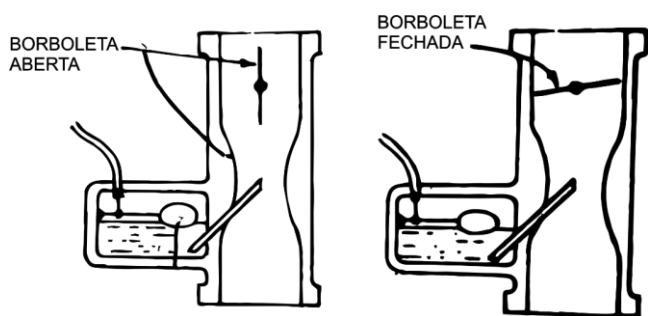
Controla a quantidade de ar e dosa a gasolina na proporção correta, selecionando assim as fases operacionais (marcha lenta, decolagem e etc) que o piloto comanda através da manete de potência. Se a mistura formada não for adequada, o motor pode parar de funcionar por falta de gasolina ou por afogamento, isto é, por excesso de gasolina.

2. Controle de potência:

A manete de potência está ligada diretamente na borboleta do carburador, que controla diretamente a quantidade de ar e indiretamente a quantidade de combustível, pois se há mais ar fluindo, irá “puxar” mais combustível.

Quando o piloto aciona potência total (manete toda a frente) a borboleta do carburador estará totalmente aberta, permitindo com que o motor aspire a máxima quantidade de ar.

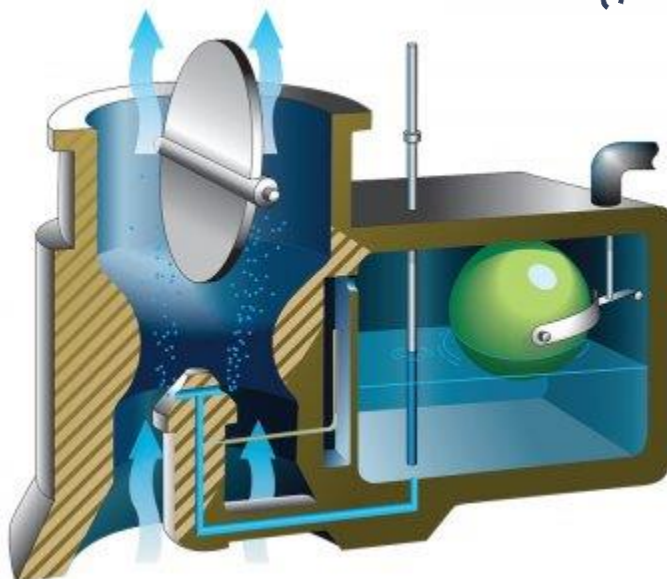
Quando o piloto seleciona a manete em marcha lenta (manete toda para trás) a borboleta estrangulará ao máximo a passagem do ar, fazendo com que o motor funcione em marcha lenta. A borboleta fica quase fechada, aberta apenas o suficiente para entrar uma pequena quantidade de ar e succiona uma pequena quantidade de combustível – o que ocasiona o mínimo de potência ao motor.



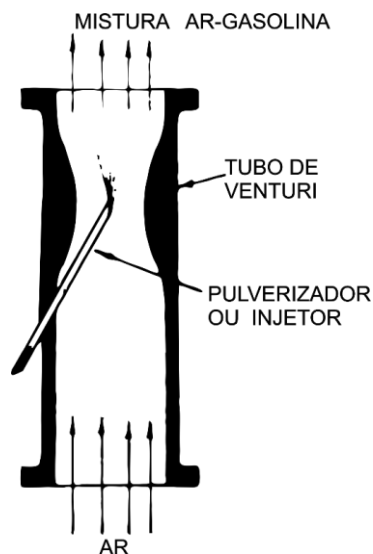
IMPORTANTE : Este mecanismo de borboleta é utilizado para controlar o fluxo de ar de admissão em todos os sistemas de formação de mistura, seja carburação, injeção direta ou indireta. O controle de fluxo de gasolina, porém, varia conforme o sistema, que serão vistos na sequência.

3. Princípio de funcionamento do carburador:

O elemento básico do carburador é o **tubo de venturi**, o qual possui um estrangulamento onde o fluxo de ar se acelera, princípio que é estudado em



detalhes em Teoria de Voo. Esse formato do Tubo de Venturi, acelera o ar e consequentemente aumenta a energia (pressão) dinâmica e diminui a energia (pressão) estática.



A sucção resultante do tubo de venturi, faz a gasolina subir pelo pulverizador ou injetor, misturando-se com o ar sob forma pulverizada, esta gasolina deve chegar ao cilindro sob forma gasosa.

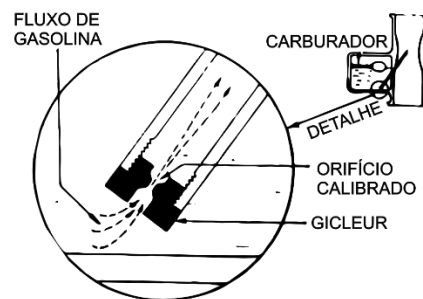
O nível de gasolina dentro da cuba é mantido constante através de um sistema de bóia semelhante ao das caixas de água residenciais.

Portanto o funcionamento deste carburador baseia-se na diferença de pressão existente entre a cuba de nível constante e o tubo de venturi.



4. Gicleur ou giglê:

É um orifício calibrado que serve para dosar a quantidade de combustível que sai do pulverizador principal, quanto menor o diâmetro do orifício, mais pobre será a mistura. Este diâmetro é fixo e determinado pelo fabricante do motor.

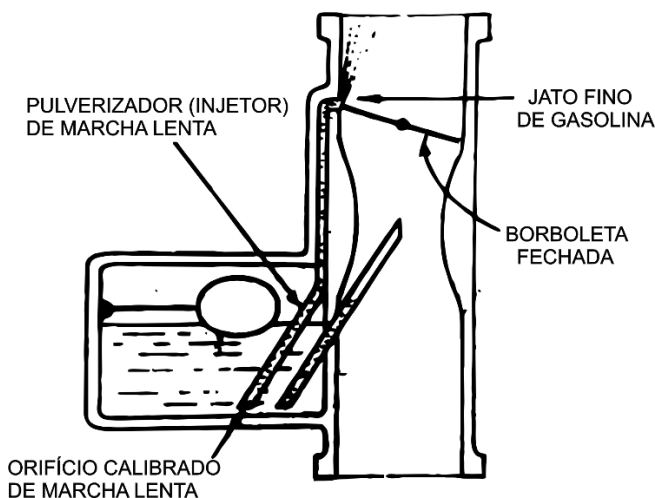


5. Marcha lenta:

Quando o piloto posiciona a manete de potência em marcha lenta, ele está estrangulando ao máximo a passagem de ar através da borboleta.

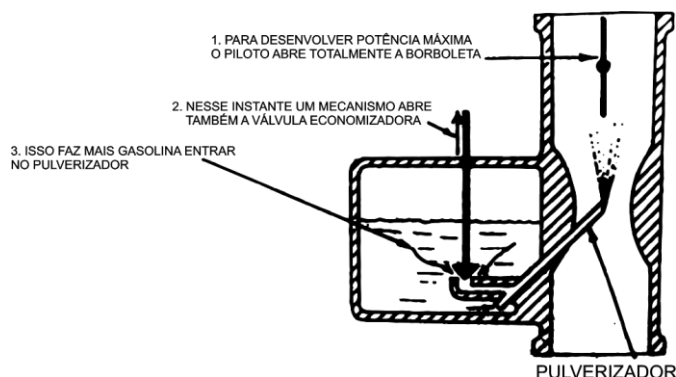
Neste momento a gasolina deixa de ser aspirada pelo pulverizador principal e passa a ser aspirada pelo **pulverizador de marcha lenta**, o qual aproveita a sucção formada entre a borboleta e a parede do tubo.

A abertura da borboleta e o orifício de dosagem de gasolina podem ser ajustados pelo mecânico em solo. Este ajuste faz parte do serviço de regulagem do motor.



6. Aceleração:

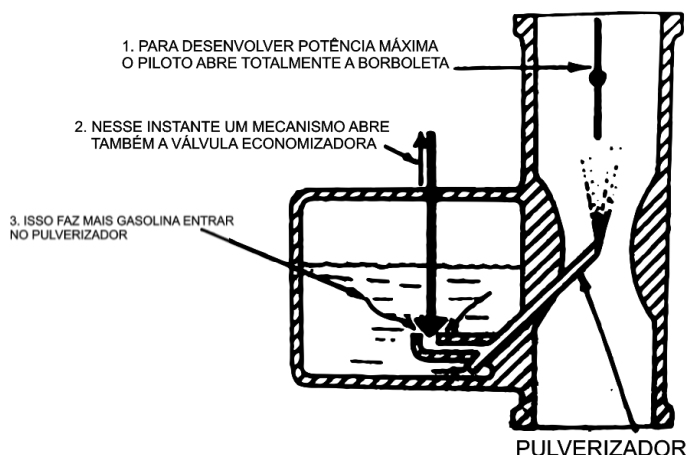
Quando o piloto coloca toda a manete a frente ele está acelerando o fluxo de ar imediatamente, mas a gasolina sofre um retardo ao subir pelo pulverizador para chegar no tubo de venturi do carburador. Para compensar esse retardo, o carburador possui uma bomba de aceleração, cuja o pistão injeta uma pequena quantidade adicional de gasolina no instante em que a borboleta é aberta.



7. Válvula economizadora:

Quando a borboleta está na posição de potência máxima, além do dispositivo mencionado no item 6, abre-se uma **válvula economizadora**, fazendo passar mais gasolina para o pulverizador, a mistura torna-se rica (10:1)

Reduzindo a potência para máxima contínua, a válvula fecha-se um pouco, e a mistura empobrece um pouco para 12,5:1. Se a potência for reduzida para cruzeiro, a válvula economizadora fecha-se totalmente, tornando a mistura pobre 16:1.





8. Influência da atmosfera:

A mistura torna-se rica quando a densidade do ar diminui. Podendo ser consequência das seguintes variações:

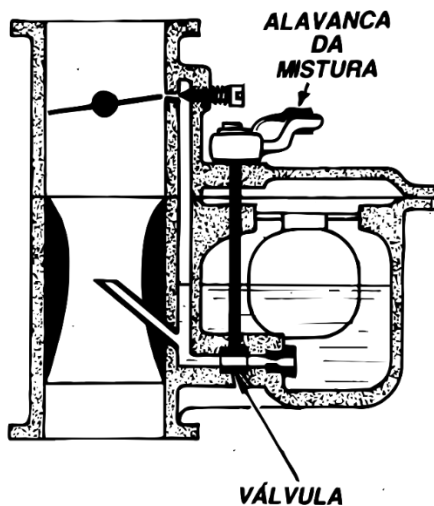
Redução da pressão atmosférica devido à altitude ou por razões meteorológicas.

Aumento da temperatura do ar.

Aumento da umidade do ar.

9. Corretor altimétrico:

Já sabemos que conforme o avião vai ganhando altitude precisamos empobrecer a nossa mistura pelo fato da queda da densidade. Isto é feito pelo **corretor altimétrico** (geralmente uma válvula), que é acionada pela manete de mistura e serve para corrigir a mistura e cortar o motor. Na imagem temos um exemplo típico, mas existem corretores altimétricos dos mais variados tipos, inclusive automáticos que dispensam a atenção do piloto.



10. DEFICIÊNCIAS DO CARBURADOR

* Distribuição desigual da mistura nos cilindros

- Possibilidade de formação de gelo no Tubo de Venturi (queda de temperatura na vaporização)
- Movimentos do avião provocam movimentos na cuba.
- Existe possibilidade da mistura voltar ao estado líquido no tubo de admissão – empobrece a mistura.

11. SINTOMAS DA FORMAÇÃO DE GELO

GELO NA BORBOLETA

Ocorre a queda da rotação do motor porque o gelo bloqueia a passagem da mistura como se a borboleta estivesse sendo fechada; assim como a queda na pressão de admissão pela mesma razão, facilmente percebido se o avião possuir um manômetro de admissão

GELO NO PULVERIZADOR

Provoca o funcionamento irregular do motor ou retorno de chama nesse último caso se o gelo bloquear a saída da gasolina do pulverizador, empobrecendo a mistura.

12. ELIMINAÇÃO DO GELO

* Aquecer o ar de admissão

* Dispositivo acionado por uma alavanca no painel

* Utiliza o calor dos gases de escape (Sistema de Indução)

13. CARBURADOR DE INJEÇÃO (É um carburador com melhorias a fim de reduzir as deficiências do carburador de sucção)

* Combustível sob pressão de uma bomba acionada pelo motor.

* Pressão ajustada pela unidade reguladora, de acordo com o fluxo de ar.

* Gasolina vai para a unidade de controle – orifício calibrado.

* Gasolina dosada segue para o pulverizador onde se mistura com o ar.

* Borboleta = carburador convencional

* Tubo de venturi = sinaliza aos diafragmas da unidade reguladora para controlar a pressão da gasolina.

OBS:

Sucção é a injeção feita pela pressão atmosférica. CARBURADORES PRESSURIZADOS OU NÃO FUNCIONAM POR PRESSÃO. Carburador Convencional (aspirado) → pressão do ar atmosférico Injeção (pressurizado) → Pressão criada por mecanismos internos

VANTAGENS DO CARBURADOR DE INJEÇÃO/PRESSURIZADO

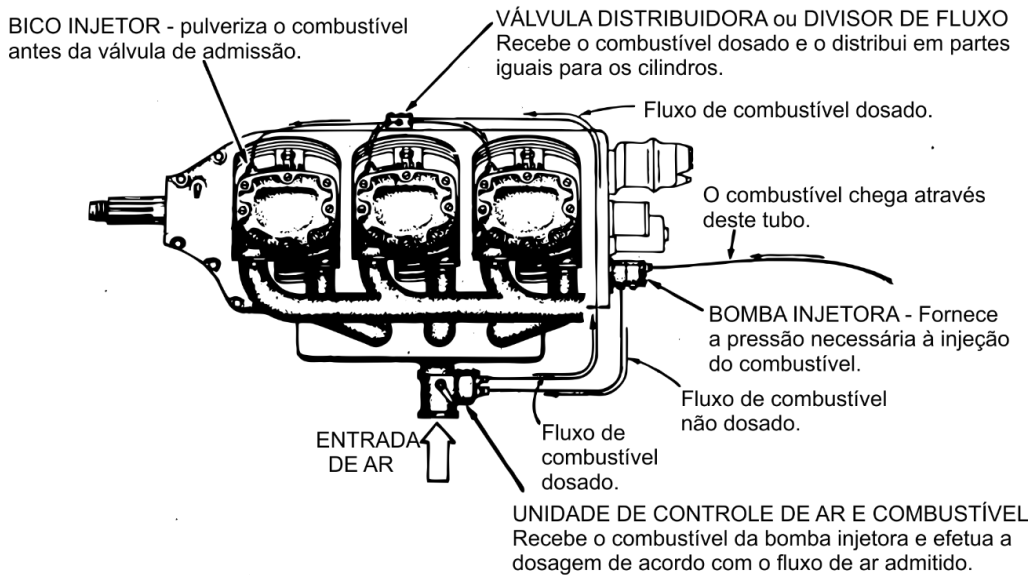
Evita acúmulo de gelo na borboleta, porque a pulverização é feita após esta.

Funciona em todas as posições do avião, não há espaço vazio onde o combustível possa balançar.

Vaporização mais perfeita do ar, porque a pressão quebra as partículas de gasolina em partículas ainda menores.

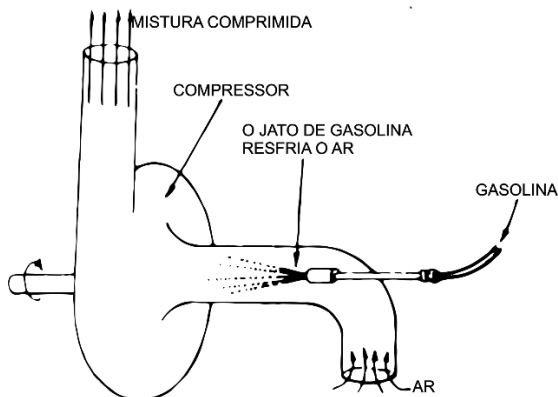
14. SISTEMA DE INJEÇÃO INDIRETA

Neste sistema, os cilindros recebem a mistura já formada. Na imagem podemos notar um sistema típico, onde o combustível é injetado na cabeça do cilindro, num fluxo contínuo imediatamente antes das válvulas de admissão.



Alguns sistemas de injeção indireta não possuem válvulas distribuidoras, porque o combustível é injetado no duto de admissão, antes de este se ramificar para vários cilindros do motor.

A injeção pode ser feita na entrada do compressor de superalimentação. A vaporização do combustível torna o ar mais frio e denso, aumentando a massa de ar admitida e portanto a potência do motor.



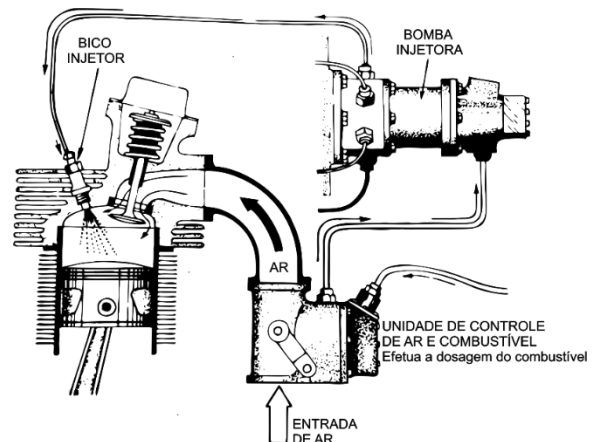
14. Sistema de Injeção Direta

Neste sistema de injeção direta, o combustível é pulverizado dentro dos cilindros, durante a fase de admissão, portanto o fluxo é descontínuo, já que o combustível não pode ser injetado a todo instante, apenas no momento correto.

O motor aspira ar puro e a mistura forma-se dentro dos cilindros, por isso leva o nome de injeção DIRETA, a mistura forma-se DIRETAMENTE nos cilindros.

Nesta imagem temos um exemplo de um sistema

típico de injeção direta. A bomba injetora desempenha um papel vital, pois ela serve não somente para bombear combustível, como também para distribuir e injetar o combustível nos cilindros, em sincronia com os tempos de admissão.



VANTAGENS DA INJEÇÃO DIRETA

Evita acúmulo de gelo na borboleta, porque a pulverização é feita após esta.

Funciona em todas as posições do avião, não há espaço vazio onde o combustível possa balançar.

Vaporização mais perfeita do ar, porque a pressão quebra as partículas de gasolina em partículas ainda menores. (mesmas vantagens do carburado de injeção/pressurizado, mas ainda mais notáveis.

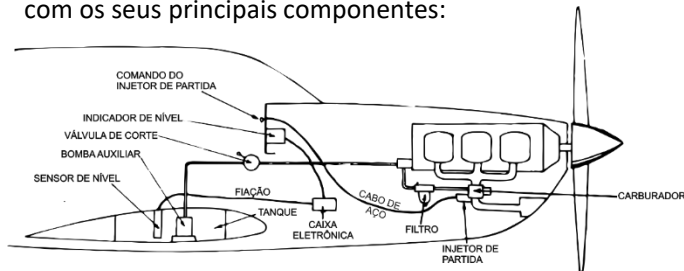
Em relação aos outros sistemas (carburado/carburado de injeção/injeção indireta) a injeção direta é:

- ✓ Mais eficiente
- ✓ Respostas mais rápida
- ✓ Menor possibilidade a gasolina voltar ao estado líquido, empobrecendo a mistura.



1. O Sistema de combustível tem a finalidade de armazenar o combustível e fornecê-lo ao motor, independente da rotação, altitude, umidade ou pressão.

A imagem abaixo ilustra um sistema de combustível com os seus principais componentes:

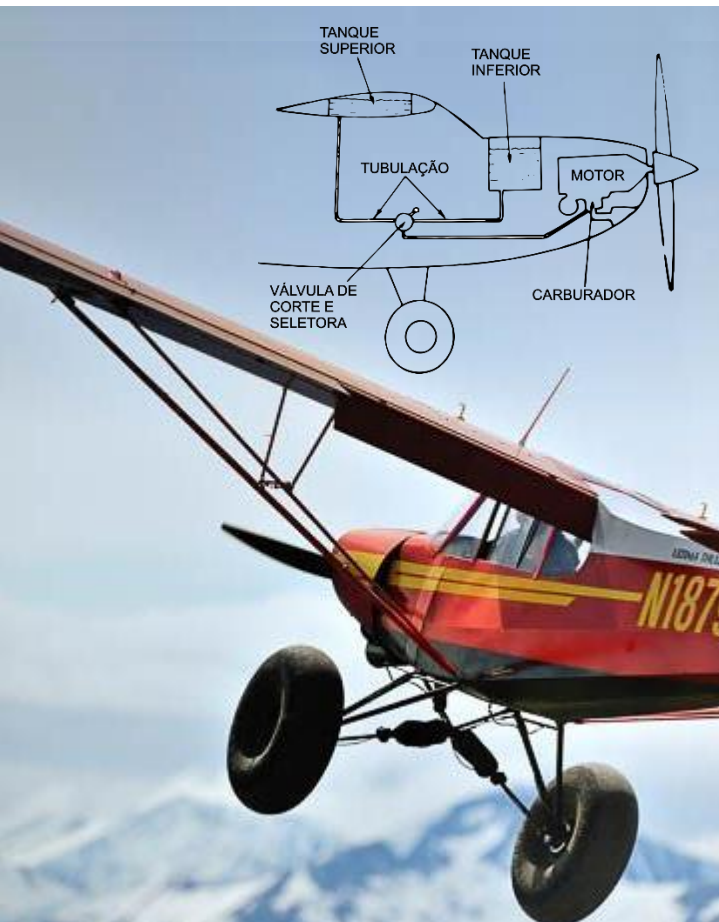


Basicamente existem dois sistemas de combustíveis possíveis nas aeronaves:

- ✓ Alimentação por gravidade
- ✓ Alimentação por pressão

2. Alimentação por gravidade:

Neste tipo de sistema, os tanques estão localizados em posições mais elevadas e o combustível escoar por gravidade, como pode ser observado na imagem abaixo:

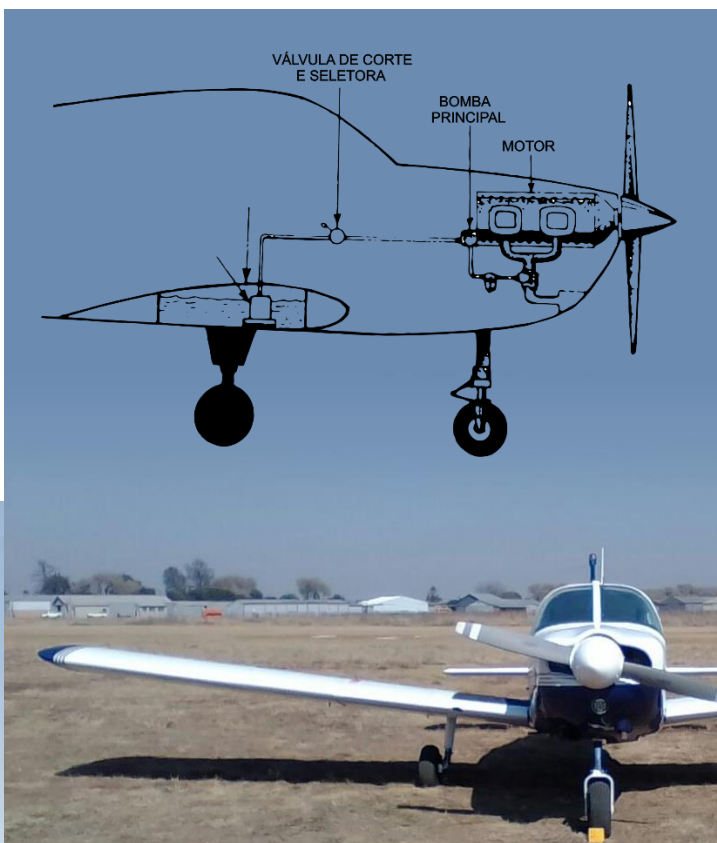


O piloto pode selecionar os tanques a serem usados (superior, inferior ou ambos/ asa direita, asa esquerda ou ambos) através de válvulas de corte e seletora, a qual serve para cortar a alimentação de combustível ao motor, localizada no interior da cabine de comando.

Os tanques possuem um furo de ventilação para que o ar possa entrar.

3. Alimentação por pressão:

Neste sistema, o combustível é enviado ao motor através de pressão de uma bomba.



Normalmente são usadas duas bombas:

Bomba principal, que é acionada pelo motor do avião

Bomba auxiliar, que é acionada por um motor elétrico, geralmente usada durante a partida do motor, decolagem e pouso ou em voos de altitudes elevadas, conforme recomendada pelo manual do avião. Esta bomba também pode alimentar o motor quando a bomba principal eventualmente estiver em pane.

Em muitos aviões ela está instalada no fundo do tanque de combustível.

4. Tanques de combustível:

O combustível é armazenado nos aviões em tanques localizados geralmente dentro das asas ou da fuselagem.



Sendo os principais tipos:

Tanque Rígido

É construído com material rígido como o alumínio, aço inoxidável, fibras e plásticos diversos, sendo fixado no avião através de tiras metálicas emborrachadas ou outro meio apropriado.

Tanque Flexível (“BladderCell” literalmente “célula bexiga”)

É feito de borracha sintética ou outro material flexível. Deve ser amarrado ou fixado por meio de presilhas e outros meios, em locais apropriados para suportar as cargas previstas em voo.

Tanque Integral:

Este tanque utiliza a própria estrutura do avião para armazenar o combustível, portanto não é removível. A selagem contra vazamento é feita durante a fabricação do avião.

5. Indicador de quantidade de combustível (Liquidômetro):



Marca a quantidade de combustível nos tanques de combustível. Geralmente é um instrumento elétrico que recebe um sinal de um transmissor localizado no tanque.

Em aviões mais simples é construído com uma boia com um haste de arame visível externamente, logo a frente do para-brisa.

6. Injetor de partida (“PRIMER”):

É uma pequena bomba manual ou elétrica que serve para injetar um pouco de combustível do tubo de admissão, para facilitar a partida; utilizado principalmente em dias frios, na primeira partida no motor.

O primer deve ser acionando conforme as recomendações do fabricante do motor.

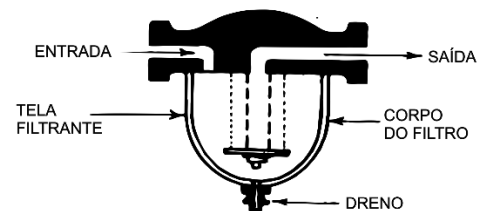
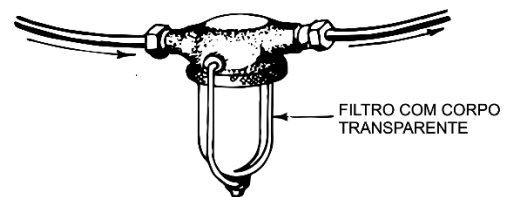
OBS: Em alguns aviões não existe a injetora de partida, tendo o piloto que acionar a manete de potencia algumas vezes (Seguindo a recomendação do fabricante). Este movimento aciona a bomba de aceleração do carburador, injetando assim um pouco mais de combustível.

7. Válvula de corte e seletora:

É usada pelo piloto para selecionar o tanque em uso ou cortar o suprimento de combustível.

O gerenciamento de tempo de uso vai varias de projeto para projeto, em aviões bimotores temos uma válvula chamada “CROSS FEED”, que serve para fazer a alimentação cruzada, ou seja, fazer com que o motor da esquerda seja alimentado pelo combustível do taque direito por exemplo.

8. Filtro:



Serve para reter impurezas sólidas, através de uma tela fina de metal ou papel filtrante, alguns filtros tem o corpo transparentes permitindo a verificação da presença de impurezas e água .

Nos aviões o filtro se encontra na parte mais baixa da fuselagem, próximo ao motor e possui uma pequena válvula para que o piloto possa retirar um pouco de combustível e verificar se este esta contaminado com água.

9. Prevenção contra água:

Durante o abastecimento a água pode ser eliminada com o uso do funil de camurça, que permite apenas a passagem do combustível. Em muitos aeródromos isso é desnecessário porque a própria bomba de combustível fornece o combustível livre de água.

Durante paradas prolongadas do avião, os tanques devem estar cheio de combustível, para diminuir a quantidade de ar em contato com o combustível, evitando a vapor d’água presente na atmosfera.



10. Obtenção

Os combustíveis de aviação são obtidos através da destilação do petróleo.

No processo de destilação do petróleo a medida que aumentamos a temperatura a nossa matéria prima (petróleo) começa a liberar vapores que podem ser recolhidos através do resfriamento deste vapor.

Inicialmente são recolhidos os produtos mais voláteis derivados do petróleo, sendo o éter, a gasolina de aviação, a gasolina automotiva, e depois os menos voláteis, como o querosene, o óleo diesel, os óleos lubrificantes e etc.

De um modo geral a gasolina é usada para motores a pistão, e o querosene nos motores a reação. Existem porém, exceções.

Os combustíveis obtidos do petróleo são denominados combustíveis minerais, em contraste com o álcool, por exemplo, que é um combustível vegetal.

11. Propriedades da gasolina

As propriedades mais importantes da gasolina são o poder calorífico, a volatilidade e o poder antidetonante.

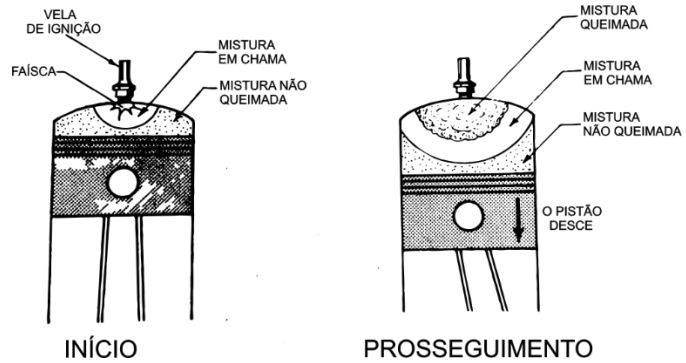
a) Poder calorífico: É a quantidade de calor liberada pela queima de uma determinada quantia (1Kg ou 1libra) de combustível. A gasolina é um dos combustíveis líquidos de mais alto poder calorífico.

b) Volatilidade: A gasolina é uma mistura de vários líquidos combustíveis denominados hidrocarbonetos. Alguns deles tem alta volatilidade e tornam possível dar partida no motor em baixas temperaturas.

c) Poder antidetonante: É a capacidade da gasolina resistir à detonação – fenômenos que será descrito nos próximos itens.

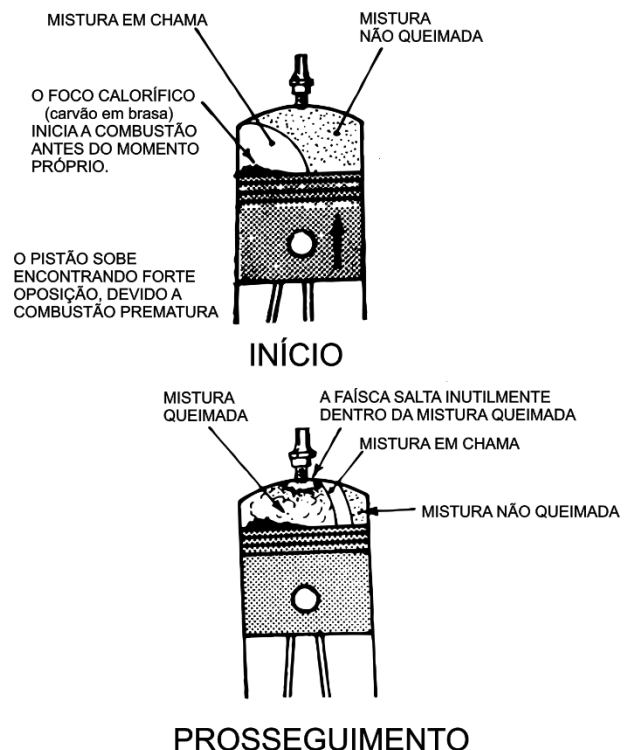
12. A queima da gasolina pode ocorrer de três diferentes maneiras num motor a pistão, a combustão normal, pré-ignição e detonação.

a) Combustão normal: A queima começa quando se dá a faísca na vela. A chama irá se propagar dentro do cilindro com rapidez, mas progressivamente. A ignição deve ser produzida no instante adequado para aproveitar ao máximo a energia impulsiva dos gases.



b) Pré-ignição: A combustão neste caso ainda é rápida e suave, mas ocorre prematuramente, devido a existência de um ponto quente, podendo ser a vela superaquecida ou uma pequena quantidade de carvão incandescente acumulado na câmara de combustão ou na cabeça do êmbolo.

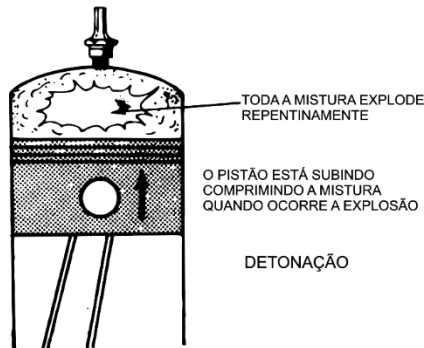
Como a combustão é antecipada, a energia impulsiva não fica sincronizada com o movimento do pistão, e o resultado é o superaquecimento e o mau rendimento mecânico.



c) Detonação: A combustão neste caso é praticamente instantânea, ou seja, explosiva. A energia da combustão é liberada instantaneamente, causando superaquecimento em vez de potência mecânica. Este fenômeno também é conhecido como “batida de pinos” devido ao ruído característico que produz (Tec- tec-tec-tec...), como se alguém estivesse golpeando a carcaça do moto com um martelo. As causas da detonação podem ser:



Combustível com baixo poder antidetonante
Mistura muito pobre
Cilindro muito quente
Compressão muito alta



As principais consequências da detonação no motor são:

- Danos nos anéis de segmento , pistões e válvulas
- Perda de potência e superaquecimento do motor
- Queima de óleo lubrificante e inutilização do motor (popularmente dito como “motor funde”).

13. Índice de octano (IO)

É um número atribuído a cada tipo de gasolina, servindo para indicar o seu poder antidetonante. O índice de octano (ou índice octânico ou octanagem) é determinado através do **motor CFR (CooperativeFuelResearch)**, que possui compressão variável. Este teste é feito em duas etapas, pelo processo de comparação:

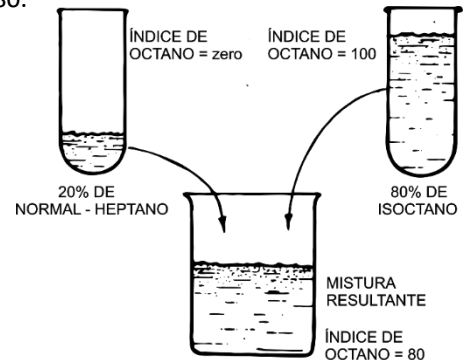
- O motor CFR é posto em funcionamento com a gasolina a ser testada . Durante o funcionamento a taxa de compressão é aumentada, até que o motor comece a “bater pinos”.
- Fixada essa taxa de compressão, o motor CFR é alimentado com misturas de isoctano e heptano (dois tipos de hidrocarbonetos), em diversas proporções, até que comece a “bater pinos”. A porcentagem de octano presente nessa mistura é o índice de octano da gasolina testada.

14. Justificativa do método

O isoctano é um hidrocarboneto (líquido inflamável formado por carbono e hidrogênio) muito resistente a detonação. O heptano(ou normal-heptano) é um outro tipo de hidrocarboneto , porém facilmente detonável que torna o funcionamento do motor impossível . Por convenção, atribui-se o índice de octano “100” para o isoctano e para o heptano “zero”.

Se misturarmos os dois hidrocarbonetos, por exemplo, 80% de isoctano e o restante de heptano, teremos uma mistura cujo índice de octano será

intermediário, no caso igual a 80. Portanto qualquer gasolina que se com portar no motor de forma semelhante a essa mistura terá o índice de octano igual a 80.



15. Para aumentar o índice de octano, a gasolina recebe um aditivo chamado **chumbo tetraetila (ou tetraetil chumbo)**. Com isso, obtêm-se índices octânicos melhores que o próprio isoctano , ou seja , superiores a 100

Definição de **Índice de Desempenho (ID)**: aplicável a octanagens maiores que 100, calculado pela formula

$$ID=3(IO-100)$$

Ex:

Octanagem igual a 115

$$ID=3(115-100)$$

ID=45.

16. Efeito da mistura no poder antidetonante

A mistura pobre é menos antidetonante que a mistura rica. Por isso, o índice de octano é designado através de um duplo índice.

Ex: A gasolina 100/130 possui índice de octano igual a 101 (aproximadamente 100) para mistura pobre e 131 (aproximadamente 130) para mistura rica.

17. Classificação da gasolina de aviação

A gasolina de aviação é classificada em dois tipos, de acordo com a sua octanagem.

Ambos os tipos possuem a mesma coloração: AZUL

18. O uso de gasolina com octanagem incorreta pode ser permissível em alguns casos, mas porém, tem que ser respeitado os critérios :

a) **Octanagem baixa:** Nunca deve ser usada, devido à detonação, superaquecimento e demais consequências já estudadas .

b) **Octanagem alta:** Pode ser usada por tempo limitado, em emergências . Uso prolongado pode causar acúmulo de depósito de chumbo nas velas e consequente falha de ignição, além da corrosão em partes metálicas.



1. Princípio de Lubrificação

Duas superfícies metálicas, por mais polidas que sejam sempre apresentam atrito e este fato acontece porque é impossível eliminar as asperezas microscópicas. Quando utilizamos óleo lubrificante entre as superfícies, forma-se uma fina camada de óleo que reduz o atrito entre elas, consequentemente, através da lubrificação, reduzimos o desgaste das peças e o funcionamento do motor como um todo melhora, porque o atrito interno com óleo é pequeno.

2. Funções do óleo lubrificantes

A função **primária** do óleo lubrificante é a lubrificação das peças em atrito e como função **secundária** auxiliar o resfriamento do motor.

A lubrificação falha, coloca as peças em atrito provocando desgaste e calor (resultante do atrito). O calor por sua vez pode queimar o óleo, transformando-o em uma borra pegajosa que acabará impedindo o funcionamento correto.

As principais propriedades do óleo lubrificante são:

Viscosidade

Ponto de congelamento

Ponto de fulgor

3. Viscosidade

A viscosidade é a resistência que o óleo oferece ao escoamento.

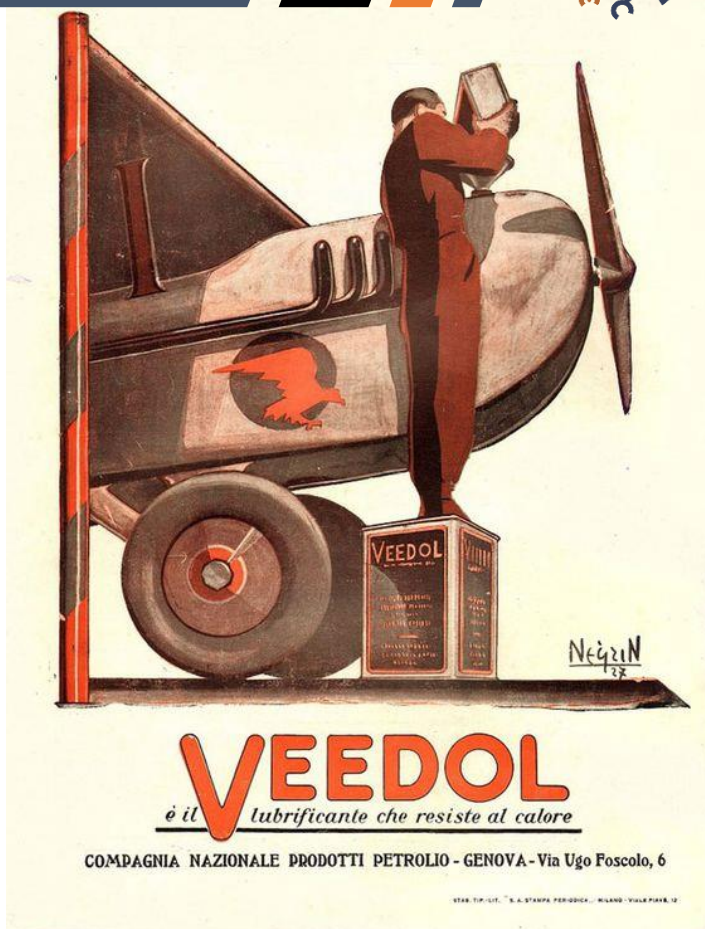
O frio excessivo aumenta a viscosidade, tornando difícil o movimento das peças. Já o calor excessivo, por sua vez, diminui a viscosidade - tornando o óleo muito fluido e incapaz de manter a película lubrificante entre as peças. Por estes motivos a temperatura do óleo deve ser mantida dentro de determinados limites, pois tanto o excesso de frio quanto o excesso de calor serão maléficos as propriedades do óleo.

4. Determinação da Viscosidade

A viscosidade de um óleo lubrificante é determinada por meio de um instrumento chamado viscosímetro. Um dos viscosímetros existentes e mais conhecido é o **Viscosímetro de Saybolt**, que mede o tempo que 60cm³ do óleo levam para escoar através de um orifício padrão.

Ex: Se o óleo levar 120 segundos para escoar de um viscosímetro de Saybolt à temperatura de 210 graus Fahrenheit, ele receberá a designação 120SSU210

Classificação SAE ("Society of Automotive Engineers") É um método muito utilizado, que



classifica os óleos em sete grupos : SAE10, SAE20, SAE30, SAE40, SAE50, SAE60 e SAE70, na ordem crescente de viscosidade .

Classificação para aviação - O óleo fornecido pelas empresas de petróleo, destinados a aviação, tem uma classificação comercial própria, através dos números :65,80,100,120 e 140 . Estes números correspondem ao dobro da classificação SAE, exceto o 65, com é possível verificar na tabela abaixo:

Óleos para Aviação	Classificação SAE
65	30
80	40
100	50
120	60
140	70

5. Ponto de Congelamento

É a temperatura em que o óleo deixa de escoar. Um bom óleo lubrificante tem baixo ponto de congelamento, permitindo que o motor possa partir e funcionar em baixas temperaturas.



6. Ponto de Fulgor

É a temperatura em que o óleo inflama-se momentaneamente quando em contato com uma chama. Um bom óleo lubrificante tem alto ponto de fulgor, para tornar possível a lubrificação em temperaturas elevadas.

7. Fluidez

Esta propriedade indica a fácil capacidade em fluir. O óleo deve ter elevada fluidez, para conseguir circular facilmente pelo motor. Nos óleos a fluidez está ligada à viscosidade. Infelizmente a fluidez não pode ser aumentada além de um certo limite sem prejudicar a viscosidade.

8. Estabilidade

O óleo lubrificante deve ser estável, isto é, não deve sofrer alterações químicas e físicas durante o uso, entretanto, como as alterações são inevitáveis, são estabelecidos tolerâncias através de normas específicas.

9. Neutralidade

Indica a ausência de acidez no óleo. Os ácidos, se presentes, atacam quimicamente as peças do motor, ocasionando a corrosão.

10. Oleosidade

É a tradução do termo “oiliness”, depende não apenas do óleo, como também da superfície a ser lubrificada.

Indica a capacidade do óleo a aderir a superfície. É uma propriedade muito importante, pois um óleo com boa viscosidade e boa formação de filme lubrificante seria inútil se não for capaz de aderir bem às superfícies a serem lubrificadas.

11. Aditivos

São substâncias químicas adicionadas ao óleo para melhorar suas qualidades.

Os principais são :

- ✓ Anti-oxidantes – Melhoram a estabilidade química do óleo, reduzindo a oxidação, que é a combinação do óleo com o oxigênio do ar, formando substâncias corrosivas, borras e outras substâncias nocivas.
- ✓ Detergentes – Servem para dissolver as impurezas que se depositam nas partes internas do motor.
- ✓ Anti-espumantes- Servem para evitar a formação de espuma, que provoca falta de óleo nas peças a serem lubrificadas.

O óleo deve ser trocado periodicamente porque os aditivos e o próprio óleo perdem suas propriedades com o uso.

12. Sistema de Lubrificação

Existem três sistemas de lubrificação

Lubrificação por Salpique

Lubrificação por pressão

Lubrificação Mista

Lubrificação por Salpique – Neste sistema de lubrificação o óleo espalha-se dentro do motor pelo impacto das peças móveis. A cabeça da biela por exemplo, choca-se com o óleo lubrificante no fundo do cárter, arremessando-o para todos os lados e lubrificando as peças internas do motor.

A vantagem da lubrificação por salpique é a simplicidade e o baixo peso. Porém, há peças de difícil acesso que este tipo de sistema de lubrificação torna impossível a sua lubrificação.

Lubrificação por Pressão - Neste sistema, o óleo lubrificante é impulsionado sob pressão para diversas partes do motor, através de uma bomba de óleo. O óleo entra no orifício de lubrificação das peças a serem lubrificadas, todas as partes do motor na trajetória do óleo são lubrificadas. Este é um sistema demasiadamente complexo e pesado, porém muito mais eficiente.

Lubrificação Mista – Este é o sistema empregado na prática, e consiste em lubrificação de algumas peças por salpique e as peças com acesso mais restritos são lubrificadas por pressão

13. Lubrificação dos cilindros

O óleo atinge as paredes internas dos cilindros, abaixo dos pistões por salpique. Conforme o que estudamos sobre os anéis de segmento, o excesso de óleo no cilindro durante a combustão é prejudicial, por este motivo o anel de lubrificação ou raspador elimina este excesso.

14. Componentes do Sistema de Lubrificação

Os principais componentes do sistema de lubrificação são o reservatório, radiador, bombas, filtros, decantador (se houver) e válvulas de diferentes tipos.

Reservatório:

Em muitos motores, o próprio cárter serve como reservatório, estes são conhecidos como “cárter molhado”. Por outro lado o “cárter seco” é aquele que tem um reservatório à parte.



O nível de óleo no reservatório deve ser examinado periodicamente, devido à perda que ocorre por vaporização, queima nos cilindros, vazamentos e etc.

Radiador de Óleo

Quando a temperatura do óleo lubrificante sobe acima de um determinado limite, abre-se um termostato (válvula que funciona com o calor), fazendo o óleo passar pelo radiador. O radiador recebe o vento da hélice e acaba baixando a temperatura do óleo que está passando pelo radiador. Além disso, o radiador possui alhetas que aumentam a área de contato com o ar e permitem que o resfriamento do óleo ocorra mais facilmente. O óleo lubrificante entra no radiador em alta temperatura e baixa viscosidade, e sai com temperatura mais baixa e alta viscosidade – ideal para lubrificar as partes integrantes do motor.

Bomba de Óleo

As bombas de óleo utilizadas nos sistemas de lubrificação são geralmente do tipo engrenagens (uma das engrenagens é acionada pelo motor e a outra gira engrenada na primeira). Eles recebem diferentes nomes conforme as suas utilidades e as principais são:

- Bomba de Pressão (de Recalque) – Retira o óleo do reservatório e envia sob pressão para o motor
- Bomba de Recuperação (ou de Retorno) – Retira o óleo que circulou pelo motor e o envia para o reservatório.



Filtro

O filtro tem o objetivo de reter as impurezas do óleo lubrificante, através de uma fina tela metálica, geralmente constituídos por discos ranhurados ou papelão especial corrugado .

Este filtro deve ser periodicamente limpo ou substituído antes que o elemento filtrante seja obstruído pelas impurezas.

Nos aviões leves o filtro normalmente utilizado é o descartável, semelhante aos dos automóveis .

O mecânico deve examinar os elementos filtrantes quando desmontar o filtro ou então substituí-lo se for descartável, afim de fazer a verificação de impurezas no elemento filtrante o que indica um desgaste anormal da peças ou iminente falha de alguma componente do motor.

Decantador

Em alguns aviões o óleo que circulou pelo motor escoa por efeito da gravidade até um pequeno tanque chamado decantador ou colhedor. Na sequência, este óleo passa por um filtro e uma bomba o envia para o reservatório. Na grande maioria dos projetos aeronáuticos este decantador não existe, pois o próprio reservatório desempenha esta função.

Válvulas

Existem muitos tipos de válvulas que controlam o fluxo do óleo em um sistema de lubrificação

As válvula mais importantes são:

a)Válvula reguladora de pressão – é colocada na linha para evitar que a pressão do óleo ultrapasse um determinado valor.

b)Válvula unidirecional – esta válvula dá livre passagem para o óleo lubrificante apenas num sentido e impede que o fluxo retorno .

c)Válvula de contorno ou “by-pass”- É uma válvula que abre-se acima de uma determinada pressão , com a finalidade de oferecer um caminho alternativo para o óleo. É muito usada nos filtros de óleo, a fim de permitir o fluxo do lubrificante quando o filtro ficar obstruído, isto se justifica porque é preferível que o motor funcione com um óleo não filtrado do que sem nenhuma lubrificação.

15. Instrumentos do sistema de Lubrificação

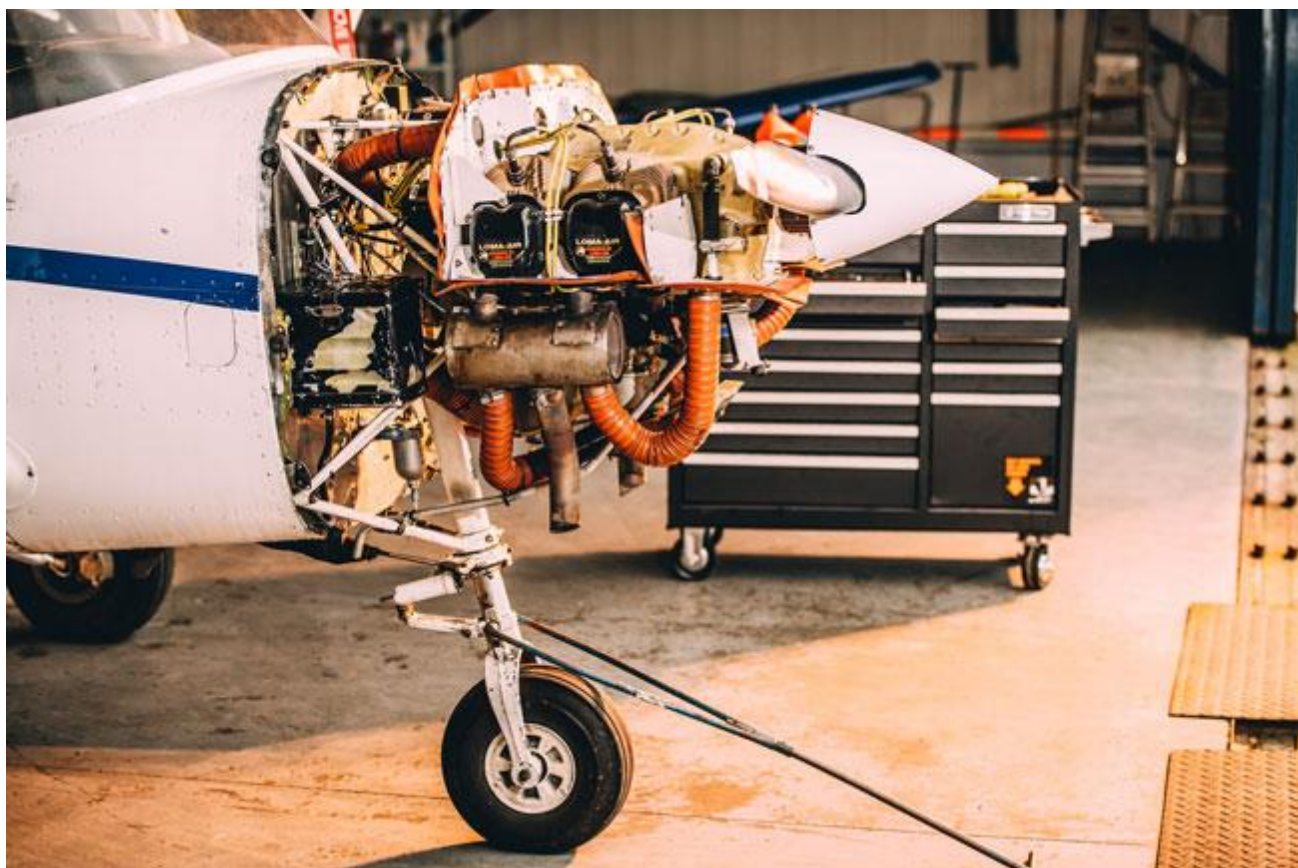
Serve para fazer a verificação do bom funcionamento do sistema de lubrificação e detectar eventuais falhas . Os principais instrumentos são o manômetro de óleo e termômetro de óleo .





Manômetro de óleo –Este é o primeiro instrumento a ser observado na partida do motor. Em um funcionamento normal do motor, o indicador do instrumento deverá estar dentro da faixa verde que indica o funcionamento normal , mas porém a partida com o motor frio a indicação poderá passar dos parâmetros normais por algum tempo limite devido a alta viscosidade do óleo . Se o indicador não der uma indicação de funcionamento normal em 30s (60s em dias muito frio) o motor deve ser cortado imediatamente, porque isto indica um funcionamento anormal do sistema de lubrificação . A medida que o motor se aquece o ponteiro deve entrar na faixa verde , porque o óleo está se aquecendo e sua viscosidade estará baixando consequentemente .

Termômetro do óleo – O aquecimento do óleo pode ser observado através deste instrumento. O piloto só poderá aplicar potencia máxima para decolagem se o termômetro estiver dentro do arco verde (indica a temperatura mínima e máxima de acordo com o fabricante do motor).





1. Necessidade do resfriamento

A eficiência de um motor térmico é tanto maior quanto maior temperatura da combustão, porém, o excesso de calor resultante da queima pode superaquecer o cilindro do motor, podendo prejudicar o funcionamento e causar danos. Por estes motivos, ainda que a temperatura seja necessária, o excesso dela pode ser maléfica ao desempenho do motor – e por isso os motores térmicos necessitam do resfriamento ou arrefecimento do motor.

2. A temperatura das peças metálicas, especialmente as de liga de alumínio devem ser mantidas em valores abaixo de 300°C. Temperaturas excessivas causam danos nocivos em diversas partes do motor. Por outro lado, a temperatura não deve descer abaixo de um determinado valor mínimo, porque os vapores da gasolina poderiam voltar ao estado líquido, empobrecendo a mistura e causando a parada do motor. Isto está sujeito a acontecer em descidas prolongadas com o motor lento, em dias muito frios.

3. Sistemas de Resfriamento

Existem basicamente dois tipos de sistema de resfriamento do motor, resfriamento a líquido (ou arrefecimento indireto) e resfriamento a ar (ou arrefecimento direto).

Obs: Lembrando que em ambos os casos, o óleo lubrificante ajuda a resfriar o motor, transferindo o calor através do radiador de óleo, embora essa não seja a função primária do óleo lubrificante.

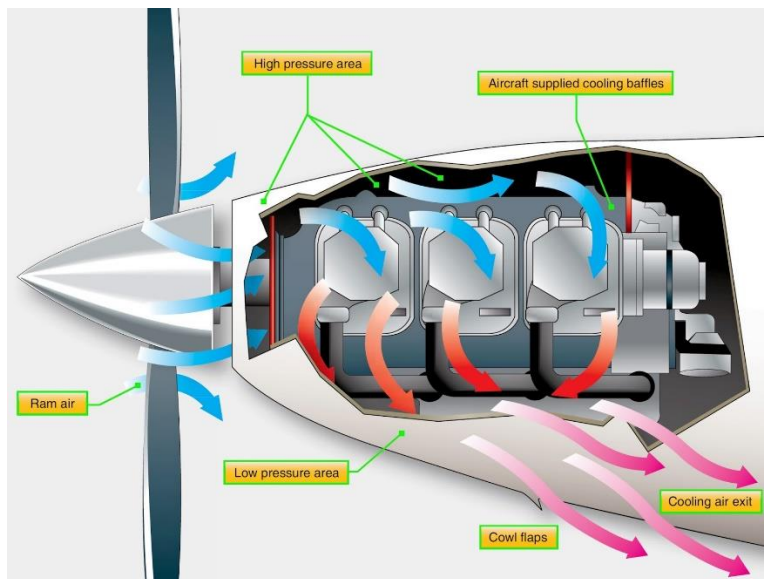
4. Resfriamento a líquido

Neste sistema, os cilindros são resfriados por um líquido, podendo ser água ou etileno-glicol. O etileno-glicol, apesar de ser muito mais caro e absorver menos calor que a água, tem a vantagem de não ferver ou congelar tão facilmente.

O sistema de resfriamento a líquido proporciona melhor transferência de calor e melhor controle e estabilização da temperatura.

Os motores arrefecidos por este tipo de sistema, podem ter maiores tolerâncias (“folgas menores”), ganhando em eficiência e potência, durabilidade e confiabilidade.

Suas desvantagens são: maiores custos, complexidade e peso. São fabricados até hoje em quantidade limitada, para usos especiais.



5. Resfriamento a ar

Este tipo de sistema de arrefecimento é o mais utilizado, porque é o mais simples, leve e barato – principalmente quando se trata de aeronaves de pequeno porte. Esse sistema funciona captando o ar externo e fazendo-o circular dentro do motor.

As desvantagens são: maior dificuldade do controle da temperatura e a tendência do superaquecimento.

Este tipo de sistema requer “folgas maiores” entre as peças, afim de comportar a maior dilatação provocada pelo calor, já que, inevitavelmente a temperatura irá aumentar, tendo em vista que o sistema é menos eficiente.

Estas folgas diminuem a potência e a eficiência.

O corpo do cilindro e a cabeça do cilindro (dependendo do projeto, apenas no lado do escapamento) possuem alhetas de resfriamento que aumentam a área de contato com o ar, ajudando assim a transferência de calor.

Podem ser usados os defletores e flaps de arrefecimento a fim de captar o ar para dentro do motor.

OBS: Nos motores com cilindros horizontais opostos, existem os defletores, que foram uma espécie de caixa que retém por mais tempo o ar acima dos cilindros, onde a pressão foi aumentada devido ao impacto do ar que entra na carenagem. Esta pressão faz com que o ar desça verticalmente, atravessando as alhetas dos cilindros.

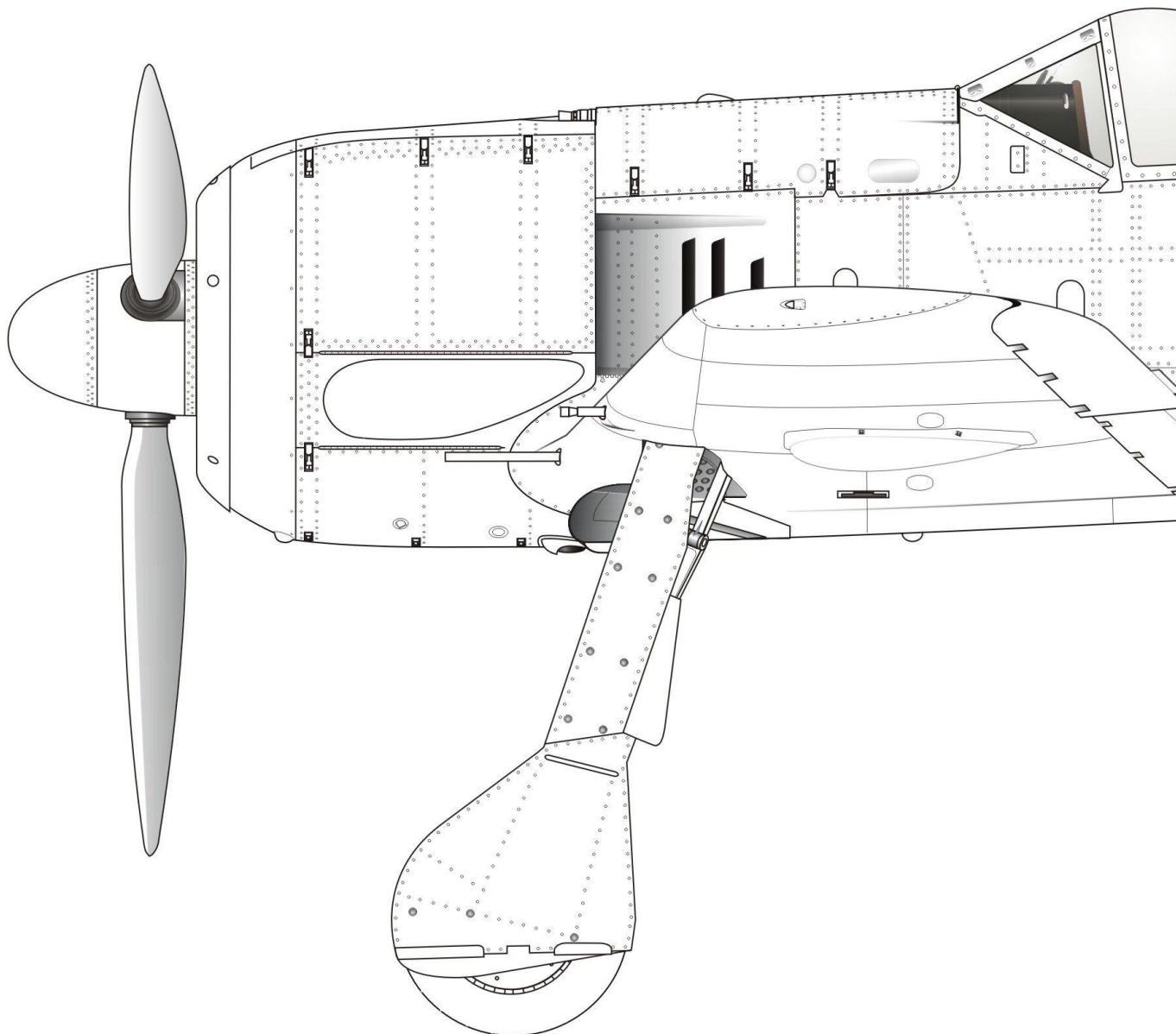
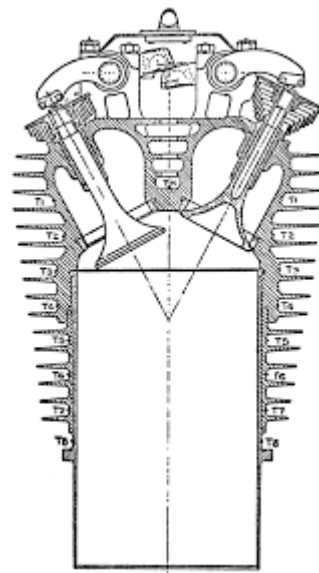


6. Controle de temperatura

As condições climáticas no Brasil fazem com que a maior parte dos problemas de temperatura sejam relacionadas ao superaquecimento.

Para reduzir este excesso de temperatura o piloto podem usar os seguintes recursos:

- ✓ Abrir os flaps de arrefecimento, se houver, para aumentar o fluxo de ar.
- ✓ Reduzir potência, reduzindo assim o calor gerado.
- ✓ Aumentar a velocidade do voo, afim de aumentar o fluxo de ar, logicamente apenas comandando uma picada sem aplicar motor.
- ✓ Usar mistura rica, se for possível, pois o excesso de combustível resfriará o motor, apesar de aumentar o consumo de combustível.





1. Generalidades:

A eletricidade em aviões é utilizada para várias finalidades; como a ignição, partida dos motores, iluminação, comunicação, navegação e acionamento de acessórios.

Nota do Professor: Nesse momento, estudaremos os fundamentos básicos para que no próximo capítulo possamos compreender de forma mais simples e completa as aplicações desses conceitos físicos no sistema elétrico do avião.

2. Átomos:

Toda matéria é constituída de átomo.

Todo átomo possui um núcleo formado por partículas, denominadas prótons e nêutrons. No estorno deste núcleo existe uma camada chamada eletrosfera, formada por elétrons que giram ao redor do núcleo.

O número de prótons presente no núcleo é igual ao número de elétrons que estão no estorno no núcleo, cada átomo vai ter um número específico de prótons e elétrons.

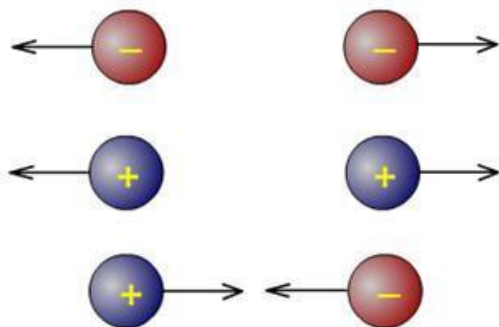
Ex: o átomo de carbono possui seis prótons, seis elétrons e vários nêutrons.

3. Cargas Elétricas

Os prótons (elementos que ficam no núcleo do átomo) possuem uma propriedade denominada carga elétrica positiva e os elétrons (girando na eletrosfera) possuem uma propriedade elétrica negativa.

As cargas iguais, tanto positiva quanto negativa se repelem, enquanto duas cargas diferentes, tanto uma positiva com uma negativa ou uma negativa com uma positiva, se atraem. Este é o fundamento básico da eletricidade.

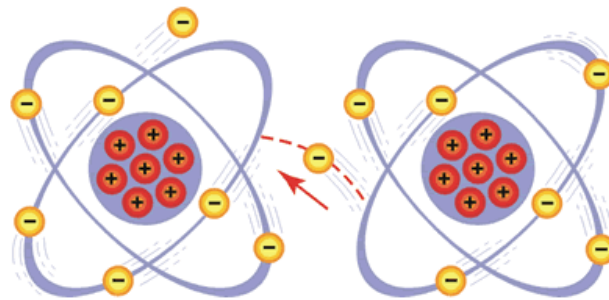
Os nêutrons não possuem carga elétrica, por este motivo não exercem atração e nem repulsão.



4. Corrente Elétrica:

É o fluxo de cargas elétricas num corpo. Nos materiais metálicos, a corrente é formada pelos elétrons da orbita externa dos átomos, que são por este motivo denominados elétrons livres. Em outros matérias podem existir cargas positivas e negativas fluindo em direções contrárias; por convenção, o sentido da corrente é aquele das cargas positivas.

Os corpos que permitem a passagem da corrente elétrica são denominados condutores elétricos, e os que não permitem a passagem são denominados isolantes elétricos.



5. Circuito Elétrico:

Para que haja a corrente elétrica é necessário que exista um caminho ou um circuito fechado. Não esquecendo que o sentido da corrente elétrica é sempre no sentido das cargas positivas, por convenção.

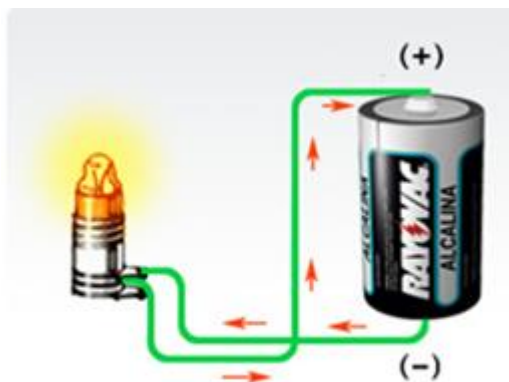
Essa convenção é respeitada, mesmo não havendo cargas positivas em circulação. Neste exemplo temos apenas elétrons livres circulando no sentido contrário ao da convenção. Neste caso eles estão sendo repelidos pelo polo negativo e atraído pelo polo positivo da pilha. Esta força de repulsão e atração, produzidas por reações químicas na pilha, são o que denominamos **Força Eletromotriz (FEM)** da pilha. A FEM é medida em volts(V). Uma pilha comum produz uma FEM 1,5V. Por exemplo a bateria de um automóvel produz uma FEM de 12V.

Por Convenção:





Elétrons Livres Circulando



6. Fontes e Cargas:

Fonte – Tudo aquilo que produz energia elétrica, tais como baterias e os geradores.

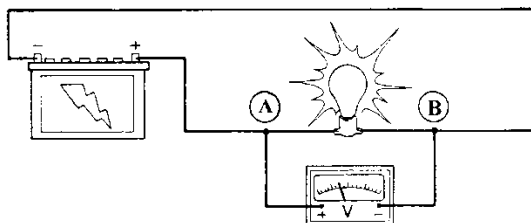
Carga- Tudo aquilo que consome eletricidade, como os motores, as lâmpadas, os rádios... Os elétrons circulam entre as fontes e as cargas através dos fios condutores.

7. Tensão, Voltagem, ou Diferença de Potencial

Um motor ou outro aparelho elétrico funciona quando há uma “força elétrica” que faça os elétrons se deslocarem através dele, formando uma corrente elétrica. Essa força elétrica é conhecida como Tensão, ou voltagem, ou diferença de potencial, que é medida em volts(V), por meio de um voltímetro.

Para medir a voltagem num motor, o voltímetro deve ser ligado em paralelo com ele.

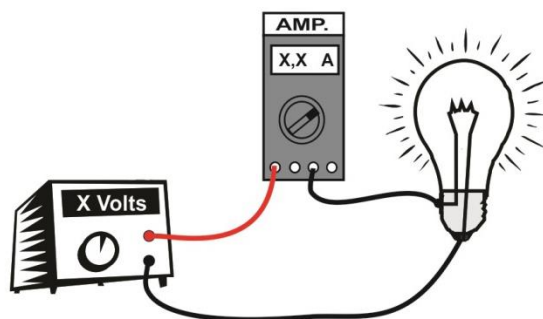
Podemos dizer que a FEM é a voltagem produzida por uma fonte, e a Tensão, Voltagem ou Diferença de Potencial é a voltagem que uma carga recebe de uma fonte.



8. A Medição de Corrente Elétrica:

A corrente elétrica é medida em ampères (A), por meio de um amperímetro.

O amperímetro deve ser ligado em série com a carga, para que a corrente em ambos seja a mesma.



9. Resistência Elétrica:

Todo corpo oferece resistência à passagem da corrente e esta resistência é medida em ohms (Ω), por meio de ohmímetros.

Para fios condutores, a resistência depende de três fatores:

Material do fio – ex: o cobre oferece menor resistência que o alumínio

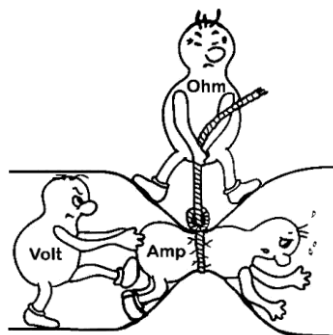
Comprimento do fio: quanto mais longo, maior a resistência

Seção (grossura) do fio: quanto mais grosso, menor a resistência

A **Lei de Ohm**: É uma lei da eletricidade, segundo a qual a corrente é igual à tensão dividida pela resistência.

Ex: Se ligarmos uma lâmpada de resistência igual a 6 Ω a uma bateria de 12V, teremos uma corrente de:

$$\text{Corrente} = \frac{\text{Tensão}}{\text{Resistência}} = \frac{12V}{6\Omega}$$

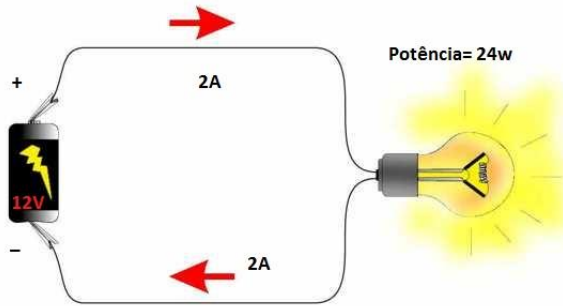


10. Potência Elétrica:

Complementando a Lei de Ohm, permite calcular a corrente elétrica num circuito, temos então, a seguinte fórmula para calcular a potência consumida por um acessório elétrico.

$$\text{POTÊNCIA} = \text{TENSÃO} \times \text{CORRENTE}$$

Ex: Potência = 12V x 2ª = 24W (watts)



11. Baterias:

A bateria é a fonte de eletricidade utilizada para dar a partida ao motor do avião e alimenta os dispositivos elétricos em situação de emergência ou com a para do motor.

A capacidade da bateria é especificada em ampères – horas (A.h).

Ex: Bateria de 60 A.h, é capaz de fornecer uma corrente de 60 ampères durante uma hora.



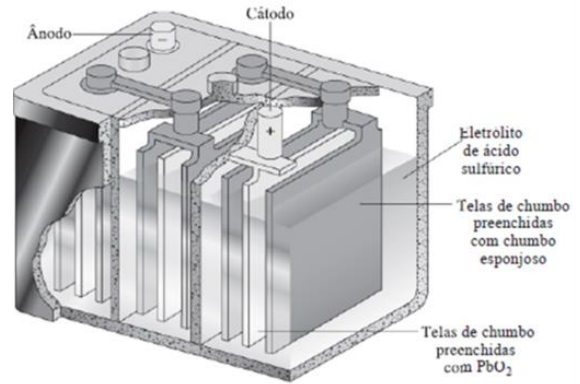
Os tipos de baterias mais comuns são as de chumbo e níquel-cádmio.

Baterias de Chumbo:

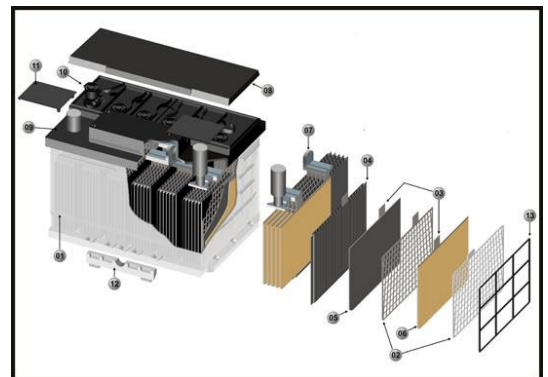
É formada por placas positivas e negativas feitas com grades de chumbo impregnadas de sais de chumbo e mergulhadas numa solução (eletrólito) de água e ácido sulfúrico. Por isto também são denominadas baterias de chumbo-ácido.

As placas são agrupadas em elementos ou células que fornecem uma tensão de 2 volts cada um. As baterias de 12 volts possuem seis elementos e as baterias de 24 volts possuem doze elementos.

Este tipo de bateria sofre uma deterioração química denominada sulfatação se permanecerem descarregadas.



- **Baterias Alcalinas ou de Níquel- Cádmio**
São baterias que usam um eletrólito com álcali (hidróxido de potássio) no lugar do ácido sulfúrico. São utilizados sais de níquel para as placas positivas e sais de cádmio para as placas negativas. Cada elemento fornece 1,2 volts, por tanto são necessário dez células para uma bateria de 12 volts e vinte elementos para uma bateria de 24 volts.



Para evitar deterioração

- Manter adequadamente carregadas com eletrólitos no nível correto
- Durante a carga, a voltagem e a corrente devem ser mantidas cuidadosamente abaixo dos limites, evitando a rápida diminuição da vida e capacidade.

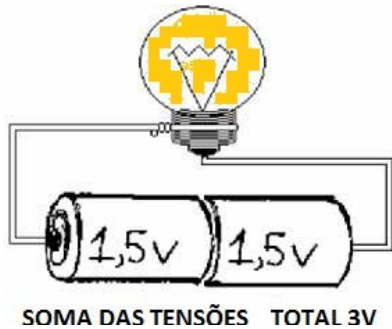
12. Ligação de fontes elétricas:

As fontes podem ser ligadas entre si em série e em paralelo, para aumentar a tensão ou a capacidade de fornecer corrente.

Fontes em Série

As tensões se somam, a corrente é a mesma

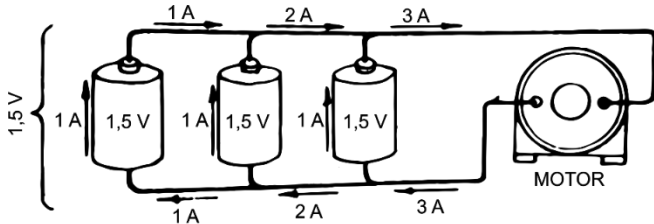
A ligação de fontes em série é muito usada para se obter voltagens maiores que a de uma fonte sozinha. Fontes de voltagens, tamanhos e tipos variados podem ser ligadas em série.



Fontes em Paralelo

As correntes se somam, a tensão é a mesma

A ligação de fontes em paralelo é usada para se obter um conjunto com maior capacidade de fornecer corrente. Todas as fontes deverão ter a mesma voltagem, caso contrário, as fontes de menor voltagem consumirão corrente em vez de fornecer-las.



13. Ligação de cargas:

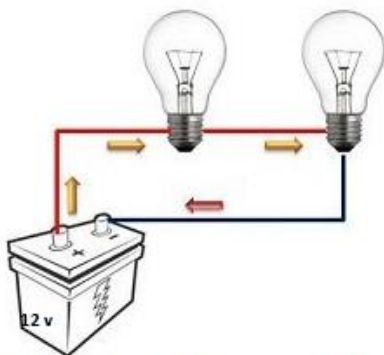
Assim como as fontes as cargas também podem ser ligadas em série ou em paralelo.

Cargas em Série

Na ligação em série, todas as cargas recebem a mesma corrente.

A voltagem da fonte é distribuída pelas cargas.

Circuito em série



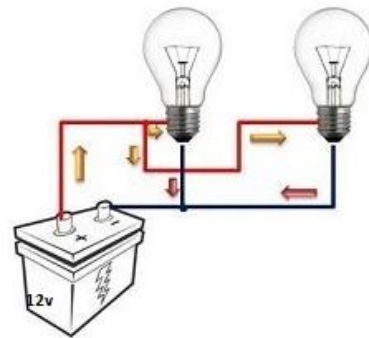
Os 12V da fonte são distribuídos pelas cargas e cada lâmpada recebe 6 volts.

Cargas em Paralelo

Está é a ligação mais comum.

Todas as cargas recebem a mesma voltagem, mas as correntes variam, pois dependem do consumo de cada carga.

Circuito em paralelo



A corrente fornecida pela fonte é a soma das correntes de todas as cargas.

14. Magnetismo

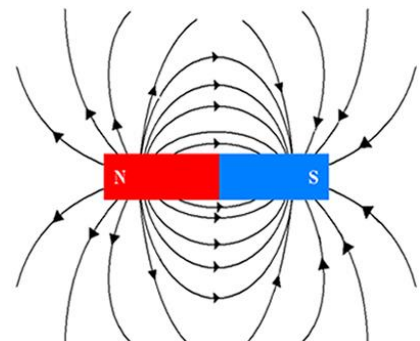
O fenômeno magnético mais conhecido é a propriedade dos ímãs, propriedade de atrair o ferro. Todos ímãs possuem dois polos denominados Polo Sul "S" e Polo Norte "N". Assim se um ímã for partido em dois pedaços, cada um deles será um novo ímã, com seus polos. Dois ímãs interagem de acordo com a Lei dos Polos, a lógica é a mesma das cargas que foram estudadas anteriormente.

"Polos iguais se repelem e polos opostos se atraem".

15. Campo Magnético

É o espaço em torno do ímã, onde atua o seu magnetismo.

O campo magnético é representado por linhas de indução imaginárias, que indicam a direção em que agem as forças magnéticas.

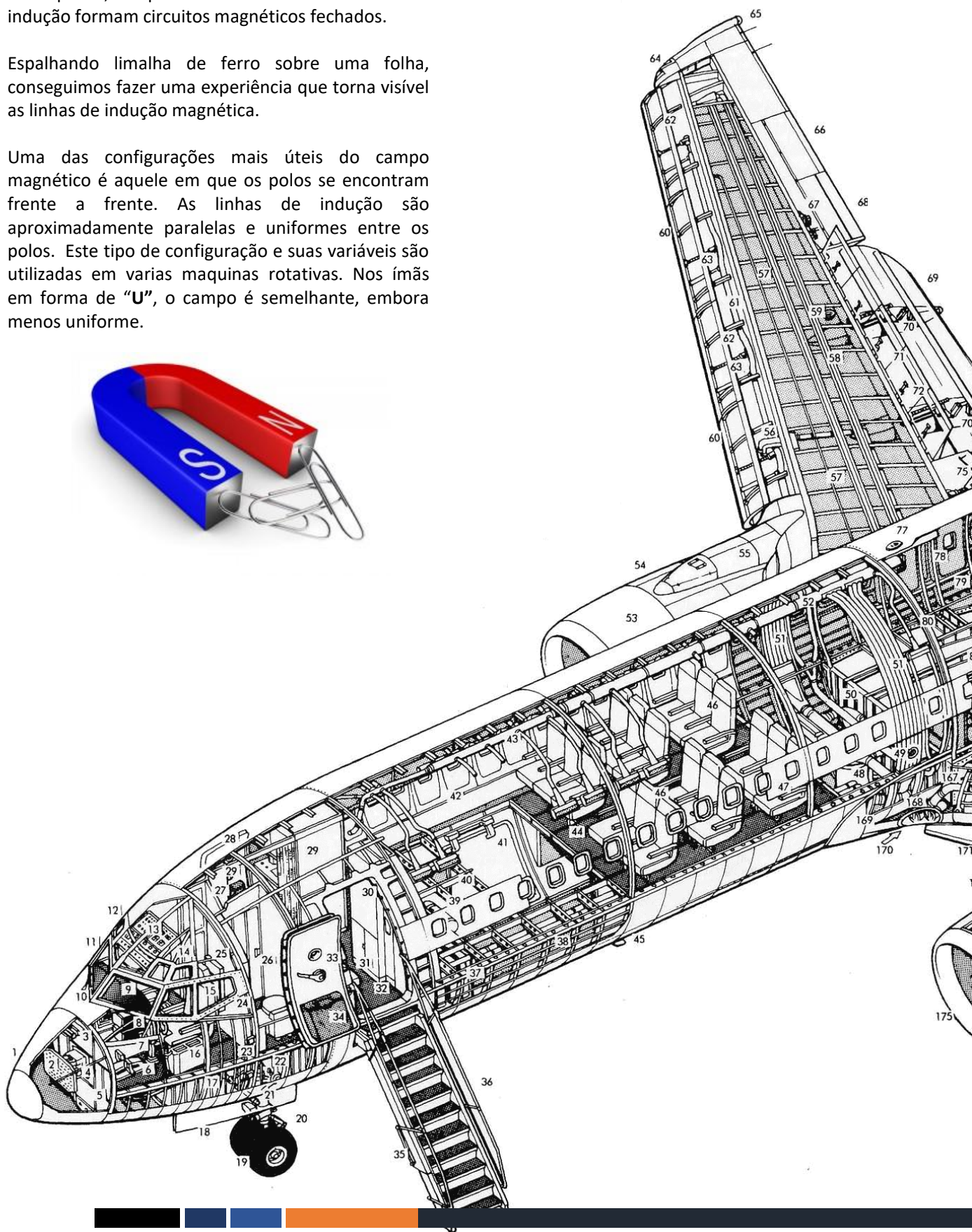




Toda linha de indução sai do polo norte e percorre um caminho no espaço, retornando para o polo sul, dentro do ímã, a linha prossegue até o ponto de onde partiu, no polo norte. Portanto as linhas de indução formam circuitos magnéticos fechados.

Espalhando limalha de ferro sobre uma folha, conseguimos fazer uma experiência que torna visível as linhas de indução magnética.

Uma das configurações mais úteis do campo magnético é aquele em que os polos se encontram frente a frente. As linhas de indução são aproximadamente paralelas e uniformes entre os polos. Este tipo de configuração e suas variáveis são utilizadas em varias maquinas rotativas. Nos ímãs em forma de "U", o campo é semelhante, embora menos uniforme.

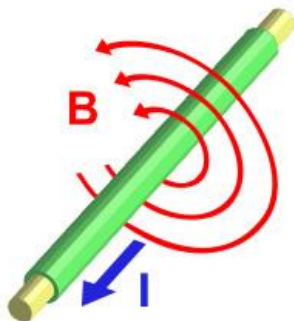




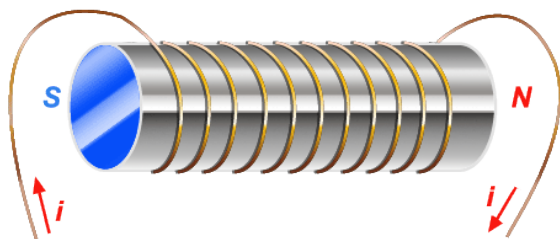
1. Eletromagnetismo

É o estudo da relação entre a eletricidade e o magnetismo. Esta relação permite a construção dos eletroímãs, que podem ser ligados e desligados, o que não é possível com os ímãs permanentes.

Ao redor de um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica, forma-se um campo magnético circular ao redor da corrente, quando essa está ligada.



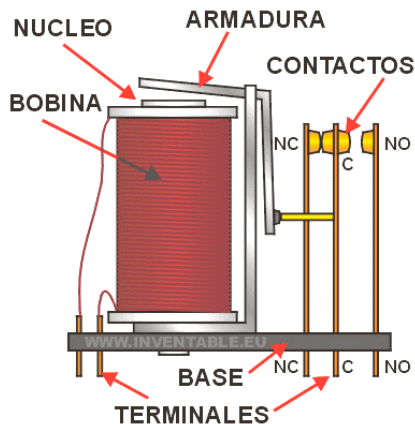
O **eletroímã** possui uma bobina com muitas espiras de fio condutor, para tornar o campo magnético mais forte. A bobina é enrolada sobre um núcleo de ferro concentrando e intensificando o campo magnético.



Aplicação do eletroímã (principais): o relé e o solenoide

Relé

É um interruptor acionado por um eletroímã, utilizado para ligar e desligar dispositivos elétricos. O eletroímã atrai uma lâmina móvel de ferro, a qual aciona os contatos elétricos.



Solenóide

É um eletroímã com força suficiente para acionar um dispositivo mecânico, através de um deslocamento. Basicamente ao ligar a corrente elétrica, aparece o campo magnético que força o deslocamento de uma peça que aciona então um dispositivo elétrico.

3. Indução eletromagnética e Lei de Faraday

A indução eletromagnética é um fenômeno físico utilizado para gerar Força Eletromotriz (FEM) e corrente elétrica através de um campo magnético.

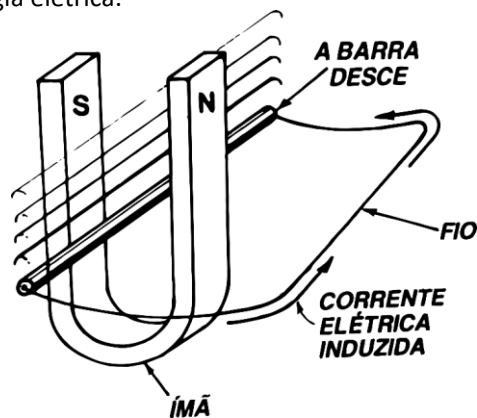
Indução Eletromagnética

Um condutor elétrico é movimentado dentro do campo magnético de um ímã.

Este movimento gera uma força eletromotriz no condutor, que acendera a lâmpada, se a corrente for suficiente.

Esse fenômeno é a indução eletromagnética, que é aproveitada para construir os geradores de eletricidade.

Os geradores transformam energia mecânica em energia elétrica.



A Lei de Faraday

A lei de indução magnética de Faraday afirma que a FEM e uma corrente elétrica surgem quando um fluxo magnético varia na área interna de um circuito elétrico.

Ex: O movimento do anel faz surgir a corrente elétrica porque o fluxo magnético está variando (aumentando) na área interna do anel. Se o anel parar a corrente cessará. Se o anel for abaixado, surgirá uma corrente no sentido contrário. Ainda, o movimento não é necessário. Se o anel permanecer parado o fluxo magnético variará por meio qualquer, será gerada uma FEM que será tanto maior quanto mais rápido for a variação do fluxo.

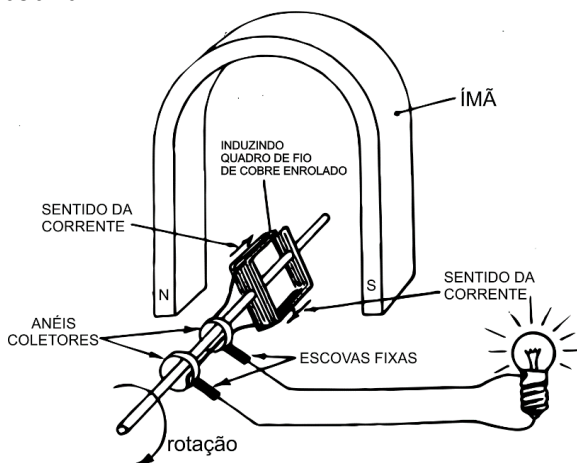


4. Alternador

É um gerador elétrico que produz corrente alternada. Seu funcionamento é baseado no princípio da indução eletromagnética de Faraday.

No alternador esquemático, a corrente é gerada numa bobina feita com um fio enrolado em forma de um quadrado retangular. O fluxo magnético através da bobina retangular varia devido a rotação gerando uma corrente elétrica alternada.

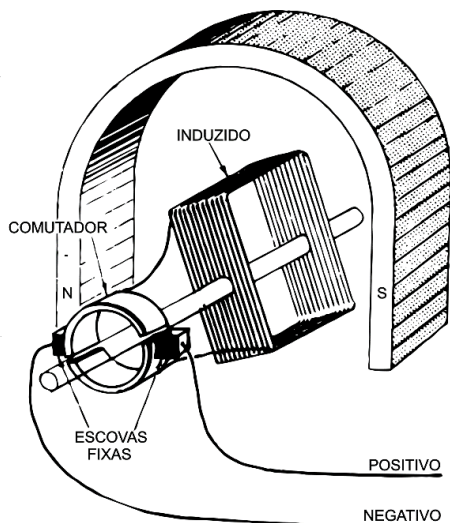
Esta corrente é coletada por duas escovas em contato com dois anéis que giram juntos com a bobina.



5. Dínamo

É um gerador que produz corrente contínua. Seu funcionamento é baseado na indução eletromagnética de Faraday. É construído de forma similar ao alternador, porém os anéis coletores são substituídos por comutadores ou coletores, cuja função é retificar a corrente alternada da bobina rotativa, tornando-a contínua.

No dínamo teórico, a corrente não é exatamente contínua, mas pulsante.



No dínamo real, o rotor possui várias bobinas em diferentes ângulos, para atenuar os pulsos e torna a corrente praticamente contínua.

Para evitar que o campo magnético se disperse no ar, os rotores e os polos dos dínamos reais são feitos de ferro, que é um material ferromagnético, que concentra e reforça o campo magnético.

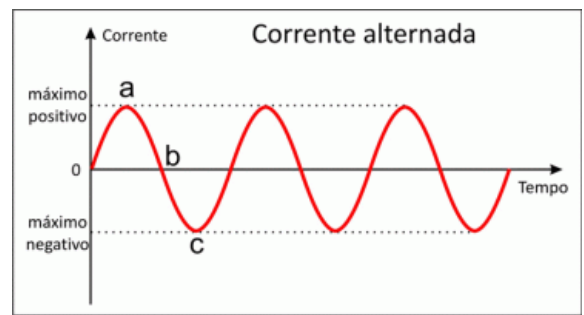
Os polos do dínamo real são eletroímãs e possuem enrolamentos de campo.

Gráficos das tensões no alternados e no dínamo.

• Corrente alternada

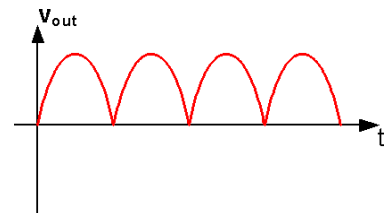
No alternador, a tensão varia mudando o sentido. A frequência é o número de variações por segundo.

Ex: uma frequência de 60 Hz (hertz) indica 60 variações por segundo.



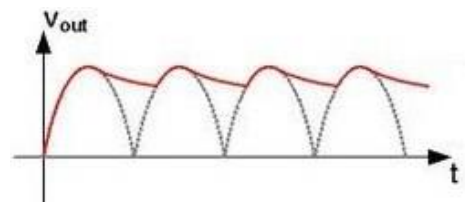
• Corrente pulsante

No dínamo teórico, os ciclos negativos da corrente alternada são invertidos pelo comutador e a corrente torna-se positiva pulsante.

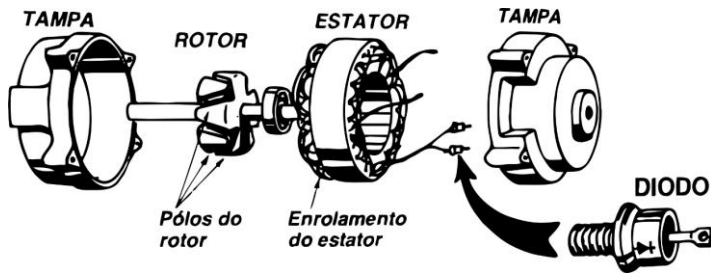


• Corrente (praticamente contínua)

No dínamo real, os pulsos são atenuados e a corrente torna-se praticamente contínua.



O alternador do tipo automotivo, muito usado em aviões leves, é na verdade um dínamo, porque possui diodos retificadores que fazem o mesmo papel de um comutador.



6. Reguladores de voltagem

Serve para manter constante a voltagem do gerador, em qualquer rotação do motor e também impede a geração de corrente excessiva. Imagine se durante a redução da rotação do motor, houvesse a redução da carga do sistema elétrico? Para evitar essa oscilação, existem os reguladores.

A voltagem fornecida pelos alternadores e dínamos variam com a rotação do motor, porém o Regulador de voltagem controla o gerador, evitando a variação da voltagem.

Para maior proteção do sistema usa-se também os disjuntores de corrente reversa (RCCB Reverse Current Circuit Break) para evitar com que a bateria se descarregue através do gerador, se estiver não estiver funcionando.

7. Sistema elétrico de corrente alternada

Os sistemas de corrente alternadas (CA) dos aviões, usam geralmente tensões de 115 ou 120 volts e uma frequência de 400 hertz.

Nos aviões de grande porte, usando sistema com CA reduz o peso dos condutores e dos acessórios elétricos. Nos aviões de pequeno porte esta vantagem não existe, usando somente sistema de corrente contínua (CC).

8. Transformadores

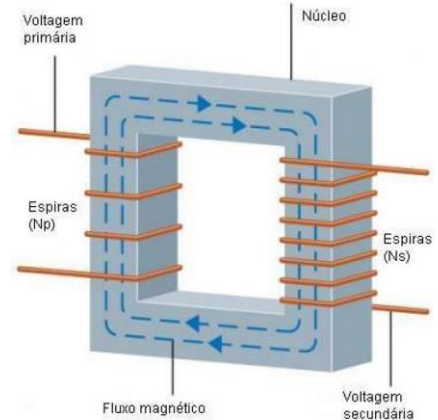
É um conversor CA-CA, usado para transformar voltagens. Seu funcionamento baseia-se na indução eletromagnética.

O transformador possui duas bobinas enroladas num mesmo núcleo, para que o fluxo magnético seja o mesmo em ambas.

O enrolamento primário recebe CA e produz um fluxo magnético.

De acordo com a lei de Faraday, este fluxo gerará CA no enrolamento secundário.

A tensão gerada no secundário depende da primeira espira, se for igual ao número de espira do primário a voltagem será igual, se for maior a voltagem também será maior e se for menor a voltagem também será menor.



9. Conversores:

São usados no sistema elétrico para mudar o tipo de corrente (CC ou CA), ou a voltagem, ou a frequência. Nos aviões, são mais comuns os seguintes tipos:

- Conversores CA – CA

São usados geralmente para aumentar ou diminuir a voltagem da corrente alternada. Ex: transformadores

- Conversores CA-CC

Convertem corrente alternada em corrente contínua, denominados como retificadores

- Conversores de CC-CC

Utilizados para mudar a voltagem da corrente contínua, são componentes formados por vários componentes como chaveadores, retificadores, transformadores e etc.

- Conversores CC-CA

Convertem CC em CA, conhecidos como inversores. Fazem parte dos "no breaks", produzem corrente alternada a partir da corrente contínua de baterias.

10. Motores Elétricos:

Baseiam-se nas forças que surgem em condutores percorridos por uma corrente elétrica dentro de um campo magnético.

É praticamente um dínamo funcionando ao contrário, ou seja, transforma energia elétrica em energia mecânica.

Os motores elétricos podem ser usados para dar partida ao motor do avião, recolher trem de pouso, abaixar flaps e etc.



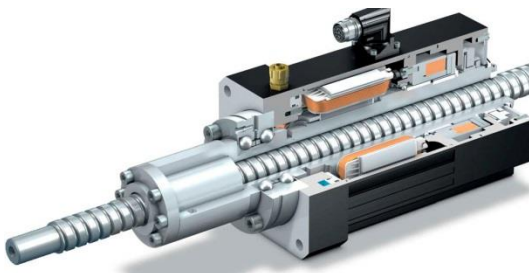
11. Atuador:

O atuador elétrico pode ser usado para recolher o trem de pouso, variar o passo da hélice e realizar outras funções (ações mecânicas). É basicamente formado por um motor elétrico e um mecanismo com engrenagens de redução, fusos, hastes, etc.



12. Servo:

O servo ou servomecanismo é um atuador especializado, capaz de parar em qualquer posição, obedecendo aos comandos de um computador ou outro dispositivo de controle que funcionam interligados, como músculos e cérebro. São muito utilizados em mecanismos de PA (piloto automático).



13. Motor de partida ("Starter")

Esta é uma outra aplicação do motor elétrico no avião. Funciona com a bateria do avião ou uma fonte externa. O acionamento deste motor é feito através da chave de ignição. Alguns motores de partida funcionam também como dínamos, sendo conhecidos como "starter-generators". Nos aviões sem sistema elétrico, a partida deve ser dada manualmente através da hélice, por uma pessoa treinada.



14. Dispositivos de proteção:

Os circuitos elétricos são protegidos contra fogo e danos provocados por excesso de corrente.

Os fusíveis são dispositivos descartáveis que possuem um condutor elétrico interno que se funde e desliga o circuito quando há uma corrente em excesso.



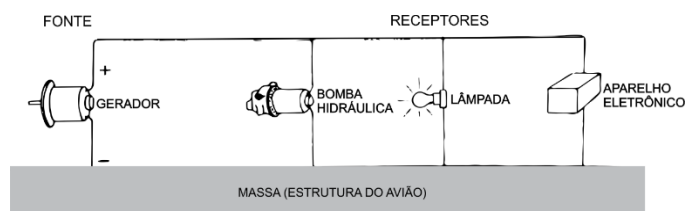
Os disjuntores ("circuitbreakers") desligam quando a corrente excessiva aciona um elemento sensível térmico ou magnético. Eles podem ser ligados e desligados a qualquer momento pelo piloto.



15. Distribuição da energia elétrica:

Os aviões possuem muitos acessórios elétricos, a corrente elétrica é distribuída por meio de terminais de ligação denominados barras ou barramentos ("bus bars") e retorna através da massa ou terra.

Nos aviões de grande porte, o sistema de barras é dividido, tendo a barra principal, barra de emergência, barra de avionics, etc. A massa é a própria estrutura da aeronave, formando um grande condutor negativo (negativo geral), que liga eletricamente todas as partes metálicas do avião, incluindo o motor, trem de pouso, as superfícies e hastes de comando, etc.



16. Controle do sistema elétrico:

O funcionamento geral do sistema elétrico pode ser monitorado através do voltímetro e do amperímetro.



O amperímetro indica a corrente da bateria. Se a corrente for negativa, a bateria está sendo descarregada. Essa situação é anormal se o motor estiver em funcionamento e deverá ser corrigida antes do voo. Algumas das possíveis causas são as falhas do gerador ou regulador de voltagem.



O voltímetro indica a tensão na barra principal. Tensões acima da faixa verde indicam sobrecarga de bateria, e tensões abaixo indicam carga baixa. Ambas as situações causam deterioração e inutilização da bateria, portanto exigem verificações dos sistemas elétricos.



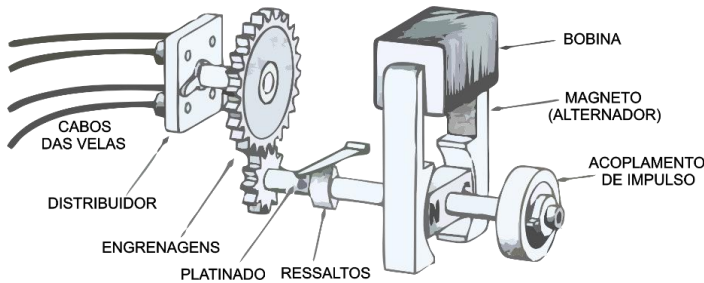


1. Sistema de Ignição:

Este sistema tem a finalidade de produzir as centelhas nas velas, para provocar a combustão da mistura nos cilindros.

É formado pelo magneto, chave de ignição e velas, sendo este sistema duplicado por segurança, havendo dois magnetos para o motor e duas velas para cada cilindro.

Começaremos estudando o magneto pela sua parte interna, que é formada por diversas partes. maior quanto mais rápido for a variação do fluxo.



2. O Princípio da geração da alta tensão: As velas exigem uma alta tensão para produzir a centelha, e esta alta tensão é gerada pela bobina de alta tensão do magneto.

A bobina possui um enrolamento primário com algumas centenas de espiras de fio grosso, para suportar a alta corrente. Há também um enrolamento secundário feito com muitos milhares de espiras de fio finos. Ambos estão enrolados em torno de um núcleo de ferro, que concentra e intensifica o fluxo magnético.

O funcionamento da bobina de alta tensão se dá em duas etapas:

Primeira etapa – A bobina é ligada a uma fonte elétrica, para criar um fluxo magnético no núcleo.

Segunda etapa- A corrente elétrica é desligada, para gerar a alta tensão no enrolamento secundário.

O aparecimento da faísca de alta voltagem ao desligar a bobina da fonte é explicado pela Lei da Indução Eletromagnética de Faraday:

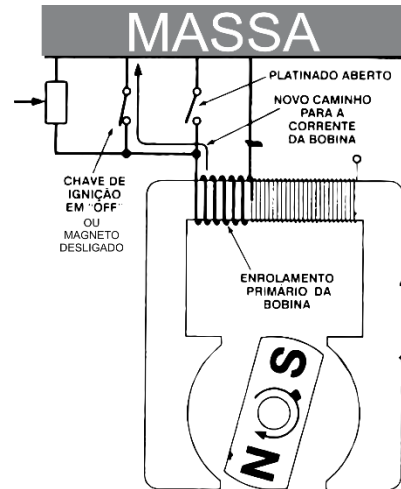
Quanto maior a variação do fluxo magnético, maior será a FEM gerada.

Ao abrir o platinado, a corrente elétrica desaparece quase instantaneamente, fazendo o fluxo magnético desaparecer junto. A alta voltagem é gerada nos dois enrolamentos; por isso haverá uma pequena faísca no platinado, e uma centelha muito maior no secundário, devido ao seu grande número de espiras.

3. O Magneto

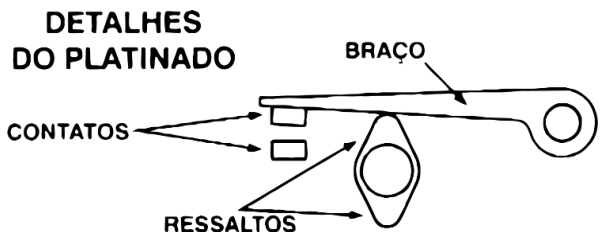
A bobina de ignição do magneto é enrolada no núcleo de ferro de um pequeno alternador.

Um ímã permanente gira entre os polos ou sapatas desse núcleo, fazendo o fluxo magnético variar ciclicamente e gerar uma corrente alternada no enrolamento primário. No momento apropriado, abre-se o platinado e a corrente é interrompida. O fluxo magnético varia bruscamente e gera uma tensão elevada no enrolamento secundário.



4. Platinado

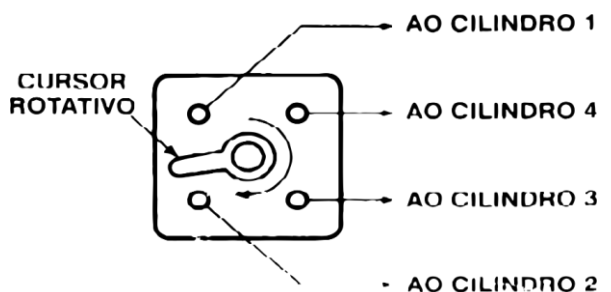
O platinado é acionado pelo mesmo eixo do magneto, através de ressaltos semelhantes aos do sistema de comando de válvulas.



5. O distribuidor

A alta tensão é distribuída para os cilindros na sequência correta (na fase de ignição), através do distribuidor que é uma chave rotativa. Nos motores a 4 tempos, o curso rotativo do distribuidor gira na metade da rotação do virabrequim.

O eixo do distribuidor é acionado por engrenagens.





6. O circuito do platinado e chave de ignição

A chave de ignição serve para desativar um magneto, anulando a ação do platinado.

Quando a chave de ignição está na posição OFF, o platinado não consegue interromper a corrente da bobina. Sem a interrupção da corrente, não há produção de faísca, portanto o magneto fica desativado.

Condensador ou capacitor:

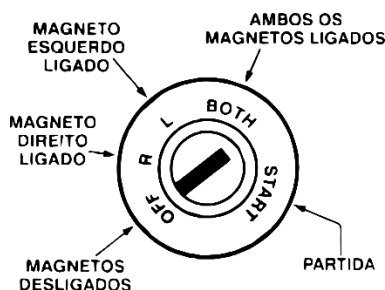
Este componente elétrico é inserido no circuito do platinado para eliminar pequenas faíscas que desgastam os contatos do platinado e enfraquecem a alta tensão no enrolamento secundário.

Chave de Ignição

É semelhante à dos automóveis, e permite ligar ou desligar um dos magnetos ou ambos, além de dar a partida ao motor.

Alguns aviões podem ter duas chaves de ignição tipo liga-desliga, uma para cada magneto.

Qualquer tipo de chave está sujeita a falhas, com mau contato. Se isso acontecer, o magneto permanecerá ativo e produzirá faísca se a hélice for girada inadvertidamente, dando uma partida acidental no motor.



7. “CHEQUE” de Magnetos

É um cheque realizado antes da decolagem, consiste em desligar um magneto por vez, se verifica a queda de rotação.

As possibilidades são:

a) Há pequena queda de rotação (ex. 50RPM)-

Situação normal, pois a combustão com uma vela só por cilindro é menos eficiente do que com duas velas ativas.

b) Há uma acentuada queda de rotação- Situação inaceitável, pois indica mau funcionamento do sistema de ignição ativo.

c) Não há queda de rotação – Situação inaceitável, com provável falha no circuito da chave de ignição, mantendo o magneto sempre ativo. Isso possibilita

testar o outro magneto e garantir o seu perfeito funcionamento.

d) O motor para de funcionar – Indica falha total do sistema de ignição que permanece ligado.

8. Ignição durante a partida

O magneto não funciona durante a partida do motor porque a variação do fluxo na bobina é muito lenta. A rotação mínima aceitável é da ordem de 100 a 200 RPM. Durante a partida dois recursos podem ser adotados para gerar a faísca:

a) **Unidade de Partida ou “Vibrador”-** Este é um dispositivo especial, alimentado pela bateria. Tem como finalidade produzir uma corrente elétrica pulsativa que alimenta uma bobina de alta tensão.

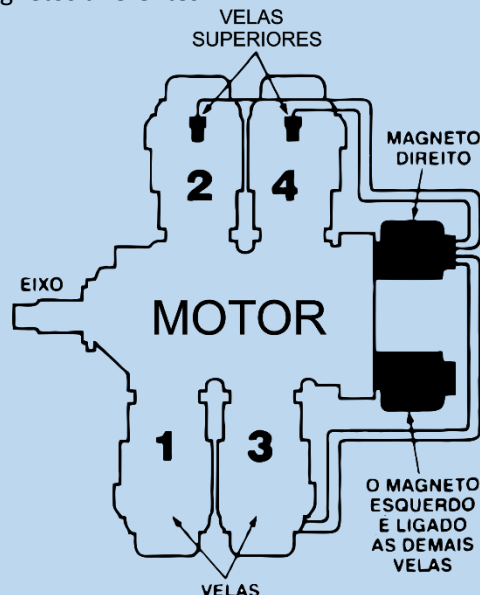
b) **Acoplamento de Impulso** – Este é um dispositivo mecânico que acopla o magneto ao motor. Durante a partida, o acoplamento provoca inicialmente uma torção numa mola em espiral, enquanto o magneto permanece parado. Num certo momento, uma catraca libera a mola, que dá um rápido impulso no magneto, gerando a alta tensão. A ação da catraca é audível, devido a estalidos característicos.

9. Distribuição da alta tensão

A corrente de alta tensão é distribuída as velas por meio de cabos. Devendo ser seguidos os seguintes critérios:

a) Cada magneto deve fornecer corrente a todos os cilindros, de acordo com a ordem correta de ignição (ordem de fogo) do motor.

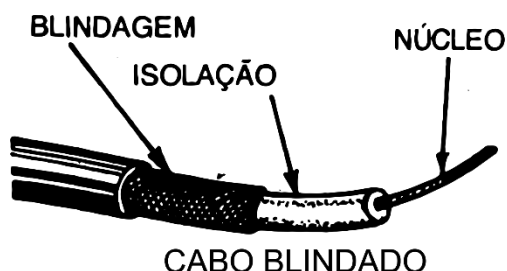
b) As duas velas de cada cilindro devem ser ligadas a magnetos diferentes.





Os cabos das velas devem ser do tipo **blindados**, para evitar que o ruído eletromagnético emitido pelos cabos de alta tensão possa interferir no funcionamento dos equipamentos de rádio-comunicação e navegação.

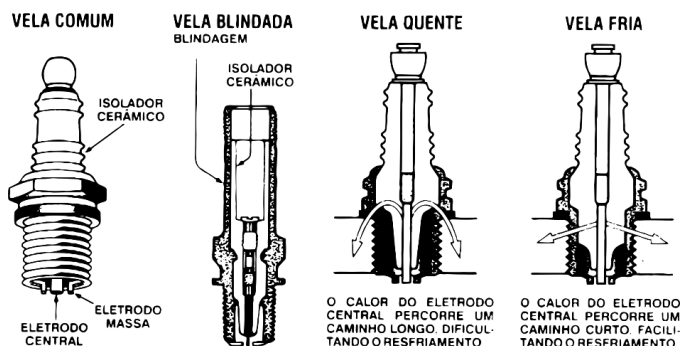
A blindagem é formada por uma fina malha metálica ligada à massa.



10. Velas

As velas fazem a transformação da energia elétrica de alta voltagem em energia térmica para provocar a ignição da mistura.

Entre os vários tipos de velas existentes, se destacam os seguintes tipos:



Características gerais: As velas possuem um eletrodo central, que recebe a alta tensão da bobina, e um ou mais eletrodos-massa ligados ao corpo da vela. Existe uma pequena folga entre os eletrodos central e massa, para que a faísca possa saltar. Se um dos eletros-massa tocar o eletrodo central, haverá um curto circuito e a vela não funcionará.

Velas blindadas: Todos aviões com rádio tem velas e cabos blindados, para evitar a emissão de ruídos eletromagnéticos. A blindagem envolve por completo a vela.

Velas frias e quentes: Uma vela muito quente tende a provocar pré-ignição, e uma vela muito fria tende a se contaminar com óleo, carvão e compostos de chumbo. Devem sempre ser usadas velas do tipo recomendado pelo fabricante do motor.

11. Magnetos de baixa tensão

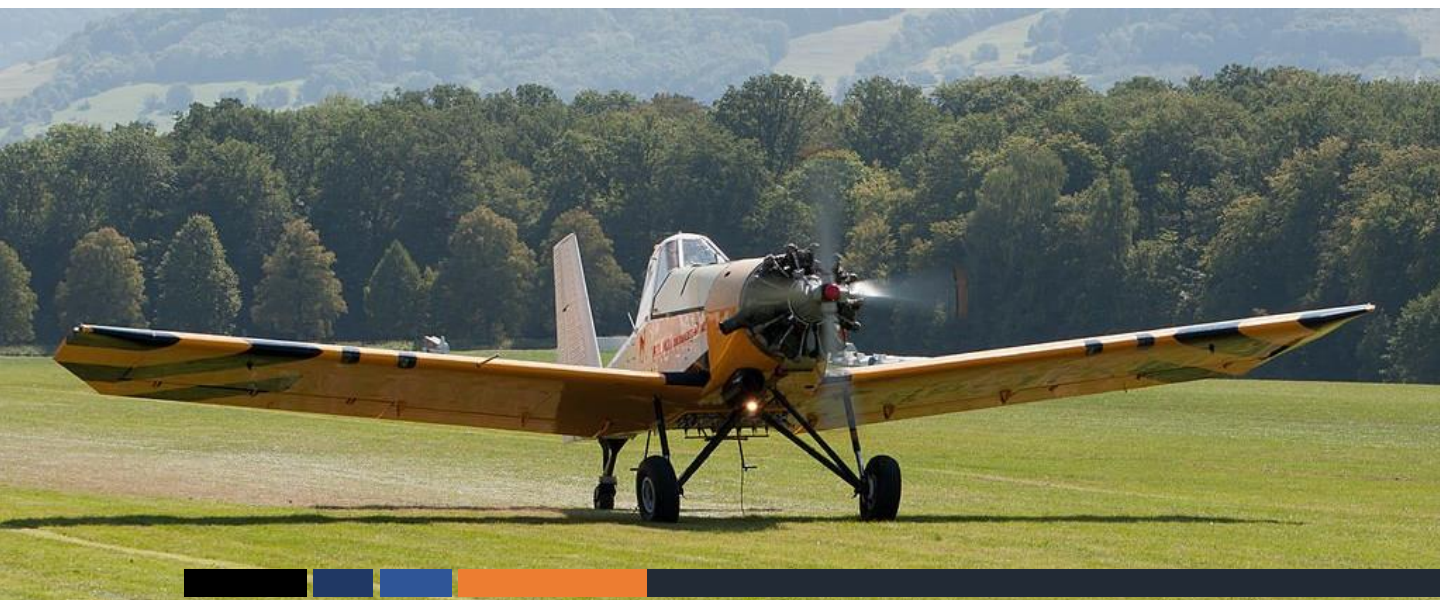
Neste tipo de magneto, a bobina possui somente o enrolamento primário, sendo necessário instalar uma bobina de ignição externa para cada vela.

Este tipo de magneto tinha a pretensão de diminuir o vazamento da alta tensão pelos cabos das velas, mas como os cabos mais modernos tem um bom isolamento, tornou o magneto de baixa tensão desvantajoso.

12. Manutenção do sistema de ignição

A manutenção deve ser executada pelo mecânico, consiste em:

Inspeções periódicas, eventuais reparos e a regulagem dos magnetos, que neste caso, envolve serviços como o ajuste das folgas dos platinados e das velas, avanço da ignição, além de testes diversos.





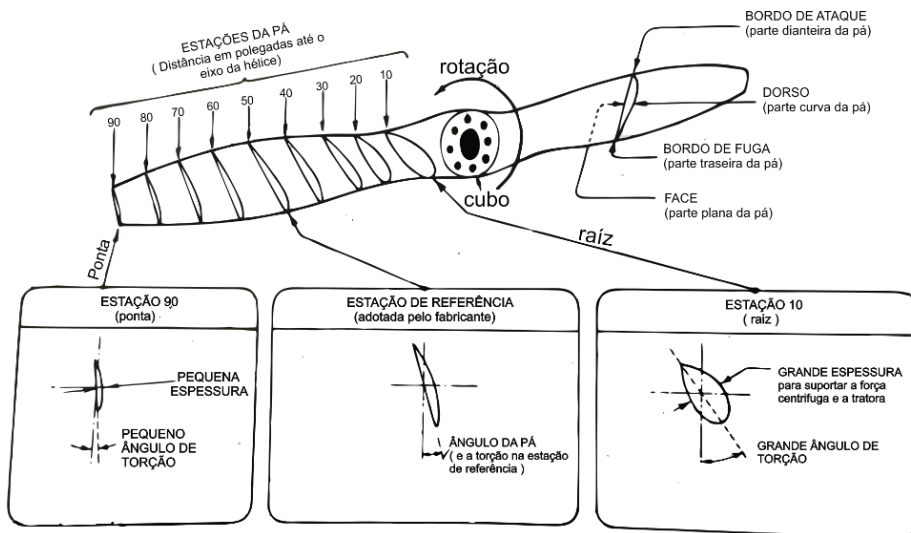
1. Hélice

É a parte do grupo GMP (grupo motopropulsor) que produz a tração, transformando a potência efetiva do motor em potência útil.

Neste capítulo estudaremos exclusivamente os aspectos mecânicos e construtivos, já que o funcionamento aerodinâmico da hélice é estudado em Teoria de Voo.

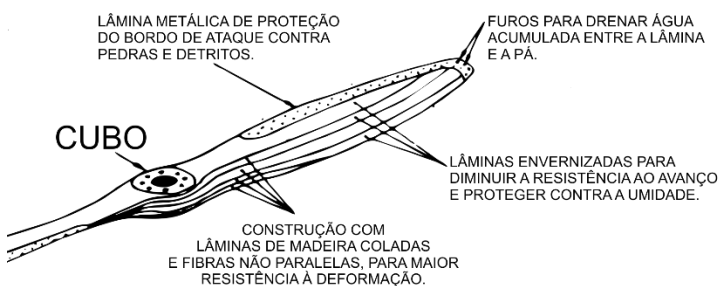
2. Constituição da hélice

- A hélice possui duas ou mais pás, tendo essas pás, o perfil aerodinâmico semelhante ao da asa do avião.
- Cada pá é dividida em **estações** para facilitar a identificação dos perfis e ângulo das pás. Uma das estações é definida como “**estação de referência**” pelo fabricante.
- O ângulo de torção da pá diminui da raiz para a ponta; na estação de referência, ele recebe o nome de “**ângulo da pá**”.



3. Materiais

Geralmente para a construção das hélices são usadas ligas de alumínio, mas podem ser usados outros materiais, como a madeira, plástico reforçados com fibras. As hélices de madeiras podem ser encontradas em motores de menos potência e nesse caso possuem algumas alterações como pode ser visto abaixo, como lâmina metálica de proteção e furos para drenagem da água.



4. Tipos de hélices

As hélices são classificadas em:

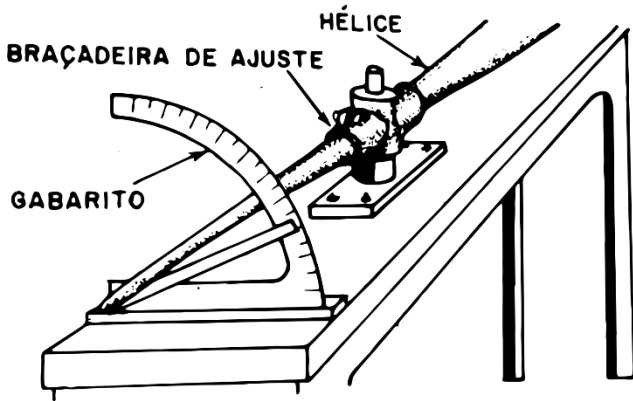
- Hélice de passo fixo
- Hélice de passo Ajustável
- Hélice de passo Variável
 - Manual
 - Automática (aeromática/hidromática/elétrica)

5. Hélice de passo fixo

Este tipo de hélice é geralmente inteiriço e suas pás são fixas, ou seja, não pode de forma alguma ser alterado.

6. Hélice de passo ajustável

O ângulo da pá desta hélice pode ser ajustado no solo. Normalmente a hélice deve ser removida e ajustada numa bancada, utilizando gabaritos e ferramentas apropriadas.



7. Hélice de passo variável (manual)

O passo pode ser variado pelo piloto durante o voo. As hélices mais simples de duas posições, existe apenas duas opções: passo mínimo e passo máximo. As hélices mais complexas permitem ajuste contínuo entre o mínimo e máximo.

O mecanismo geralmente usa pressão de óleo para reduzir o passo e contrapeso centrífugo para aumentá-lo.

As hélices manuais exigem certo cuidado na operação. O piloto aumentar a RPM do motor com o passo mínimo durante o voo, o limite de rotação do motor pode ser excedido. Por outro lado, se o piloto decolar com o passo máximo, atração será reduzida e a pista poderá não ser o suficiente para que o piloto consiga decolar a aeronave.

8. Hélice de passo variável (automático)

Esse tipo de hélice é mais conhecido como “**Hélice de passo controlável**” ou “**Hélice de Velocidade a) Constante**”, distingue-se dos outros tipos porque:

- a) Funciona com velocidade constante
- b) Possui governador
- c) É automático

O funcionamento a velocidade constante permite ao motor manter sempre a rotação ideal para a qual foi projetado. O controle automático, efetuado pelo **governador**, evita sobrecarga ao piloto e os riscos de um ajuste incorreto do passo.

9. Governador

Dispositivo que controla o passo da hélice. Se o RPM do motor aumentar, o governador aumentará o passo, e por tanto a carga aerodinâmica da hélice sobre o motor. Se a RPM do motor diminuir, a ação será oposta.

As hélices de passo controlável classificam-se em hélice **aeromáticas**, **hidromáticas** e **elétricas**.

Hélices aeromáticas

Usa pressão do ar comprimido para variar o passo; estas hélices não chegaram a ser desenvolvidas.

As outras duas acima citadas são as que são usualmente usadas.

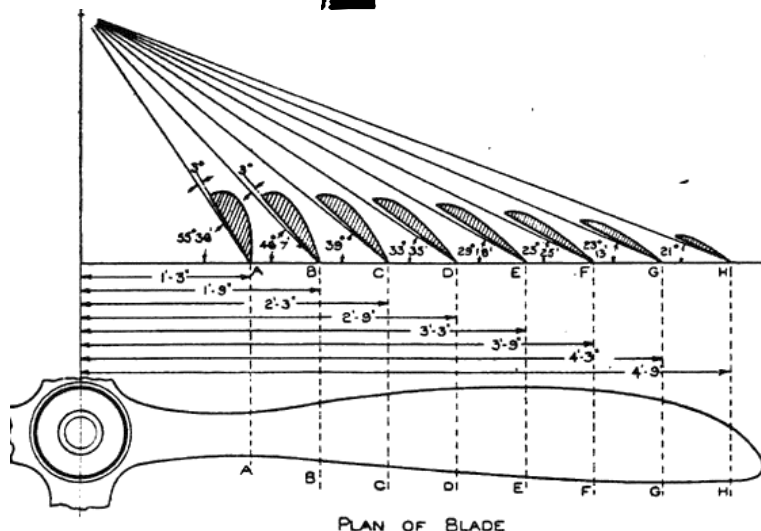
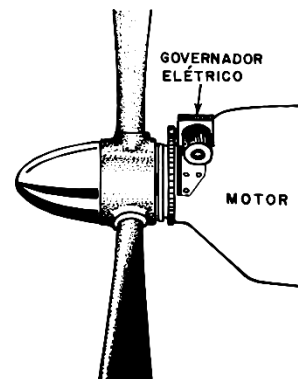
Hélices hidromáticas

São hélices de passo controlável, que utilizam a pressão do óleo lubrificante do motor para controlar o passo da hélice. Este sistema é utilizado na maioria dos aviões, desde monomotores leves até os quadrimotores turbohélices. O pistão e o cilindro hidráulico atuador encontram-se no cubo da hélice.

Hélices elétricas

São hélices controladas por governador elétrico. O passo é variado por um mecanismo acionado por um motor elétrico. No passado os governadores elétricos foram responsáveis por muitos acidentes de disparo de hélice - o disparo de hélice é uma falha onde o passo diminui enquanto o motor desenvolve potência, resultando num aumento excessivo da rotação e desintegração da hélice.

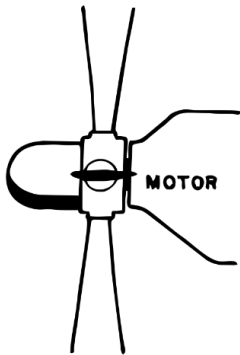
Este fato diminuiu a aceitação deste tipo de governador, mas eles foram aperfeiçoados e hoje existem muitos aviões que utilizam o governador elétrico.



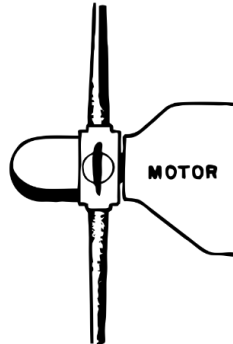


10. Passo chato, bandeira e reverso

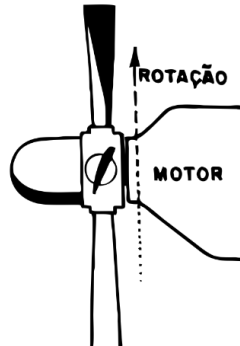
São nomes dados para determinar os ângulos de pá.



PASSO BANDEIRA - A pá fica alinhada com o vento. É usado para diminuir o arrasto da hélice quando o motor pára em voo.



PASSO CHATO - O ângulo da pá é nulo e o arrasto da hélice é máximo. Pode provocar o disparo se o motor estiver desenvolvendo potência.



PASSO REVERSO - O ângulo da pá é negativo e a tração é invertida, freando o avião. Usa-se para reduzir a distância de pouso.

11. Sumário sobre aerodinâmica

O recuo da hélice é a **diferença** entre o passo geométrico e o passo efetivo da hélice. O passo geométrico é a distância que uma hélice deveria avançar em uma revolução. O passo efetivo é a distância real percorrida por uma revolução da hélice.





1. Classificação

O voo do avião e o funcionamento do motor de dos sistemas são controlados através de instrumentos. Divide-se em quatro grupos básicos de instrumentos:

a) Instrumentos de navegação

Servem para orientar o voo do avião numa determinada trajetória:

Bússola
Termômetro de ar externo
Cronômetro
Horizonte Artificial (ADI)
Giro direcional
Inclinômetro
HSI

b) Instrumentos de voo

Indicam as variáveis que afetam o voo do avião:

Altímetro
Velocímetro
Variômetro
Machímetro

c) Instrumentos do motor

Indicam as condições de funcionamento do motor

Termômetro de cabeça de cilindro
Termômetro de óleo
Manômetro de óleo
Manômetro de pressão de admissão
Fluxômetro
Torquímetro

d) Instrumentos do avião (Sistemas)

Indicam o funcionamento dos sistemas do avião
Liquidômetro

2. Sistema Pitot-estático

Este sistema tem a função de captar as pressões estática e total (estática + dinâmica) para os seguintes instrumentos:

- Altímetro
- Velocímetro
- Variômetro
- Machímetro

O dispositivo captador é o **Tubo de Pitot**, que é geralmente instalado sob a asa do avião.

No aspecto construtivo, o Tubo de Pitot possui uma tomada de pressão estática (pressão atmosférica fora do avião) e uma tomada de pressão total (soma das pressões estática e dinâmica porque é impossível separá-las). Para evitar formação de gelo

e o acúmulo de água, o tubo de Pitot possui uma resistência elétrica de aquecimento e furos para drenagem de água.

Espaço para desenhar

3. Linhas de pressão estática e dinâmica

As pressões captadas pelo tubo de Pitot são enviadas até os instrumentos através de duas linhas de tubos:

Linha de pressão estática

Linha de pressão dinâmica ou de impacto (apesar dos nomes, a pressão transmitida é a total, e não apenas a dinâmica).

4. Manômetros

São destinados a medir pressão, classificam-se em:

a) Manômetro de pressão absoluta

Este tipo de manômetro é geralmente graduado em polegadas de mercúrio (in Hg) e mede a pressão em relação ao vácuo. Isso significa que dará indicação zero somente no vácuo ou no espaço.

O funcionamento do manômetro de pressão absoluta baseia-se na **capsula aneroide**, que contém vácuo no seu interior. Essa capsula comporta-se como uma pequena sanfona que se expande ou se achata conforme a pressão externa. Este tipo de capsula é empregado em todos os instrumentos ligados ao sistema Pitot-estático.

Altímetro

O altímetro é um instrumento que indica a altitude onde o avião se encontra. Basicamente é um barômetro (manômetro que indica a pressão atmosférica) formado por uma cápsula aneroide ligada à linha de pressão estática do avião. Essa cápsula aciona um ponteiro, através de um mecanismo. O mostrador possui uma escala graduada em altitudes (pés ou metros).

O ponteiro menor indica milhares de pés e o maior centenas de pés e o mais fino indica dezenas de milhares.



Velocímetro

O velocímetro é um instrumento que mostra a velocidade indicada do avião (VI). É baseado numa capsula de pressão diferencial (diafragma), que recebe a pressão total no seu interior e a pressão estática no exterior. As pressões estáticas do interior e exterior do diafragma se anulam, e a pressão dinâmica faz a capsula expandir-se, movimentando a agulha no mostrador através de um mecanismo. O velocímetro pode ser graduado em km/h, mph ou kt.



Espaço para desenhar

Variômetro ou Indicador de Subida (CLIMB)

Serve para indicar a velocidade de subida ou descida, geralmente graduado em ft/min ou metros por segundo. Seu funcionamento baseia-se não na pressão atmosférica, mas na sua variação. Se o avião descer a pressão aumenta e se o avião subir a pressão diminui. Essa variação atua sobre uma cápsula de pressão diferencial, que movimenta uma agulha no mostrador.



Espaço para desenhar

Machímetro

Costuma-se ler “maquímetro”, é derivado do velocímetro e baseia-se também na capsula aneroide (com vácuo no interior) e na capsula de pressão diferencial (pressões diferentes dentro e fora). Serve para indicar o número de Mach.

O número de Mach (costuma-se ler “mac”) é o número que resulta da divisão da velocidade do avião pela velocidade do som (aproximadamente 1224 Km/h)

Poe exemplo: “ Mach 0.8” indica uma velocidade igual a 0.8 vezes a velocidade do som. Na maioria dos aviões com motor a reação o voo é muitas vezes controlado pelo número de Mach.

b) Manômetro de pressão relativa

Este manômetro fornece indicações a partir da pressão ambiente, que é considerado como “zero”.

O elemento sensível é um tubo metálico achatado e enrolado, chamado de **tubo de Bourdon**. Ele é fechado numa extremidade, e distende-se quando a pressão é aplicada em seu interior. Um mecanismo é usado para transmitir esse movimento ao ponteiro.

O tubo de Bourdon é feito de bronze fosforoso para as baixas pressões e aço inoxidável para as altas pressões.

No avião, os manômetros de pressão relativa são calibrados em:

- **Libra força por polegada quadrada** (lbf/in² , lbf/pol² ou PSI – pounds per squareinch)
- **Quilograma força por centímetro quadrado** (kgf/cm²)

Além das funções primárias como manômetro de pressão de óleo, de combustível, de oxigênio, etc, pode, também ter função indireta como indicadores de temperatura, torque do motor e outros

5. Termômetro

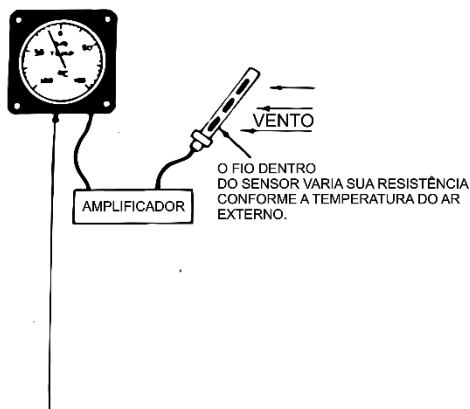
Os tipos de termômetro mais utilizados, quanto ao princípio de funcionamento:

- **Termômetro elétrico (ou de resistência)**

Este é o tipo de termômetro mais indicado para medir a temperatura do ar externo

TERMÔMETRO ELÉTRICO (ou DE RESISTÊNCIA)

Este é o tipo mais adequado para medir a temperatura do ar externo.



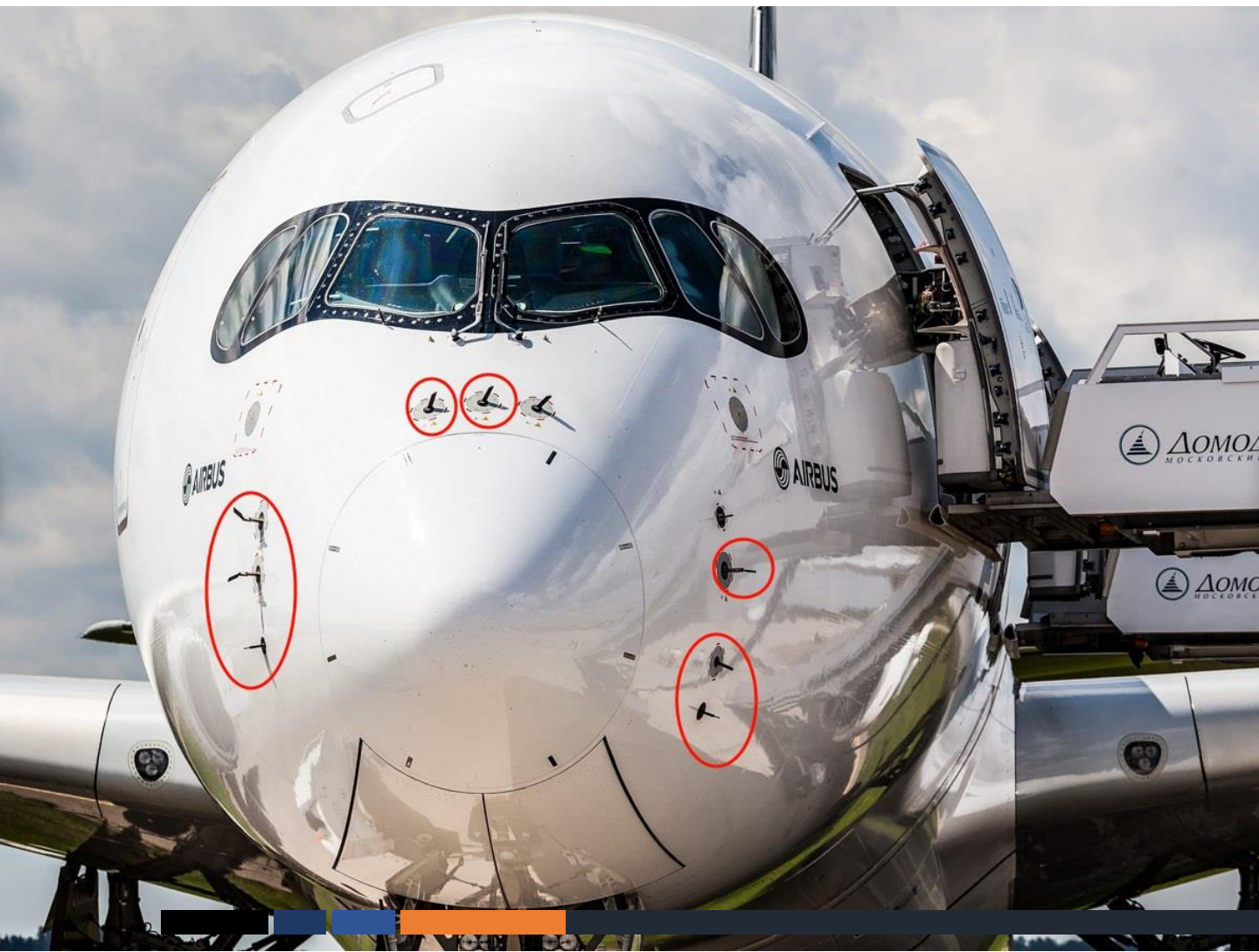
O INDICADOR É UM AMPERÍMETRO QUE MEDE A CORRENTE QUE PASSA PELA RESISTÊNCIA.

- **Termômetro de pressão de vapor**

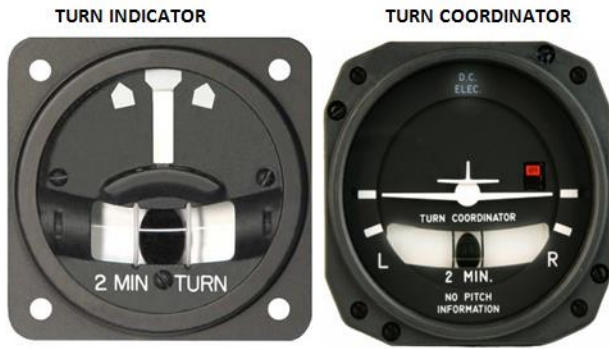
Este é o tipo mais adequado para medir a temperatura do óleo.

- **Termômetro de par termoelétrico
"thermocouple"**

Este é o tipo mais adequado para altas temperaturas, como a da cabeça do cilindro.



Indica a inclinação e a razão de giro de curva
(velocidade de giro ex: 3 graus por segundo)



Inclinômetro ("bolinha")

Este instrumento indica quando uma curva é feita com a inclinação incorreta das asas. É constituída por um tubo transparente recurvado, contendo no seu interior querosene e uma bolinha pesada.



3. Sistema diretor de voo

É um conjunto de instrumentos que fornecem orientação completa para o piloto manobrar o avião e fazer a navegação. São os instrumentos giroscópicos acrescidos de indicação de sinais de rádio e estão disponíveis apenas em aeronaves de maior complexidade.

Para evitar a dispersão da atenção do piloto entre inúmeros instrumentos, estes podem ser agrupados, sendo os mais usados:

INDICADOR DIRETOR DE ATITUDE (ADI "Attitude Director Indicator")

Este instrumento é a evolução do horizonte artificial e do indicador de curva. Indica ao piloto a atitude do avião, sendo que a função diretora de voo é indicar a correção para o piloto se ele estiver incorreto.



INDICADOR DE SITUAÇÃO HORIZONTAL (HSI "Horizontal SituationIndicator")

É uma evolução do giro direcional e orienta a navegação. Acusa desvio de rumo e indica se o avião está fora de trajetória determinada pelo rádio-auxílio escolhido.



4. Cronômetro

O cronômetro instalado no avião é utilizado como instrumento de navegação, porque diversos procedimentos ou manobras são controladas por tempo.





5. Tacômetro (ou contagiros)

Servem para indicar a velocidade de rotação do eixo manivelas do motor, os tipos normalmente adotados nos motores de avião são:

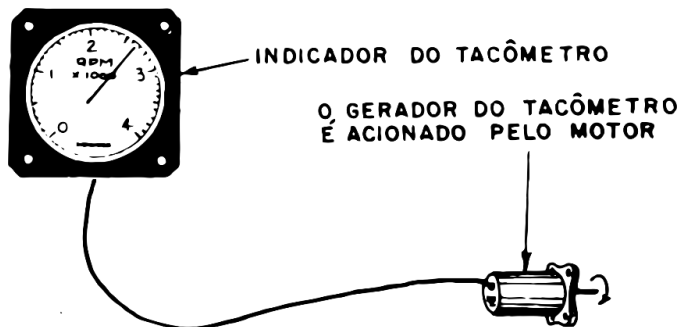


a) Tacômetro mecânico

Também conhecido como tacômetro centrífugo, e baseia-se na ação de contrapesos rotativos que atuam sobre o mecanismo do ponteiro do instrumento.

b) Tacômetro elétrico

Este tacômetro pode ser um voltímetro que mede a tensão de um pequeno gerador acionado pelo motor. Existe um outro tipo em que há um pequeno motor elétrico no instrumento, girando um ímã permanente. O ímã rotativo arrasta um tambor por ação eletromagnética, movimentando o ponteiro do instrumento.



6. Torquímetro

Serve para medir o torque no eixo da hélice, mas é raramente usado hoje em dia. Na prática, o torque é medido sob forma de pressão (denominado BMEF- "Brake Mean Effective Pressure"), por meio de um manômetro, devendo o piloto evitar ultrapassar um determinado limite, para proteger o motor.

Embora os torquímetros tenham sido muito usados nos grandes motores radiais do passado, nos motores a pistão atuais são desnecessários.



7. Bússola

A bússola indica a proa magnética, ou seja, o ângulo entre o eixo longitudinal do avião e a direção do campo magnético da terra. Há dois tipos de bússola:

a) Bússola Magnética

Seu funcionamento é baseado na propriedade dos ímãs de se alinharem segundo a direção norte-sul magnética. É constituída por um ou mais ímãs são embutidos numa escala circular móvel chamada limbo. O limbo gira livremente em torno do eixo vertical, apoiado em um pivô, dentro de uma caixa cheia de querosene, que amortece as oscilações.

A bússola magnética está, entretanto, sujeita a erros causados pela fricção do pivô e pelos campos magnéticos espúrios e movimentos do avião.

Os campos magnéticos espúrios existentes no avião são em parte anulados pelos ímãs compensadores na caixa da bússola, ajustados por parafusos. O erro remanescente é indicado num cartão de desvios, junto ao instrumento. A fricção do pivô não pode ser eliminada, mas ela é atenuada pela própria vibração do avião.

Os movimentos do avião podem dificultar a leitura e também tiram o limbo da posição horizontal, deixando-o sensível à componentes verticais do campo magnético da terra, causando erros de indicação.





b) Bússola de leitura remota

O sensor magnético deste tipo de bússola utiliza um sistema eletromagnético complexo denominado válvula de fluxo ("Flux gate", em inglês), instalado na ponta da asa. Nessa posição, os campos magnéticos espúrios são menores, evitando grandes erros. Os sinais elétricos são processados e corrigidos por um transmissor e enviados aos indicadores e instrumentos na cabine.



8. Radioaltímetro

É um altímetro que indica a altura verdadeira ou absoluta em relação ao solo. Ele é usado principalmente durante o pouso e seu funcionamento baseia-se no radar, que envia uma onda ao solo e recebe o seu reflexo. A altitude é calculada por um computador e apresentada num indicador ou enviada ao sistema de pouso por instrumento.

9. FAIXAS DE OPERAÇÃO

Alguns instrumentos reduzem ou omitem informações numéricas desnecessárias ao piloto, apresentando apenas faixas de operação.

As faixas são indicadas através das cores:

- VERDE: operação normal
- AMARELA: operação restrita ou em alerta
- VERMELHA: operação proibida

10. INSTRUMENTAÇÃO ELETRONICA

Este sistema formado por três elementos básicos:

a) Sensores

Os sensores, transdutores e antenas captam sinais elétricos ou convertem grandezas físicas como pressão, temperatura, força, velocidade e etc, em sinais elétricos.

b) Processadores eletrônicos

Ampliam o sinal elétrico ou executam funções complexas para gerar informações necessárias ao piloto. No contexto geral, incluem aqui os equipamentos eletrônicos ("aviônicos") de navegação.

c) Painéis, telas ou displays de cristal líquido (LCD)

Transformam os sinais eletrônicos dos processadores em imagens visuais.



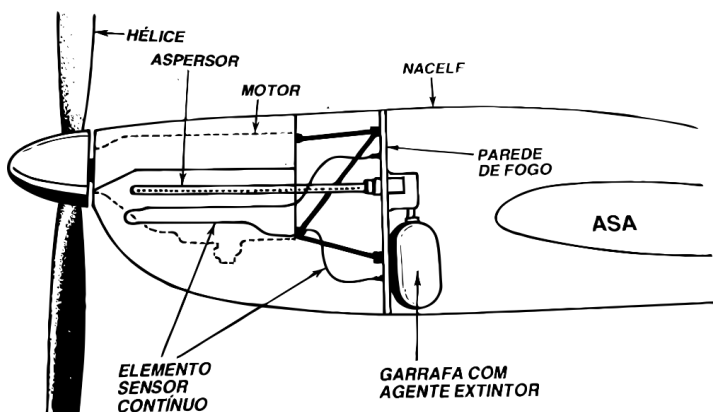


1. Descrição

O sistema de proteção contra fogo nos motores é subdividido em duas partes:

a) Sistema de detecção e superaquecimento e fogo

A detecção é feita por sensores instalados nos pontos de maior probabilidade de fogo. Há **sensores locais** que protegem determinados pontos e **sensores contínuos**, em forma de fio, que protegem ao longo de sua extensão. Quando o calor excessivo é detectado, o sistema emite um alarme sonoro e visual na cabine de comando.



b) Sistema de extinção de fogo

Este sistema pode ser automático ou acionado pelo piloto. Ele é formado por uma ou mais garrafas com agente extintor, tubulação, válvulas de controle e aspersores.

Em aviões de pequeno porte pode não ter um sistema de detecção e extinção de fogo, neste caso, a bordo da aeronave tem um extintor portátil.

2. PRINCÍPIOS DA COMBUSTÃO

A combustão é uma reação química entre as substâncias combustíveis e o oxigênio do ar, produzindo calor. Ela pode ocorrer de duas maneiras:

Com chama: a chama é formada por material combustível volátil liberado pelo material que se queima, produzindo luz e calor.

Sem chama: O carvão queima sem chama porque não libera material combustível volátil.

3. PONTO DE FULGOR E PONTO DE AUTOINFLAMAÇÃO

Ponto de fulgor: é a temperatura na qual o líquido produz vapores que podem se inflamar com uma fonte externa de calor.

Ponto de autoinflamação: é a temperatura em que o vapor do líquido entra em combustão espontânea com o ar, mesmo sem fonte de calor externa.

4. PRINCÍPIO DE COMBATE AO FOGO

A combustão só pode ocorrer se houver a combinação de três fatores: o combustível, o oxigênio e o calor.



Para eliminar o fogo, basta eliminar ou isolar um destes fatores, através do **abafamento** ou do **resfriamento**.

ABAFAMENTO

Não há fogo porque o oxigênio do ar não entra mais em contato com o combustível que estava alimentando a chama.

RESFRIAMENTO

Não há mais fogo porque a água resfriou o suficiente para acabar com o calor.

CLASSES DE INCÊNDIO

Os incêndios são divididos em classes:

CLASSE A: Fogo em materiais que deixam brasa ou cinzas, como madeira, papel, tecidos e etc.





CLASSE B: Líquidos inflamáveis como gasolina e álcool



CLASSE C: Materiais elétricos energizados



CLASSE D: Materiais metálicos, como magnésio em combustão



6. AGENTES EXTINTORES

Os agentes extintores mais usados são:

ÁGUA: apaga por resfriamento incêndios de Classe A. Pode ser usado em extintores portáteis e veículos de combate a incêndio, na forma de jato ou neblina.

ESPUMA: apaga por abafamento incêndios em líquidos (Classe B). É corrosivo e ataca metais, mas é muito usado em acidentes aeronáuticos devido à eficiência nos incêndios em líquidos combustíveis.

PÓ QUÍMICO: apaga por abafamento incêndios de Classe B e C

PÓ SECO: apaga por abafamento incêndios de Classe D.

DIÓXIDO DE CARBONO: é usado em incêndios elétricos porque não conduz a eletricidade, afastando o perigo de choque. Pode “queimar” a pele porque provoca forte resfriamento ao se evaporar. Pode causar asfixia em recintos fechados, apesar de não ser venenoso. É usado em extintores fixos e portáteis de bordo, mas é frequentemente substituído pelo agente HALON, de característica físicas semelhante, porém mais eficiente.

7. PROCEDIMENTOS CONTRA FOGO EM VOO

O piloto deve seguir os procedimentos recomendados nos manuais dos aviões.

Alguns princípios básicos para aviões leves são:

Fogo no motor

Cortar a alimentação de combustível e desligar a chave elétrica geral (“Master Switch”) Iniciar imediatamente os procedimentos para pouso de emergência. A ação rápida pode evitar que o fogo aumente e provoque falha estrutural do avião em voo. Se for constatado alarme falso durante a descida, bastará reverter as ações tomadas.

Fogo na cabine

Desligar a chave geral (“ Master Switch”) se o incêndio for de classe B (elétrico). Usar o extintor e outros recursos para abafar e extinguir o fogo. Pousar na pista mais próxima para inspeção e outras medidas necessárias.

8. PROCEDIMENTOS CONTRA FOGO NO SOLO

Fogo na partida

Seguir os procedimentos detalhados nos manuais do avião. O fogo pode se extinguir durante os procedimentos.

Fogo durante o abastecimento

O piloto é o responsável pelo abastecimento deve estar treinado para operar o equipamento ou o veículo abastecedor, o qual deve ter recursos de combate a fogo prontos para uso. Incêndios de maiores proporções exigem a ação de veículos de combate a incêndio com equipe treinada e devidamente aparelhada (materiais de proteção individual e coletiva), devido ao risco envolvido.



1. SISTEMA DE DEGELO E ANTIGELO

Quando a temperatura do ar se encontra abaixo de 0°C e há umidade elevada no ar, poderá ocorrer formação e acúmulo de gelo sobre o avião. As áreas mais propícias e também perigosas para acúmulo de gelo são:

a) Bordos de ataque das asas e empenagem

Nestas áreas, o gelo altera o perfil aerodinâmico, afetando o voo. Pode ser combatido pelo degelo térmico (circulação de ar quente dentro dos bordos de ataque), ou pelo degelo pneumático (“botas” infláveis de borracha, que literalmente quebram a camada de gelo formado) ou mesmo por degelo elétrico.

b) Hélice

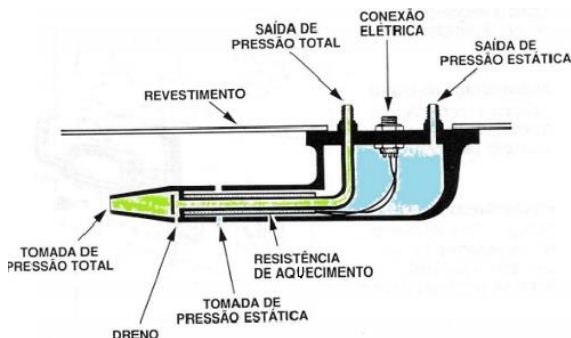
O gelo causa alteração do perfil da pá e desbalanceamento. O sistema de degelo pode ser elétrico (camada resistente colada ao bordo de ataque das pás) ou aplicação de líquido anticongelante (álcool isopropílico e outros).

c) Para-brisas

O degelo é necessário antes do pouso para permitir a visualização da pista pelo piloto, podendo ser elétrico (resistência embutida entre camadas de vidro) ou por aspersão de líquido anticongelante.

d) Tubo de Pitot

O acúmulo de gelo no tubo de Pitot é talvez a forma mais grave de formação de gelo, porque causa erros nos instrumentos. O degelo é feito por resistência elétrica que fica localizada dentro do tubo de Pitot.



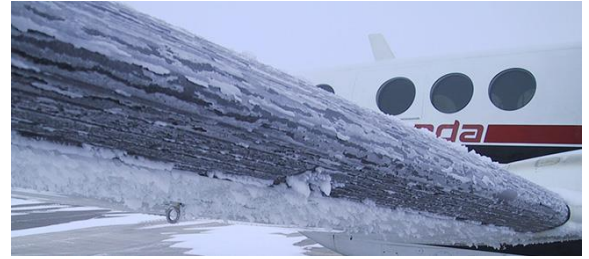
e) Carburador

O problema de gelo no carburador já foi estudado, e soluciona-se este problema com ar quente.

2. PREVENÇÃO DO GELO

A prevenção **não deve** ser feita quando representar desperdício de energia (exemplo: bordos de ataque

e hélice) ou de líquido anticongelante. Nesses casos, é preferível esperar o gelo se formar, e então acionar o sistema de degelo.



Por outro lado, a prevenção **deve** ser feita no caso do ar quente do carburador e aquecimento elétrico do tubo de Pitot e pára-brisas, sempre que o piloto julgar necessário. Outra forma de prevenção é operacional, de forma que o piloto deve, dentro do possível, evitar o voo em áreas favoráveis ao acúmulo de gelo.

3. DETECÇÃO DO GELO

Antes do voo, a detecção deve ser feita através da inspeção visual, se a temperatura for inferior a 0°C no solo, sabe-se que há grande possibilidade de formação de gelo. Durante o voo, a inspeção é realizada também de forma visual, visualizando através do para-brisas e janelas. Alguns aviões mais modernos possuem detectores eletromecânicos baseados em ressonância.

Em lugares muito frios os aviões passam pelo processo de degelo antes de partir para seus destinos

4. SISTEMA DE CALEFAÇÃO

É utilizado para aquecer o ar da cabine. Nos aviões leves, o ar é geralmente aquecido através do calor dos gases de escapeamento (“Cabin Air”), de modo idêntico ao aquecimento do ar do carburador (“Carbo heat”). Em aviões maiores podem ser usados aquecedores a combustível ou então o ar proveniente dos compressores dos motores a reação, no caso dos grandes jatos com esse tipo de motor.

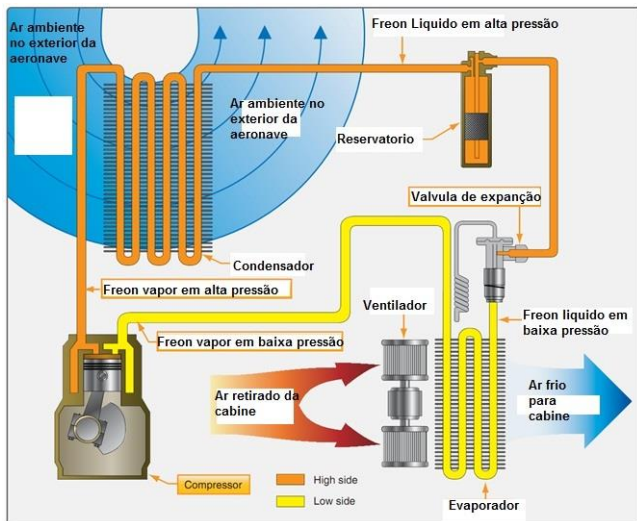
5. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

É um sistema utilizado para diminuir a temperatura no interior da cabine. Normalmente faz parte do sistema de ar condicionado.

Existem dois tipos de sistema de refrigeração:

a) Refrigeração por ciclo a vapor

Este sistema é o mesmo dos refrigeradores domésticos. Seu funcionamento baseia-se no resfriamento provocado pela evaporação de um líquido como o Freon comprimido.



b) Refrigeração por ciclo a ar

Este sistema é usado nos aviões a reação aproveitando o ar comprimido extraído do compressor do motor. Baseia-se no resfriamento que ocorre quando o ar comprimido sofre uma expansão, esse tópico não é aprofundado no curso de piloto privado, ficando restrito apenas ao tipo de refrigeração e seu funcionamento básico.

A extração ou sangria do ar provoca uma certa redução de potência do motor, e por este motivo o sistema de ar condicionado é desativado durante a decolagem.

6. SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO

Este sistema tem a finalidade de manter uma pressão dentro da cabine adequada ao corpo humano durante vôos em altitudes elevadas.

O fator prejudicial principal não é a baixa pressão, mas sim a falta de oxigênio que as elevadas altitudes proporcionam.

Aeronaves que tenham o seu teto operacional até 10 mil pés de altitude, não necessitam desse tipo de sistema, pois a condição de ausência de pressão só é crítica acima dessa altitude.

Alguns conceitos são importantes para melhor compreender esse sistema:

a) Altitude de cabine

É a altitude na qual a pressão atmosférica equivale à que existe na cabine do avião, ou seja, a pressão internamente que está na aeronave em relação a pressão atmosférica que essa altitude possui.

O sistema de pressurização permite a queda da pressão na cabine durante a subida do avião, porém nunca abaixo da pressão correspondente à altitude de 8.000ft (valor geralmente adotado). Isso significa que a altitude de cabine aumenta durante a subida e estabiliza-se ao atingindo 8.000ft.

b) Pressão diferencial

É a diferença entre a pressão interna da cabine e a pressão atmosférica externa.

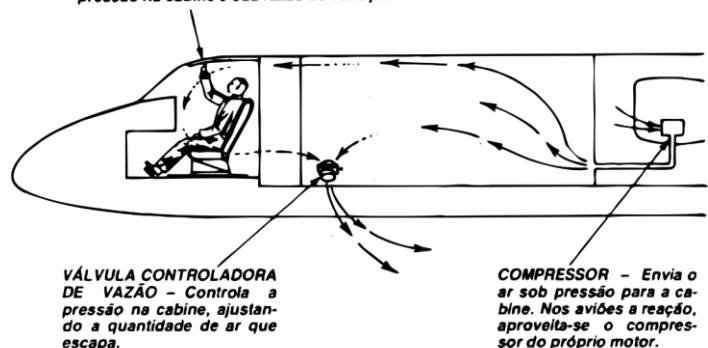
Sabendo que a pressão interna do avião diminui gradativamente e a pressão externa diminui drasticamente conforme o avião sobe, a pressão diferencial é a diferença entre as pressões, internas e externas.

A pressão diferencial é nula no solo e aumenta durante a subida. Esse aumento ocorre mesmo com altitude de cabine estabilizada, devido a redução da pressão externa. O diferencial máximo permitido varia de 3lb/in² nos aviões leves e nos aviões a reação é de 9lb/in².

FUNCIONAMENTO BÁSICO DO SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO

A pressurização é efetuada através da insuflação de ar dentro da cabine. Os três componentes básicos do sistema são:

CONTROLADOR DE PRESSURIZAÇÃO
Painel onde o piloto seleciona a pressão na cabine e sua razão de variação.



7. SISTEMA DE AR CONDICIONADO

É um sistema completo de controle ambiental na cabine, compreendendo a pressurização, a calefação e a refrigeração, que foram estudados separadamente nesta aula.

8. SISTEMA PNEUMÁTICO

É um sistema destinado a acionar componentes mecanicamente através da energia do ar sob pressão. Ele é adotado raramente, pois na maioria dos casos adota-se o sistema hidráulico. As principais diferenças do sistema pneumático em relação ao hidráulico são:



a) O ar é compressível, portanto acumula energia em todo o sistema, incluindo as tubulações.

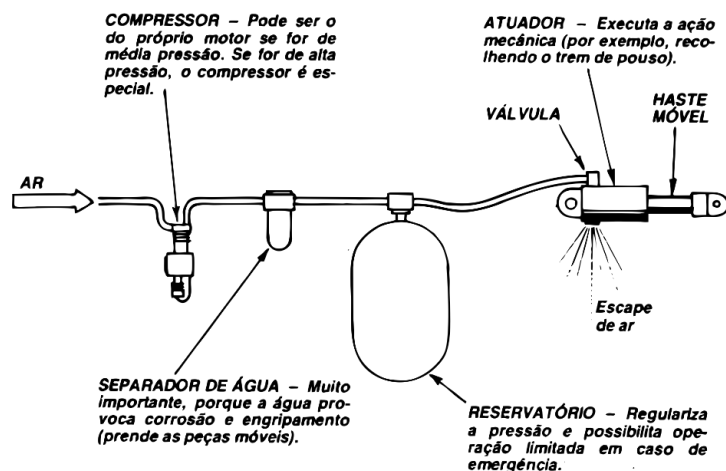
b) O ar utilizado é expelido para a atmosfera, portanto o sistema pneumático não exige tubulações de retorno.

Pressões utilizadas

As pressões são menores que no sistema hidráulico, mas podem atingir mais de 3000PSI (“pounds per square inch” ou libra-força por polegada quadrada). Existem sistemas que operam com pressões menores, da ordem de 1000 PSI ou até mesmo

Componentes do sistema pneumático

Os componentes básicos de um sistema pneumático estão mostrados abaixo:



Sistemas de pressões diferentes

Dentro de um mesmo sistema pneumático, uma parte pode funcionar com alta pressão e outra com baixa pressão, para atender às necessidades de diferentes grupos de atuadores e outros dispositivos.

Sistema pneumático de emergência

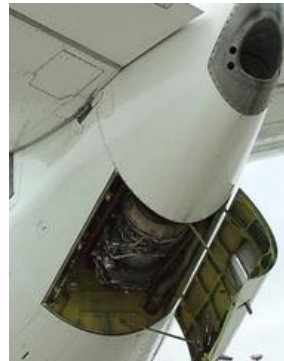
Serve para suprir a falha de um sistema pneumático principal ou de um sistema hidráulico. No caso da falha do sistema hidráulico, o cilindro pneumático é abastecido no solo com nitrogênio ou gás carbônico sob pressão elevada.

Partida pneumática dos motores a reação

Muitos motores a reação possuem um motor de partida pneumático que funciona com uma pressão de 100 a 150 PSI, consideradas “média” ou mesmo “baixa”.

O ar de partida pode ser fornecida por um motor que já esteja em funcionamento, ou um motor auxiliar (APU “Auxiliary Power Unit”), ou por veículos e instalações pneumáticas externas.

APU



GPU



9. SISTEMA DE OXIGÊNIO

O sistema de oxigênio serve para suprir a falta de oxigênio aos ocupantes da aeronave nos vãos com altitudes elevadas. Nos aviões não pressurizados, seu uso é obrigatório e, nos aviões pressurizados é usado em situação de emergência.

Partes do sistema de oxigênio

As principais partes do sistema de oxigênio são o cilindro, o regulador e a máscara.

a) Cilindro

Os cilindros podem ser de alta pressão (pintado na cor verde, pressão em torno de 1800PSI) ou baixa pressão (pintado de amarelo, com pressão em torno de 450PSI). No lugar do cilindro, pode ser também usado um gerador químico de oxigênio.

b) Regulador

Os reguladores podem ser de fluxo contínuo (saída ininterrupta) ou fluxo por demanda (saída somente durante a inspiração). Há reguladores que fornecem oxigênio puro e outros que misturam com o ar na proporção correta.

c) Máscara

É usada para a respiração individual. Se o regulador fornece oxigênio puro, a máscara deixa espaço abertos para permitir a diluição como ar. Se o regulador fornecer oxigênio diluído, a máscara adapta-se perfeitamente à face.

Abaixo de 34000 ft de altitude, não se deve respirar oxigênio puro.

Instalação do sistema

O sistema de oxigênio pode ser fixo no avião ou portátil. Neste caso, a máscara, regulador e o cilindro formam um conjunto facilmente transportável.



10. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EXTERNA

A sinalização luminosa externa do avião é importante para a segurança do voo. As luzes estão distribuídas da seguinte forma; as quais serão estudadas em detalhes na matéria de regulamentos de tráfego aéreo.



11. Piloto automático (AP)

O piloto automático é um sistema destinado a manter o avião numa condição pré-estabelecida de voo e efetuar determinadas manobras automaticamente, de forma que o piloto apenas seleciona ou programa a condição desejada, e o avião automaticamente cumpre essa solicitação.

Esquema básico

Em essência, um piloto automático é composto pelos elementos indicados na imagem abaixo:

Princípio de operação

As quatro partes básicas do AP descritas na imagem acima, funcionam da seguinte forma:

a) Sensor

Envia sinais ao amplificador, informa uma dada condição de voo

b) Controlador

Pode ser um pequeno painel onde o piloto introduz as condições desejadas.

c) Amplificador

É um dispositivo que verifica se a condição de voo corresponde à condição desejada. Se houver desvio, envia uma ordem de correção ao servo – atuador.

d) Servo-atuador

Executa a ordem de correção e envia ao amplificador um sinal indicando o deslocamento efetuado.

Comandos e indicações

Os comandos são introduzidos através do controlador do piloto automático. Alguns comandos possíveis são: manter altitude, manter rumo magnético, instrumento). As indicações e avisos do piloto automático são fornecidas pelo mesmo painel, através de luzes.

Sensores

Geralmente são os próprios instrumentos de voo e de navegação, tais como o altímetro, giro direcional, ADI, HSI, e os instrumentos eletrônicos de navegação por instrumentos. O sensor básico de altitude do avião é o **giroscópio**, que faz parte de vários instrumentos.

Dispositivos de segurança do piloto automático

Para evitar consequências graves de falha no sistema do AP, os comandos aplicados manualmente pelo piloto humano sempre sobrepõem os comandos do AP e provocam o desacoplamento deste. Adicionalmente, o mau funcionamento pode ser detectado através das luzes indicadoras no controlador do piloto automático e também pela observação dos instrumentos normais de voo e navegação.





1. OBJETIVO

A manutenção tem o objetivo de manter o avião em boas condições de funcionamento, de modo a garantir a segurança operacional.

2. TIPOS DE MANUTENÇÃO

a) Manutenção corretiva:

Serve para corrigir deficiências depois que estas aparecem: por exemplo, um amortecedor com vazamento que precisa ser consertado.

b) Manutenção preventiva:

Serve para prevenir contra o aparecimento de falhas: por exemplo, remoção do motor para revisão depois de um determinado número de horas. Essa manutenção ocorre independente do bom funcionamento da peça.

3. INSPEÇÕES

A inspeção é o serviço de manutenção mais simples e consiste em verificações visuais ou por outros meios imediatos, destinadas a detectar anomalias. Uma vez detectada anomalias, toda as anormalidades requerem serviços de manutenção corretiva. As inspeções classificam-se em **inspeções pré-vôo** e **inspeções periódicas**.

a) Inspeção pré-vôo

Esta é a única inspeção que é de responsabilidade do piloto, e deve ser feita antes de cada vôo. Consiste em examinar as diversas partes do avião de acordo com uma lista de verificações ("Check List"), fornecida pelo fabricante do avião.

Qualquer anormalidade constatada deve ser examinada por um mecânico homologado.

Todo piloto deve receber treinamento adequado para fazer a inspeção pré-vôo, como realizar o procedimento de drenagem do combustível para identificação de impurezas e água que possivelmente possam aparecer, verificar nível de óleo como checar e o que avaliar em cada item que consta no checklist, além de conhecer o risco potencial, como o de ficar próximo à hélice ou movimentá-la com as mãos.

b) Inspeções e revisões periódicas

A manutenção preventiva compreende inspeções e revisões feitas em determinados períodos (geralmente baseados em números de horas de vôo). As revisões englobam a estrutura, motor, acessórios e demais componentes, os quais são desmontados para exame detalhado e substituição das partes em condições insatisfatórias.

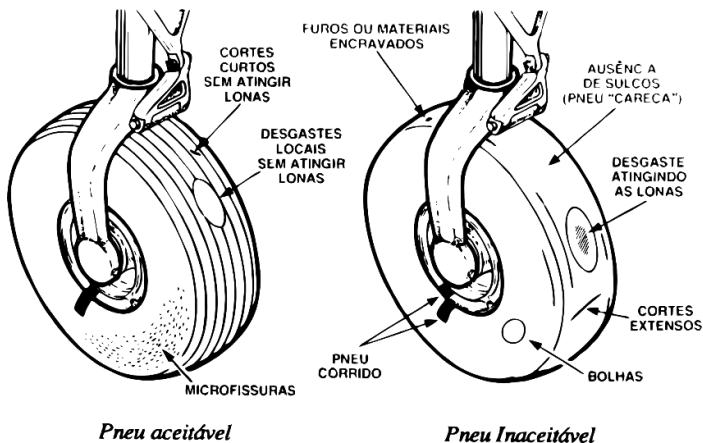
4. PROCEDIMENTOS E PROGRAMAS

Todos os serviços de manutenção, desde a inspeção pré-vôo à inspeção mais complexa de estrutura e motor, devem ser feitos de acordo com os procedimentos e programas (períodos) determinados pelo fabricante do avião, motor e componentes. Eles estão descritos nos manuais respectivos de manutenção e são obrigatórios, devendo o proprietário ou operador do avião comprovar o cumprimento dos períodos às autoridades aeronáuticas por ocasião de vistorias.



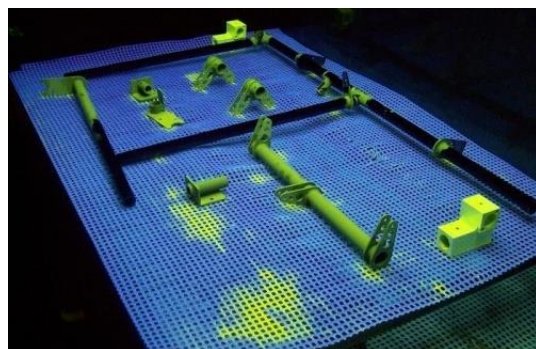
5. INSPEÇÃO DOS PNEUS

A verificação dos pneus faz parte da inspeção pré-vôo. E deve levar em conta os seguintes critérios:



c) "Zygló" ou penetração fluorescente

A rachadura é revelada através de um líquido penetrante e fluorescente que brilha sob uma lâmpada ultravioleta.

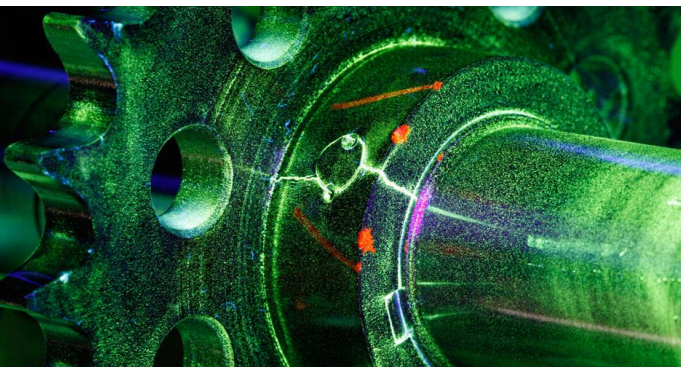


6. FALHAS ESTRUTURAIS

Os componentes estruturais e outras partes metálicas sujeitas a esforço normalmente falham aos poucos por fadiga, exceto em casos anormais como colisão, uso de peças não apropriadas, etc. O fabricante pode determinar o número de horas de vôo necessário para que uma rachadura microscópica atinja proporções críticas, estabelecendo então um período entre revisões inferior, para possibilitar a sua detecção a tempo (isso demonstra o risco envolvido no descumprimento do programa de manutenção). A detecção é feita por um dos métodos a seguir:

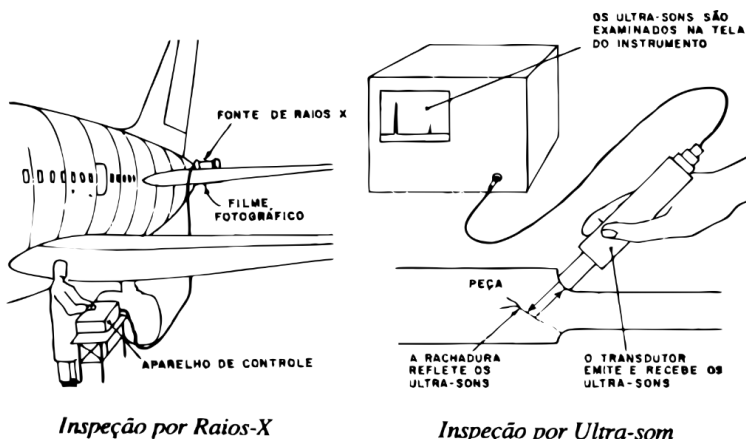
a) "Magnaflux" ou processo de partículas magnéticas

Este é o processo mais utilizado em peças ferrosas magnetizáveis. A peça é magnetizada e banhada com um líquido contendo partículas ferrosas em suspensão. Estas se acumulam junto às rachaduras, tornando-as visíveis.



7. MÉTODOS DE RAIOS-X E ULTRA-SOM

São usados para detectar rachaduras internas numa peça ou estrutura.



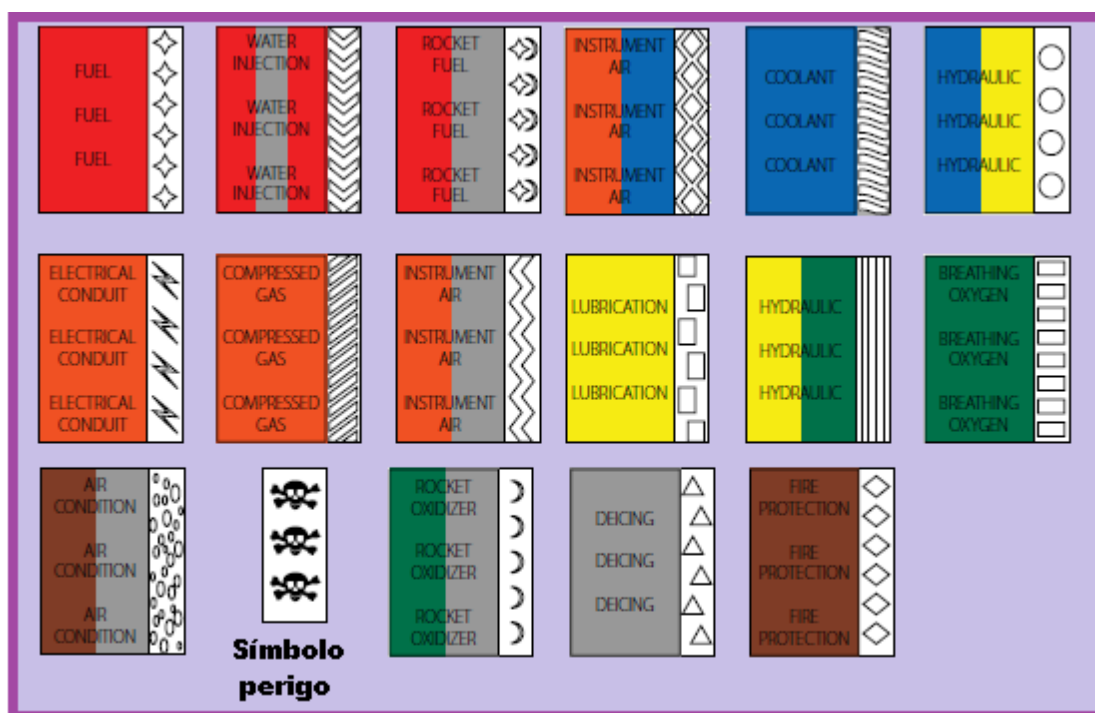
b) Líquido penetrante

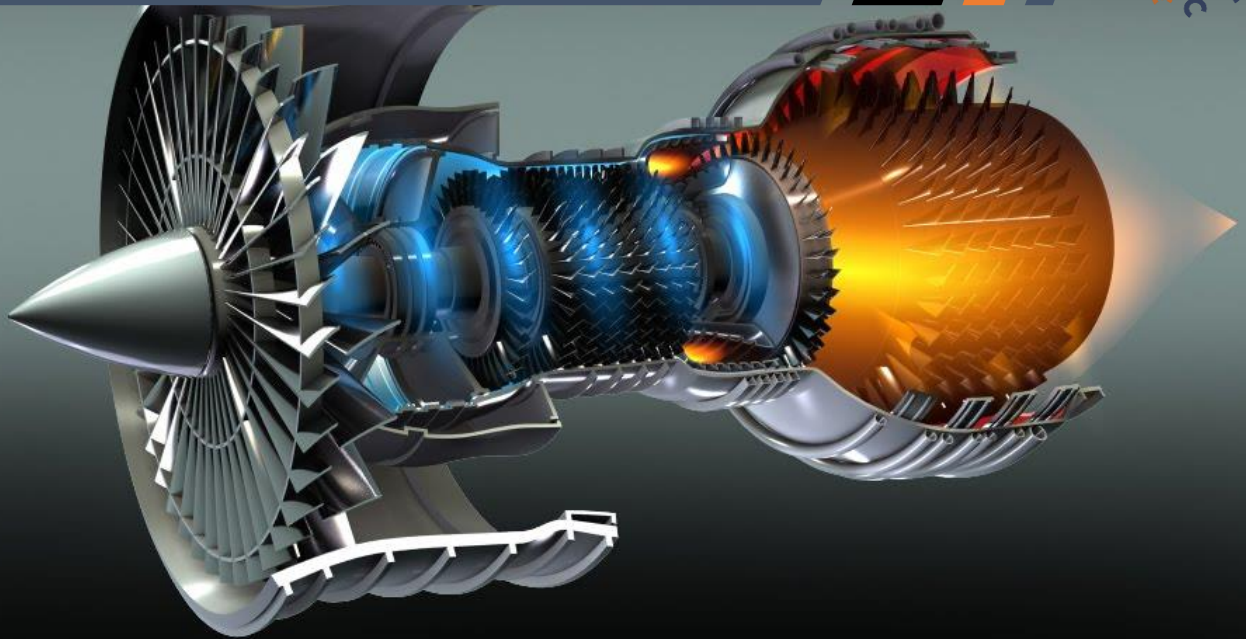
A rachadura é detectada através de um líquido penetrante de alta visibilidade.



8. CODIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES

Os tubos utilizados nos diversos sistemas do avião podem ser codificados através de faixas coloridas, a fim de facilitar a identificação desses sistemas na hora da manutenção. As cores são complementadas com um desenho codificação em preto e branco para evitar erros sob condições adversas de iluminação.

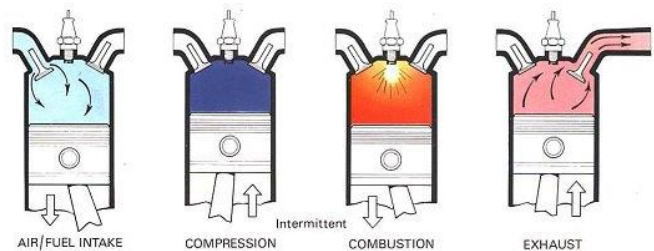
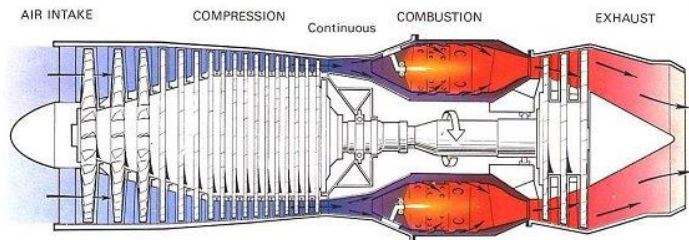




1. PRINCÍPIO BÁSICO

O funcionamento do motor a reação baseia-se na 3ª Lei de Newton (Lei da Ação e Reação, que foi estudada de forma mais profunda em teoria de voo).

Desenho em relação a explicação



2. FUNCIONAMENTO DO MOTOR A REAÇÃO

Seu funcionamento baseia-se pelo Ciclo de George **Brayton**, é um ciclo termodinâmico (ciclo constante) que aproveita a força expansiva dos gases queimados para dar a tração para a aeronave.

A grande diferença entre o Ciclo Otto (motor convencional) e o Ciclo Brayton é que nos motores a reação todas as fases acontecem ao mesmo tempo e em lugares diferentes do motor (**durante a combustão não ocorre aumento de pressão**), diferentemente dos motores a pistão que acontece uma fase de cada vez e no mesmo lugar do motor.

3. CONSTITUIÇÃO BÁSICA DO MOTOR A JATO

Para realizar na prática o princípio de funcionamento, o motor a jato é constituído de acordo com esse esquema:

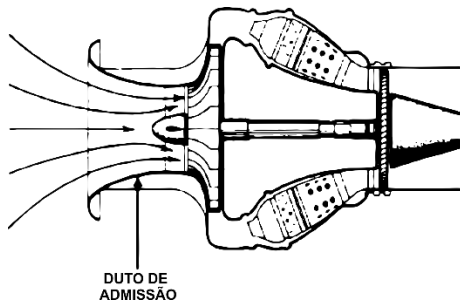
Desenhe de acordo com a compreensão da explicação em aula:



4. COMPREENDENDO CADA PARTE DO MOTOR A REAÇÃO

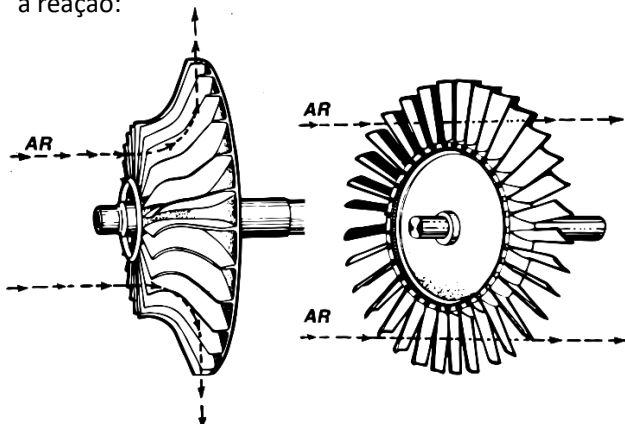
a) Duto de admissão

O duto de admissão tem como finalidade ordenar o fluxo de ar na entrada do motor, a fim de garantir o bom funcionamento do compressor.



b) O compressor tem a finalidade de comprimir o ar admitido.

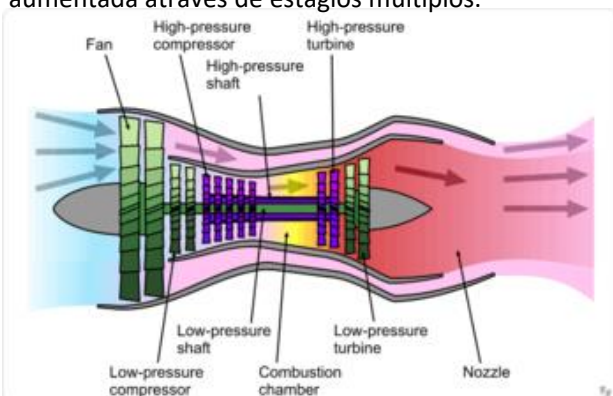
São usados dois tipos de compressores nos motores a reação:



Compressor centrífugo - O ar entra no sentido paralelo ao eixo e sai no sentido perpendicular ao mesmo.

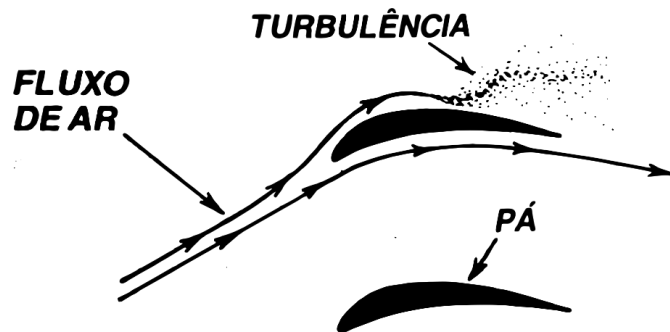
Compressor axial - O ar entra e sai no sentido paralelo ao eixo.

O compressor axial é melhor para comprimir volumes maiores de ar, e o centrífugo é melhor para pressão mais elevadas. Todavia, a pressão pode ser aumentada através de estágios múltiplos.



Estol do compressor

As pás do compressor axial devem receber um fluxo de ar uniforme e no ângulo apropriado. Caso contrário, o fluxo se tornará turbulento, reduzindo drasticamente a taxa de compressão. Este fenômeno é o **estol de compressor**, que se baseia no mesmo princípio do estol estudado em Teoria de Voo, porém aqui é associado às “blades” ou “pás” que compõem o compressor.

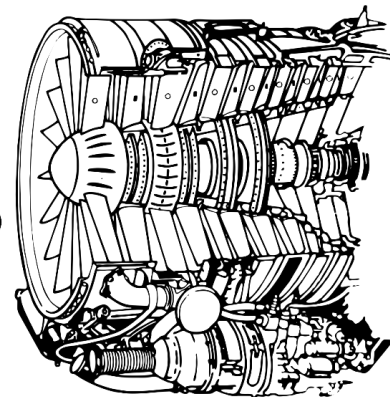


Estol do Compressor

Estator (Compressor axial)

Além do rotor giratório, o compressor possui um estator formado por pás ou lâminas estacionárias. De forma que as “blades ou pas” do compressor tem a função de puxar ar e comprimí-lo e as estaturas tem a função de direcionar esse ar com melhor ângulo para o interior da câmara de combustão, evitando assim o Estol de Compressor.

Compressor do motor Rolls Royce ‘Conway’
As pás do estator estão indicadas pelo sinal (○) e as do rotor pelo sinal (■)



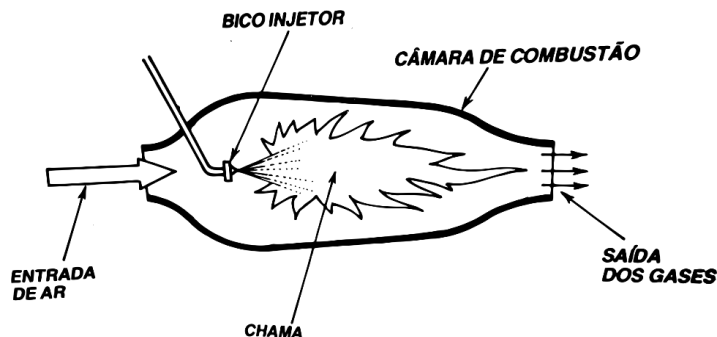
Lâminas ou pás variáveis do estator (“Variable stator vanes”)

Alguns motores possuem essas lâminas estadoras com ângulo variável α , as quais corrigem constantemente o fluxo de ar sobre as lâminas rotativas conforme o regime (potência) do motor é alterada, a fim de evitar o estol de compressor.



c) Câmara de Combustão

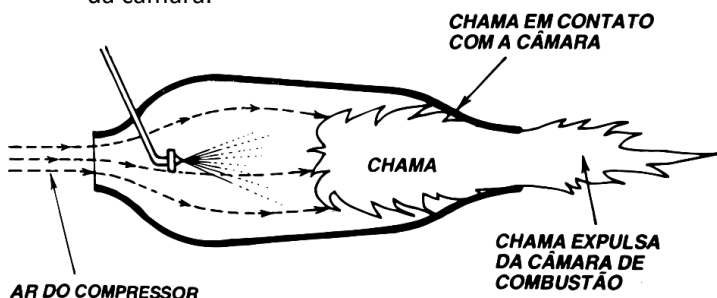
O volume de ar comprimido produzido pelo compressor é relativamente modesto e não se compara com o fluxo do jato do motor. Essa transformação ocorre na câmara de combustão. Em princípio, a câmara de combustão é apenas um tubo suficientemente alargado para acomodar a expansão dos gases da combustão. Sem esse alargamento, o ar não teria como se expandir e a pressão aumentaria (em vez de se manter ou diminuir um pouco), fazendo o ar retornar ao compressor.



Os problemas da chama

Há dois problemas a serem resolvidos no projeto da câmara de combustão:

- Evitar que a chama seja soprada para fora da câmara.
- Evitar que a chama cause a fusão do material da câmara.



Deficiências da Câmara de Combustão Elementar

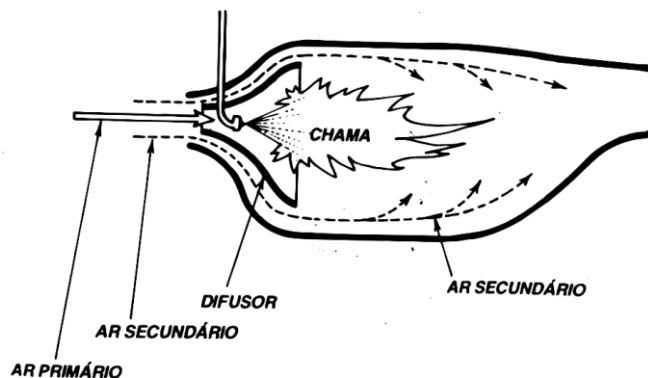
Ar primário e ar secundário

Para solucionar os problemas da chama, o fluxo de ar é dividido em duas partes:

O ar primário, que corresponde a cerca de $\frac{1}{4}$ do total, e entra num setor alargado que funciona como difusor, onde a velocidade diminui e o fluxo torna-se turbulento (através de artifícios como alhetas de turbilhamento), facilitando a mistura do ar com o combustível.

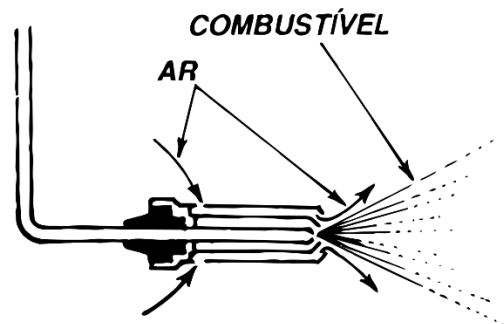
O ar secundário, que corresponde a cerca de $\frac{3}{4}$ do total, não participa da queima. Ele contorna o difusor e mistura-se com os gases quentes, expandindo-se para gerar tração.

O ar secundário forma também uma camada fria que protege a câmara do excesso de calor.

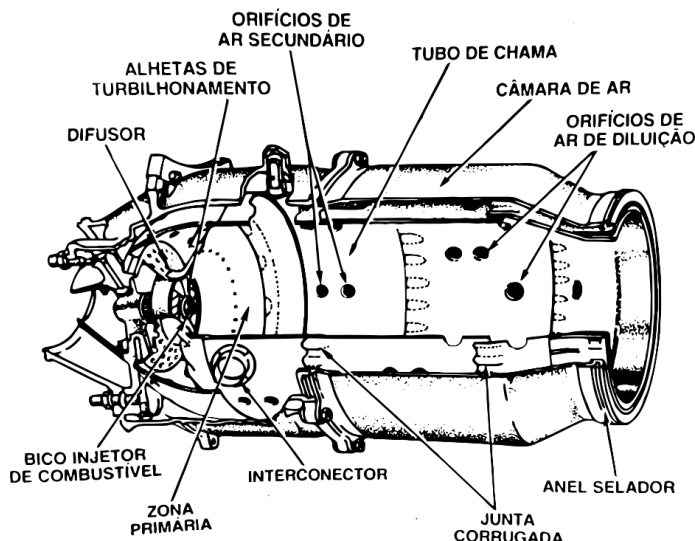


Bico injetor

O bico injetor recebe combustível sob pressão e o pulveriza finamente para misturá-lo com o ar primário. Além do combustível, o bico injetor recebe também um pequeno fluxo de ar do compressor, a fim de evitar a formação e o depósito de carvão no orifício de pulverização. O ar fornece oxigênio para permitir a combustão das partículas de carvão, transformando-as em gás carbônico.



Abaixo temos uma figura que representa uma câmara de combustão com todos os recursos necessários ao funcionamento real.



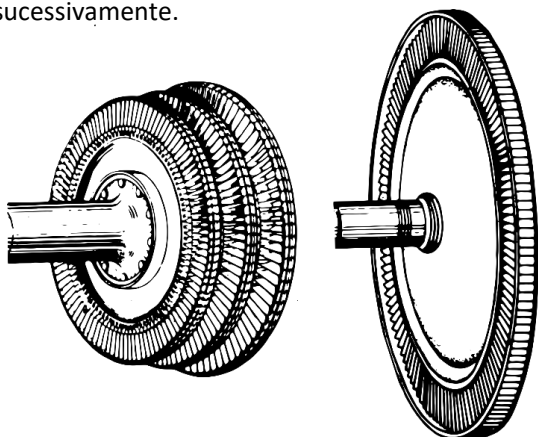


d) Turbina

A turbina serve para extrair potência dos gases queimados, a fim de acionar o compressor e outros acessórios. Nos motores aeronáuticos são usados somente turbinas do tipo axial.

As pás das turbinas estão sujeitas a altíssimas temperaturas, e por isso são fabricadas com materiais resistentes ao calor, podendo ter canais e orifícios de resfriamento através de ar comprimido. Além das lâminas rotativas, a turbina possui também lâminas fixas que constituem o estator.

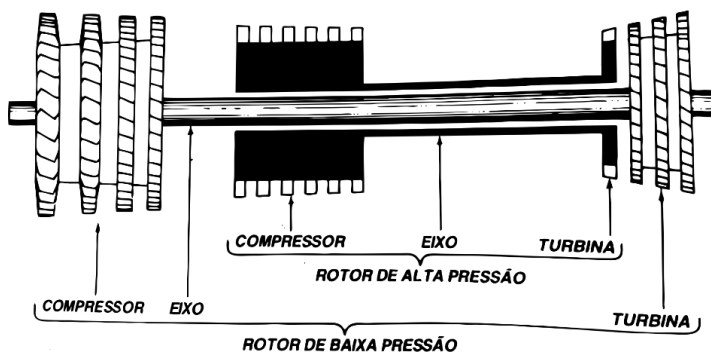
A turbina é peça chave para o funcionamento de todo o motor, de forma que o ar que passa por ela possui energia suficiente para girá-la, giro que será transmitido aos compressores através de um eixo ao qual ambos estão conectados; de forma que sempre que a turbina gira, os compressores também giram e por sua vez comprimem mais ar para serem queimados e passarem pela turbina, rotacionando novamente os compressores e assim sucessivamente.



e) Motores com dois rotores

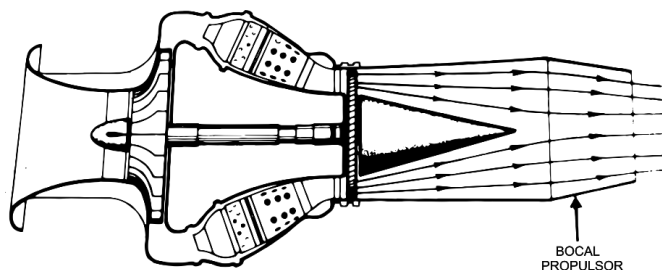
Nestes motores, há dois compressores e duas turbinas.

O rotor de alta pressão gira mais rapidamente, funcionando numa faixa de pressão mais elevada. Essa subdivisão da carga de trabalho aumenta a eficiência e ajuda a reduzir a possibilidade de estol de compressor.



f) Bocal Propulsor

Um motor a reação poderia funcionar sem o bocal propulsor, mas os gases deixariam a turbina ainda pressurizada, desperdiçando essa energia na atmosfera. O bocal propulsor serve para aproveitar a energia de pressão, aumentando a velocidade dos gases, e ainda corrigir o fluxo que se encontra desalinhado ao deixar a turbina.



Piloto Privado

Teoria de Voo

Instrutora

Karen Fagundes Kaefer



MATEMÁTICA

PROPORCIONALIDADES

Diretamente proporcional: Dois elementos são diretamente proporcionais quando um deles aumenta X vezes, e o outro aumentam as mesmas X vezes. Esta propriedade é muito importante para deduções de fórmulas. Em uma conta matemática verifica-se a proporcionalidade de forma direta quando os elementos estão em lados opostos da conta, porém ambos em cima, ou ambos em baixo, por exemplo:

$$A = \frac{B}{C}$$

Mantendo C constante, A e B se relacionam de forma diretamente proporcional, o que significa dizer que para manter a igualdade quando A for multiplicado por 2, B automaticamente deverá ser multiplicado por dois – como ambos sofrem a mesma ação (ser multiplicado por dois) então considera-se A diretamente proporcional a B e vice-versa.

Inversamente proporcional: Dois elementos são inversamente proporcionais quando um deles aumenta X vezes e o outro diminui as mesmas X vezes. Em uma conta matemática verifica-se esta situação quando os elementos estão em lados opostos, um em cima e outro em baixo, por exemplo:

$$A = \frac{B}{C}$$

Mantendo agora B constante, pode-se dizer que A e C são inversamente proporcionais, pois quando A for multiplicado por dois, C deverá ser dividido por dois, a fim de manter a igualdade da expressão matemática. Quando as ações que os elementos são contrárias (um deles multiplica e outro divide) consideram-se inversamente proporcionais.

FÍSICA BÁSICA

1ª LEI DE NEWTON

A primeira Lei diz que todo corpo que está em repouso assim permanecerá e todo corpo que está em movimento tende a adquirir um movimento retilíneo uniforme. Estas duas condições são, portanto, condições de equilíbrio. Na primeira existe o equilíbrio estático porque o corpo está em repouso e no segundo existe o equilíbrio dinâmico porque o corpo está em movimento, porém sem nenhuma aceleração – ele adquire um movimento retilíneo uniforme onde se desloca sempre com a mesma velocidade. Estas duas leis desconsideram a resistência ao avanço.

$$Fr = M \times A$$

$$Fr = 0$$

$$A = 0$$

EQUILÍBRIO

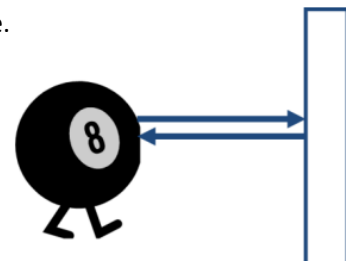
SEGUNDA LEI DE NEWTON

A segunda Lei diz que o somatório de forças que um corpo está sujeito é igual a massa que este corpo possui multiplicado pela aceleração a que ele está submetida. Desta formula podem ser feitas deduções de proporcionalidade tais como: quando a aceleração aumenta a força aumenta na mesma proporção, se mantivermos a massa do corpo constante. Se a massa do corpo aumentar, a aceleração será a mesma quantidade de vezes, porém menor – e assim sucessivamente.

$$M = \frac{Fr}{A}$$

$$Fr = M \times A$$

Terceira Lei de Newton A terceira Lei diz que toda ação repercute em uma reação de igual intensidade, direção, porém sentido oposto. É importante lembrar que as forças são aplicadas em corpos diferentes, afinal caso fossem aplicadas no mesmo corpo elas se anulariam e não existiria força resultante.





VELOCIDADE

É a distância percorrida em uma determinada unidade de tempo. As unidades mais utilizadas de velocidade são:

Km/h – quilometro por hora

Mph – milha por hora (1,609km/h)

Kt – nó ou knot (1,852km/h)

ACELERAÇÃO

É a variação da velocidade por unidade de tempo. CUIDADO para não confundir com velocidade.

Variação da velocidade

Variação do tempo

MASSA

É a quantidade de matéria contida em um corpo. A quantidade de átomos que existe em um determinado corpo. É, portanto, invariável – independe da gravidade. Se pegarmos um pacote de biscoitos e levarmos para a lua, onde a gravidade é outra, a massa do pacote de biscoitos permanecerá a mesma. As unidades mais utilizadas são:

Kg- kilograma

Lb – libra

FORÇA

É tudo aquilo capaz de quebrar o equilíbrio de um corpo, esteja ele parado ou em movimento (equilíbrio estático ou dinâmico). Quando uma força é aplicada o equilíbrio será alterado gerando uma modificação de direção, sentido e/ou velocidade neste corpo.

PESO

É a força da gravidade agindo sobre uma determinada massa. O peso, ao contrário da massa, é variável, porque depende diretamente da gravidade a qual está submetida. Se levarmos um pacote de biscoitos para a lua ele terá um peso diferente, ainda que possua a mesma massa.

$$P = M \times G$$

Peso é igual a massa multiplicada pela força da gravidade.

TRABALHO

Esta unidade é o produto (multiplicação) da força pelo deslocamento. Logo se não houver deslocamento, mesmo que haja força, não haverá trabalho.

ao ter percorrido a totalidade dos 20m o trabalho desenvolvido será de 8000kgf.m



POTÊNCIA – A potência é o trabalho produzido por unidade de tempo. Em outros termos, pode-se dizer também que potência é força multiplicado pela velocidade, como exemplifica a fórmula abaixo:

$$P = \frac{\text{Trabalho}}{\text{Tempo}} = \frac{\text{Força} \times \text{Deslocamento}}{\text{Tempo}}$$

$$= \text{Força} \times \text{Velocidade}$$

As unidades mais usuais são: HP = 76kg/s

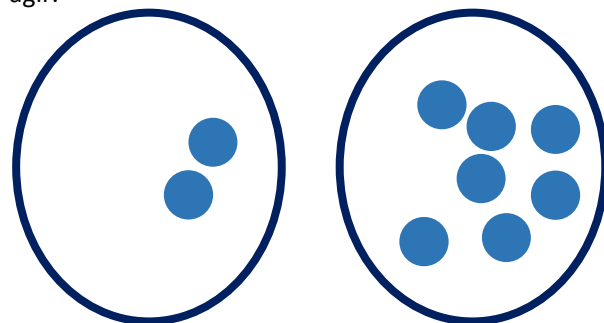
* Um cavalo robusto puxando um objeto com uma força de 76 kgf na velocidade de 1 m/s *

INÉRCIA

É a tendência do corpo de permanecer no estado em que se encontra. Pode ser associado também a dificuldade de movimentar ou parar um objeto que se desloca ou esta parado respectivamente. A inercia será tanto maior, quanto maior a velocidade e a massa do corpo.

DENSIDADE

É a massa que existe em um determinado volume. Existe uma relação muito importante com a pressão atmosférica de que quando a densidade das partículas aumenta a pressão também aumentará, uma vez que existem mais partículas para a pressão atmosférica atuar e quando a densidade do ar diminui, a pressão também diminuirá, uma vez que existem menos partículas para a força da gravidade agir.





PRESSÃO

É a força por unidade de área.

MOMENTO OU TORQUE

Tudo aquilo que pode causar rotação.

ENERGIA

Capacidade de um corpo de realizar trabalho.

Energia Cinética – É a energia associada ao movimento de um corpo. Quanto maior for a velocidade de um corpo, maior será a energia cinética contida nele.

Energia Potencial Gravitacional – É a energia associada à altura. Quanto mais alto um corpo estiver em relação a outro referencial, maior será a sua energia potencial.

Energia Térmica – É associado a reações químicas que ocorrem com um determinado corpo. Geralmente associado a ganhar ou perder calor.

Energia de Pressão – É a energia que fica acumulada em um determinado no interior de um determinado corpo. Um botijão de gás, por exemplo, contém energia de pressão no seu interior.

Princípio da Conservação da Energia

A energia nunca é perdida ou destruída, ela sempre se transforma em outro tipo de energia. Quando uma aeronave freia, por exemplo, ela está transformando energia cinética (do movimento) em térmica (calor criado pelo atrito dos mecanismos internos do freio) e assim é possível diminuir a velocidade após o pouso. Quando uma bolinha cai de uma ladeira, ela está transformando energia potência (altura) em energia cinética (movimento), parte poderá ser transformada em energia térmica também, se considerarmos o atrito do corpo com as partículas de ar.

MECÂNICA CLÁSSICA

A mecânica classe subdivide as grandes em escalares e vetoriais.

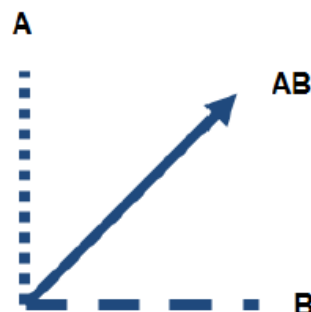
Grandezas escalares: são valores absolutos e únicos.

Grandezas Vetoriais: são valores que para serem completamente compreendidos devem possuir intensidade, direção e sentido (orientação).

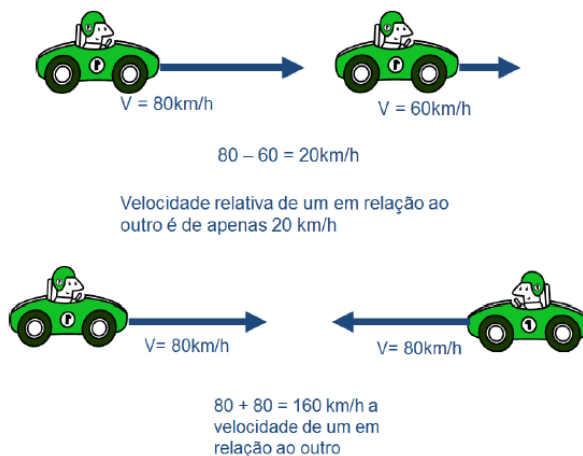
Composição de Vetores: É um método para determinar a resultante de vários vetores que interagem entre si, gerando um único.

Neste método sabe-se as origens dos vetores e quer se descobrir a resultante, conforme exemplifica o desenho abaixo:

Decomposição de Vetores: Método para determinar as componentes de um dado vetor sabendo unicamente o vetor resultante. Neste caso, ao contrário da composição de vetores, tem que um único vetor e quer se descobrir as outras componentes.



Velocidade relativa: É a velocidade de um corpo em relação a outro corpo. Vetores com o mesmo sentido devem ser subtraídos e vetores em sentidos opostos devem ser somados.



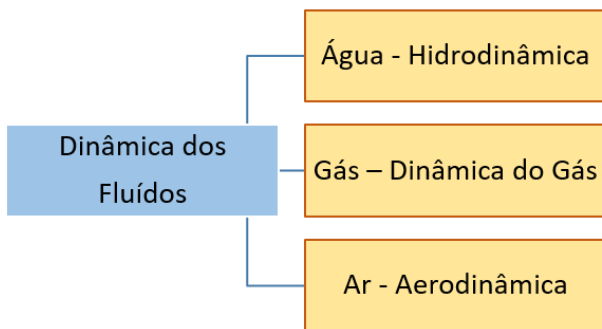


FLUÍDOS E ATMOSFERA

Propriedades do ar

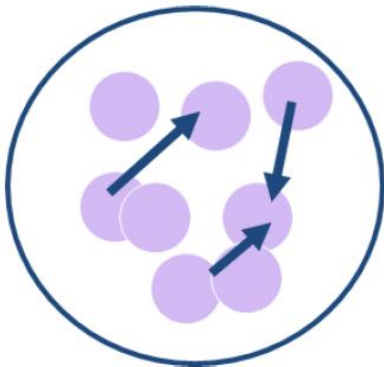
Temperatura, pressão e densidade são as três principais propriedades do ar.

Fluído: É todo corpo que não possui uma forma definida (líquidos ou gases)



TEMPERATURA

Temperatura é a energia cinética das partículas da matéria.



Quanto maior for a energia cinética, maior será a quantidade de colisões entre as partículas – o que ocasionará atrito e consequentemente, calor.

A temperatura é medida em termômetros graduados em Celsius ou Fahrenheit.

Celsius:

0° C – temperatura de congelamento da água

100°C – temperatura de fervura da água

Fahrenheit:

32°F – temperatura de congelamento da água

212°F – temperatura de fervura da água

Conforme foram sendo realizadas pesquisas, descobriu-se que a menor temperatura possível na natureza é de -273 °C ou -460 °F – denominou-se, portanto, este valor como Zero verdadeiro ou Zero

Absoluto das escalas termométricas. Alterando a posição do zero nas escalas, originaram a partir dessas duas primeiras, outras duas escalas denominadas escalas absolutas:

Celsius → Kelvin

Fahrenheit → Rankine

DENSIDADE

O conceito de densidade é massa por unidade de volume.

A densidade varia de forma inversa a temperatura, direta a pressão e inversa ao aumento de altitude.

PRESSÃO

$$P = \frac{F}{A}$$

Moléculas de ar exercem pressão sobre a superfície e sempre de forma perpendicular a esta., logo poderão ser utilizadas técnicas para a decomposição dos vetores de pressão com o objetivo de amenizar a magnitude desta.

A pressão é sempre maior nas partes inferiores, uma vez que em uma parte inferior existe uma coluna de fluido maior sendo suportada.

LEI DOS GASES

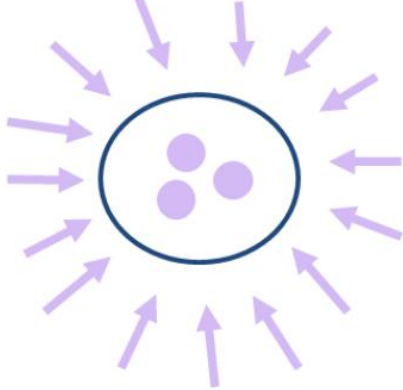
As propriedades do ar são muito suscetíveis a mudanças, elas variam com a modificação de temperatura, pressão e altitude. Para se analisar as mudanças com a alteração de um fator externo deve-se considerar um sistema fechado, ainda que a atmosfera seja um sistema aberto – caso contrário, seria impossível fazer uma análise, visto que os elementos poderiam ou não interagir em um sistema aberto. E além de um sistema fechado, deve-se considerar este sistema com volume variável, ou seja, que expande e comprime de acordo com as alterações externas que forem realizadas. Analisando a atmosfera como um sistema fechado com volume variável é possível fazer todas as relações.

Outra consideração deve ser feita em relação a estas análises: deve-se definir se o sistema analisado está em um determinado nível e as alterações acontecem nele ou se está analisando com a variação de altitude – isto é importante, porque se a altitude for alterado, os parâmetros não terão a mesma relação uma vez que a temperatura, pressão e densidade diminuem com o aumento da altitude.



AUMENTANDO A PRESSÃO DE UM GÁS:

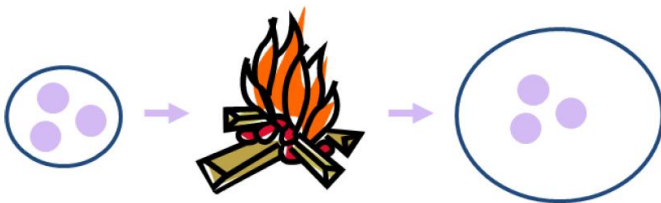
É importante salientar que o fator externo é o aumento de pressão, logo esta se “apertando” o sistema e reduzindo, portanto, o seu volume – o que ocasiona o aumento da densidade, e como as partículas ficarão mais próximas a probabilidade de colisão será maior e por isso, aumentando-se a pressão de um gás o sistema tem o a sua temperatura aumentada.



Com o aumento da pressão, haverá aumento da temperatura e aumento da densidade.

AUMENTANDO A TEMPERATURA DE UM GÁS:

Quando se aumenta a temperatura de um sistema fechado com volume variável, o volume expande e por isso a densidade diminui. A pressão diminui porque o volume foi aumentado, assim as partículas conseguem se redistribuir melhor, o que diminui a pressão. O aspecto da diminuição da pressão também pode ser entendido através da fórmula da pressão $P=F/A$ – uma vez que o volume é uma espécie de área – pode-se relacionar que o aumento do volume (área) haverá diminuição na pressão.



Com o aumento da temperatura, a densidade diminui e a pressão também diminui.

ATMOSFERA

É composta por 21% Oxigênio, 78% Nitrogênio, 1% outros Gases, sendo que pode conter ainda outras substâncias como poeira e poluentes.

PRESSÃO ATMOSFÉRICA

É a pressão que o ar exerce sobre todas as coisas que estão dentro da atmosfera, quanto mais próximo do nível médio do mar, maior é esta pressão.

Variação dos Parâmetros da Atmosfera :

Pressão, Densidade e Temperatura

Todos diminuem com o aumento da altitude

A densidade depende ainda da umidade do ar (mudança do percentual da composição, mudança dos pesos atômicos), sendo que o ar mais seco é mais denso e o ar mais úmido é menos denso.

Atmosfera Real:

É dinâmica, pois as variáveis (pressão, temperatura e densidade) dependem de outras variáveis (altitude, longitude, hora do dia, estação, umidade, centros de pressão...) Existe, portanto, a necessidade de se estabelecer uma “média” dos comportamentos da atmosfera para que a performance do avião possa ser prevista e calculada.

Atmosfera padrão:

Estabelece padrões de comportamento para a atmosfera mais parecidos possíveis com a realidade. Desta forma, o desempenho da aeronave pode ser previsto, cálculos possam ser realizados e comparações podem ser estabelecidas.

ATMOSFERA PADRÃO

ISA (ICAO STANDARD ATMOSPHERE)

Foi definida pela OACI e possui os seguintes valores:

Pressão: 1013,25 Hpa (760 mmHg)

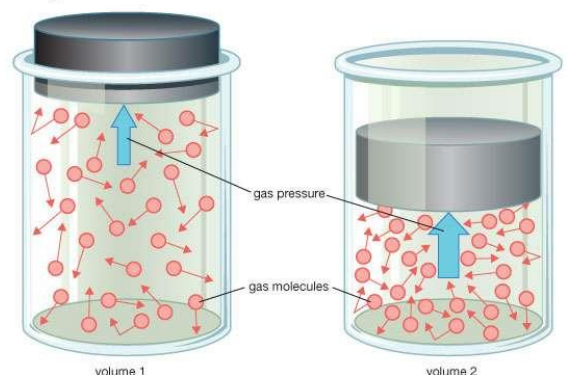
Densidade: 1,225 kg/m³

Temperatura: 15°C

Gás Perfeito:

Considerado ainda em repouso, sem poeira, sem vapor d’água e sem umidade (SECO)

Ideal gas law



O ALTÍMETRO:

Princípio de funcionamento dos altímetros é a pressão atmosférica, uma vez que esta sempre diminui com o aumento da altitude. O altímetro aproveita esta propriedade para medir a altitude, transformando a diminuição da pressão em aumento da altitude através de engrenagens calibradas.

O altímetro é, portanto, um manômetro (medidor de pressão) adaptado para indicar a altitude para o piloto. Utiliza a Pressão Estática do ar para computar seus dados.

Atmosfera real, entretanto, apresenta erros altimétricos. Para amenizar estes erros foram criados os diferentes ajustes de altímetro. Aeronaves que voem baixo em uma determinada região deverão voar ajustadas em QNH para saber sua altitude em relação ao nível médio do ar e aos obstáculos daquela região descritos nas cartas também em relação ao nível médio do mar. As aeronaves que voem alto e passem por várias regiões diferentes, deverão voar ajustadas em QNE, onde todos ajustam a mesma pressão (1013HPA) e por isso estão sujeitos aos mesmos erros – ficando, portanto, livre de colisões com outras aeronaves.

* Os ajustes altimétricos serão vistos em detalhes nas demais aulas.

A altitude indicada pelo altímetro é denominada altitude pressão, a altitude real que o avião voa é denominada altitude verdadeira. A altitude pressão só é igual a verdadeira quando a pressão estiver igual a padrão. Seria possível obter a altitude densidade, mas haveria muitos erros, uma vez que a densidade é a propriedade do ar mais suscetível a mudanças.





GEOMETRIA DO AVIÃO

AEROFÓLIOS:

Produzem forças úteis ao voo.

Deriva: Superfície vertical fixa localizada na empenagem da aeronave.

Leme de Direção: Superfície de comando móvel localizada no bordo de fuga da deriva.

Estabilizador: Superfície fixa horizontal localizada na empenagem da acft

Profundor: Superfície de comando móvel horizontal localizada no bordo de fuga do estabilizador.

Aileron: Superfície de comando localizada no ordo de fuga das asas.

SUPERFÍCIES AERODINÂMICAS:

Oferecem pequena resistência ao avanço, mas NÃO produzem nenhuma força útil ao voo.

Ex: Spinner, carenagem da roda

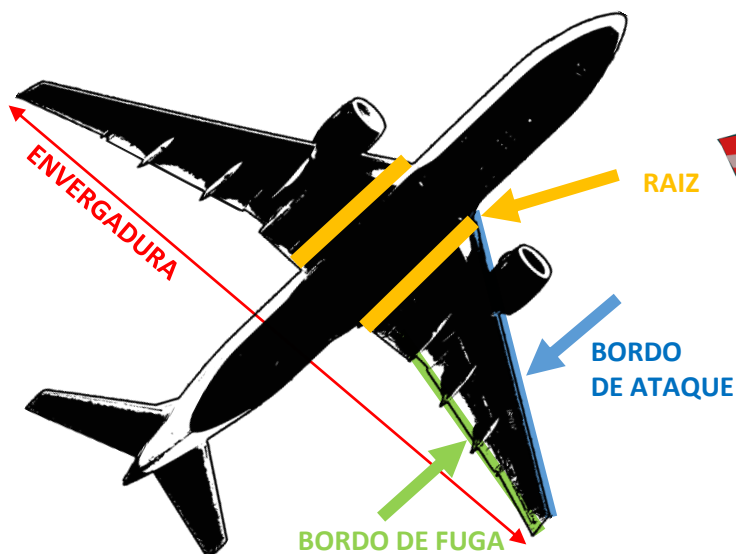
Aerofólios:

Produzem forças úteis ao voo.

Ex: Asa, hélice, estabilizador...

ELEMENTOS DO AEROFÓLIO :

- ✓ Bordo de Ataque: Parte da frente da asa
- ✓ Bordo de Fuga: Parte de trás da asa
- ✓ Raiz da asa: Região onde a asa é fixada a aeronave
- ✓ Envergadura: Distância medida de ponta a ponta de asa.



PERFIS DE ASA

Perfil é o formato em corte do aerofólio que compõem a asa.



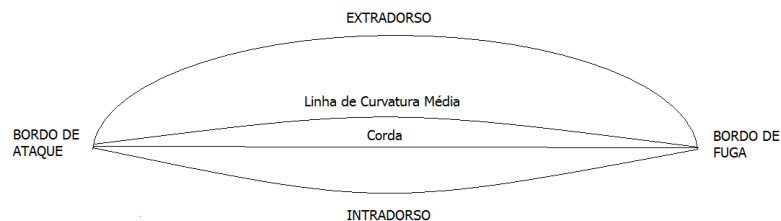
Gera menos Sustentação



Gera MAIS Sustentação

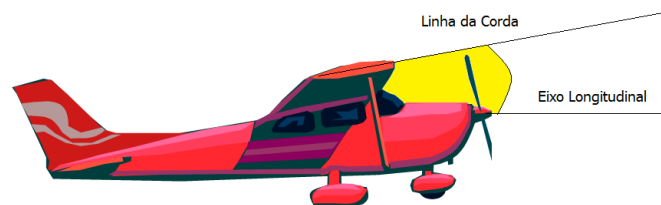
Elementos de um Perfil:

- ✓ Extra-dorso: Parte de cima da asa
- ✓ Intra-dorso: Parte de baixo da asa
- ✓ Corda: Linha imaginária que liga o bordo de ataque ao bordo de fuga na menor distância possível
- ✓ Linha de curvatura média: linha imaginária que liga o bordo de ataque ao bordo de fuga deixando equidistante (com a mesma distância) a referida linha do extradorso e do intradorso.



Ângulo de Incidência

Eixo longitudinal é uma linha imaginária de referência estabelecida durante o projeto do avião. Geralmente este coincide com a direção do voo reto horizontal.





CONCEITO

Escoamento é o movimento de um fluido líquido ou gasoso. Existem basicamente dois tipos de escoamento:

- Laminar (lamenar)
- Turbulento (turbilhonado).



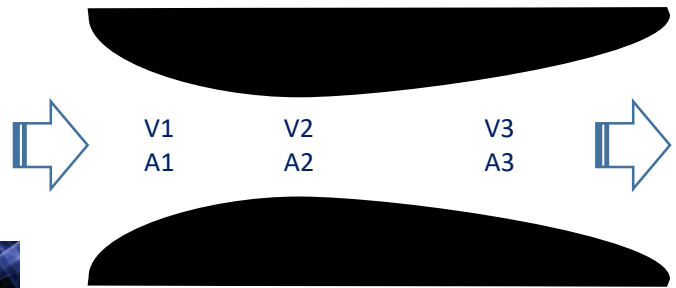
O escoamento pode possuir dois tipos de tubos de escoamento (canalização do escoamento, por onde ele sai): tubo real ou tubo imaginário. O tubo real é quando existe o referido tubo, como uma mangueira onde o fluido escoar internamente a esta. O tubo imaginário é quando não existe um tubo contendo o escoamento, mas ele possui a sua forma como exemplifica a imagem abaixo:



EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE

“Quanto mais estreito for um tubo de escoamento, maior será a velocidade do fluido”

OBS: Considera-se nesta equação o fluxo incompressível, ou seja, os efeitos da compressibilidade do ar não são influentes.



Esta equação pode ser facilmente visualizada em uma mangueira quando a apartamos criando uma restrição a passagem do fluxo de fluido. Nesta restrição observa-se a maior velocidade do fluxo. O nome da equação é equação da continuidade porque independente do local onde se observe a multiplicação da área pela velocidade será sempre igual – ou seja, contínua, segundo a fórmula descrita abaixo:

$$A1 \times V1 = A2 \times V2 = A3 \times V3$$

PRESSÃO DINÂMICA

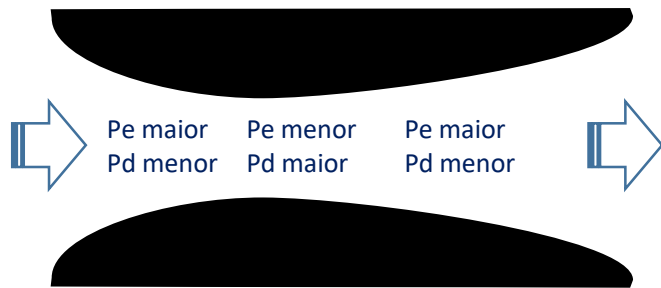
É a pressão produzida pelo impacto de ar ou vento relativo. No solo, só existe se houver vento impactando na aeronave. Em voo existe sempre, pois sempre existe impacto do ar com a acft. A pressão dinâmica é diretamente proporcional à densidade e velocidade do escoamento, como pode ser observado na fórmula descrita abaixo:

$$q = \frac{1}{2} \text{ densidade} \times V^2$$

Velocímetro: O velocímetro utiliza a velocidade do vento relativo para medir a velocidade da aeronave, uma vez que estes valores são iguais – segundo a 3ª Lei de Newton. O velocímetro é uma espécie de manômetro, portanto, adaptado para indicar velocidade do vento relativo. Utiliza a pressão dinâmica para computar seus dados. Como a pressão dinâmica não pode ser obtida sozinha, existe mecanismos internos ao instrumento que fazem a seguinte subtração TOTAL – ESTÁTICA = DINÂMICA. A pressão dinâmica, através de uma série de engrenagens reguladas aciona o ponteiro do velocímetro indicando a velocidade da aeronave naquele instante.

TEOREMA DE BERNOULLI

“Quanto maior for a velocidade do escoamento, maior será a pressão dinâmica e menos será pressão estática.”



OBS: O teorema de Bernoulli é semelhante a Equação da Continuidade. O teorema, entretanto, considera as pressões, enquanto que a equação considera as velocidades.

SISTEMA PITOT-ESTÁTICO

O velocímetro é acionado pela pressão dinâmica, enquanto que o altímetro é acionado pela pressão estática. Para que todo este sistema de medição funcione é preciso que haja uma tomada de pressão total (Tubo de Pitot) e uma tomada de pressão estática. Existem sistemas onde as tomadas constituem duas unidades separadas e sistemas onde elas encontram-se integradas em um mesmo componente (detalhes dos tipos de tubo de pitot serão estudados em CTA).

DIFERENTES VELOCIDADES

O mecanismo do velocímetro é calibrado para a atmosfera padrão, com comportamentos pré-estabelecidos como temperatura, pressão, densidade... Entretanto, as variáveis não se comportam de uma forma tão padronizada na atmosfera e devido a estas oscilações de valores haverá erros tanto no velocímetro quanto no altímetro. Para os erros de velocímetro existem outras velocidades as quais são corrigidas para determinados erros – as quais seguem abaixo:

✓ Velocidade Indicada (Indicated airspeed)

Velocidade que é aparece no instrumento, só será correta se voando no nível médio do mar. Haverão erros devido à atmosfera “mutável”.

✓ Velocidade Calibrada (Calibrated airspeed)

É a velocidade indicada corrigida para erros de posicionamento do instrumento, uma vez que o tubo de pitot geralmente fica do lado esquerdo apenas, em aeronaves de pequeno porte.

✓ Velocidade Equivalente (Equivalent airspeed)

É a velocidade calibrada, mas corrigida para erros de compressibilidade do ar (temperatura/pressão).

✓ Velocidade aerodinâmica – Velocidade verdadeira (True airspeed)

Velocidade do avião em relação ao ar. Utilizada em cálculos durante o voo. Não considera a velocidade do vento, por isso apresenta ainda erros.

✓ Velocidade de solo (Ground Speed)

É a velocidade verdadeira corrigida para os erros de vento. É a velocidade do avião em relação ao solo. É a única velocidade que tem como referencial o solo. Todas as outras consideram a massa de ar que envolve a aeronave.

Resumindo...

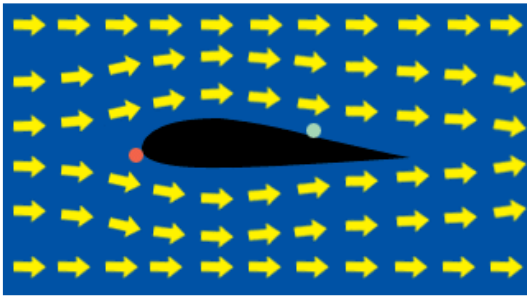
$$\text{IAS} + \text{posição} = \text{CAS} + \text{comp} = \text{EAS} \\ + \text{densidade} = \text{TAS} + \text{vento} = \text{GS}$$





GENERALIDADES

Os aerofólios são baseados no princípio do Tubo de Venturi em que velocidades diferentes geram diferença de pressão a qual cria uma força sempre dirigida da alta pressão para a baixa – denominada de **RESULTANTE AERODINÂMICA** a qual é decomposta em sustentação e arrasto.



PERFIS/AEROFÓLIOS SIMÉTRICOS

Quando se passa uma linha no meio do aerofólio, obtêm-se duas partes iguais. Existe menor diferença de velocidade e pressão entre o intra-dorso e o extradorso e por isso gera menos resultante aerodinâmica (sustentação e arrasto).



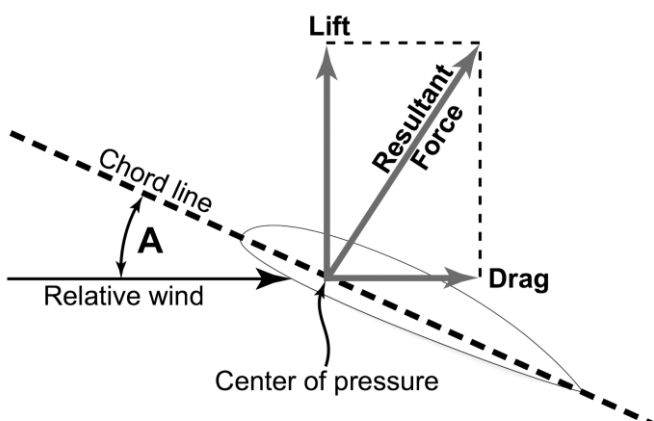
Perfil Simétrico

PERFIS/AEROFÓLIOS ASSIMÉTRICOS

Quando se passa uma linha no meio do aerofólio, obtêm-se duas partes diferentes. Existe maior a diferença de velocidade, maior a diferença de pressão e por isso a resultante aerodinâmica obtida é maior (mais sustentação e arrasto).



Perfil Assimétrico



Para fins matemáticos, assume-se que todas as forças se originam em um único ponto da asa, denominado Centro de Pressão.

SUSTENTAÇÃO

É a componente perpendicular ao vento relativo da resultante aerodinâmica (vertical). Dirigida para cima, é a componente que sustenta o avião em voo.

ARRASTO

Componente paralela à direção do vento relativo da resultante aerodinâmica (horizontal). Dirigida para trás, é prejudicial ao desenvolvimento do voo.

OBS: O arrasto e a sustentação são sempre perpendiculares entre si.

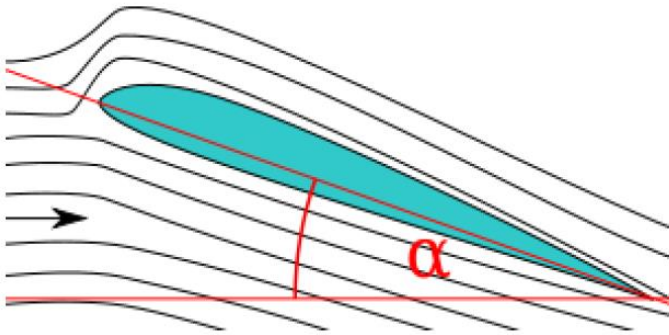
OBS: Embora existam duas “forças” denominadas de sustentação e arrasto, a ÚNICA força produzida pela asa é a **RESULTANTE AERODINÂMICA** e a sustentação e o arrasto são unicamente componentes desta resultante para melhor entendermos as situações.

OBS: A sustentação não é sempre vertical e o arrasto não é sempre horizontal, se a aeronave estiver subindo, por exemplo, o vento relativo estará inclinado para baixo, logo a sustentação será inclinada e o arrasto também, a sustentação e o arrasto permanecem perpendiculares entre si, mas não são mais vertical e horizontal em relação à linha do horizonte – conforme exemplifica o desenho abaixo:



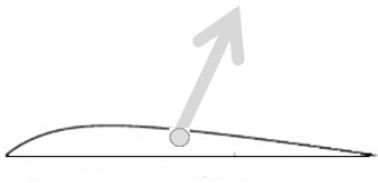
ÂNGULO DE ATAQUE

É o ângulo formado entre a corda do aerofólio e o vento relativo que incide no perfil. Quando há impacto do vento relativo combinado com a angulação do perfil (até um determinado limite) existe maior geração de resultante aerodinâmica, pois existirá mais assimetria percebida pelo vento relativo entre o intradorso e o extradorso.



AUMENTO DO ÂNGULO DE ATAQUE PERFIL ASSIMÉTRICO

Resultante Aerodinâmica (RA) se torna maior, devido a maior assimetria percebida pelo vento relativo. O perfil não muda, mas por estar angulado o VR (vento relativo) tem que se modificar mais para contornar o perfil – logo ele percebe uma assimetria maior. Além disso, quando há aumento do ângulo de ataque em um perfil assimétrico o centro de pressão avança para frente, fazendo uma espécie de balança com o aerofólio que o faz aumentar ainda mais o ângulo de ataque – aumentando a assimetria percebida pelo VR e por isso a RA. A figura abaixo exemplifica o processo:



Com ângulo de ataque pequeno ou até mesmo nulo já existe resultante aerodinâmica

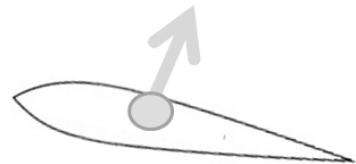


Com aumento do ângulo de ataque a resultante aerodinâmica aumenta muito e o CP se desloca para frente.

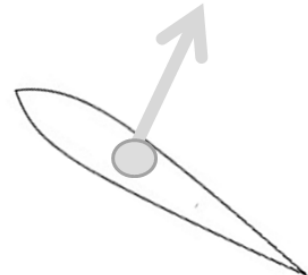
AUMENTO DO ÂNGULO DE ATAQUE DO PERFIL SIMÉTRICO

Quando se aumenta o ângulo de ataque em um perfil simétrico cria-se uma resultante aerodinâmica. O centro de pressão, entretanto, neste tipo de perfil, se mantém sempre no mesmo local. Não contribuindo, portanto, para o aumento da geração de sustentação através do mecanismo de balança explicado anteriormente.

Quando se aumenta o ângulo de ataque em um perfil simétrico se induz uma assimetria entre o intradorso e o extradorso. Novamente, não existe modificação física do perfil propriamente dito, mas o VR tem que percorrer um caminho diferente no intradorso e no extradorso – percebendo assim uma assimetria. Como existe assimetria, as velocidades e pressões envolvidas no processo são diferentes - o que gera RA. Quando maior for o aumento do ângulo de ataque, até um determinado limite, maior será a geração de RA. A figura abaixo exemplifica o processo:



Ângulo de ataque pequeno existe uma pequena sustentação sendo gerada.



Aumentando o ângulo de ataque existe um pequeno aumento na sustentação e o CP permanece no mesmo local



POR QUE PRECISAMOS DE SUSTENTAÇÃO?

A sustentação serve para contrapor o peso da aeronave e criar uma força maior que este, permitindo assim, com ajuda dos motores que fornecem velocidade, manter a aeronave em voo.

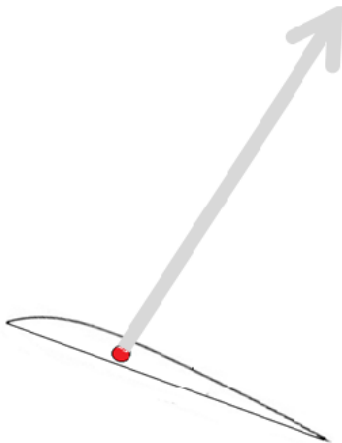
O QUE INTERFERE NA SUSTENTAÇÃO?

$$L = C_L \frac{\rho}{2} S V^2$$

- ✓ Ângulo de ataque (que modifica o C_L – coeficiente de sustentação - da fórmula)
- ✓ Compressibilidade do ar (desprezada até 0.3, pouco influente até 0.8 e muito influente acima de 0.8)
- ✓ Viscosidade do fluxo livre
- ✓ Densidade do fluxo livre
- ✓ Velocidade do fluxo
- ✓ Área da asa

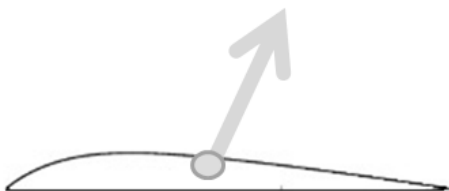
ÂNGULO DE ATAQUE POSITIVO

-Sustentação bem positiva
Positiva = intradorso para o extradorso



ÂNGULO DE ATAQUE NULO

-Acontece quando o vento sopra na mesma direção da corda do aerofólio
-Sustentação Positiva, próprio perfil gera a diferença de pressão



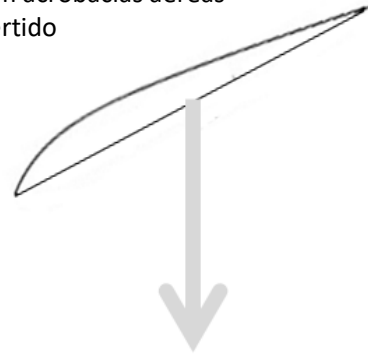
ÂNGULO DE SUSTENTAÇÃO NULA

-Ângulo de Ataque que a asa não produz sustentação
-Ângulo Negativo



ÂNGULO DE ATAQUE NEGATIVO

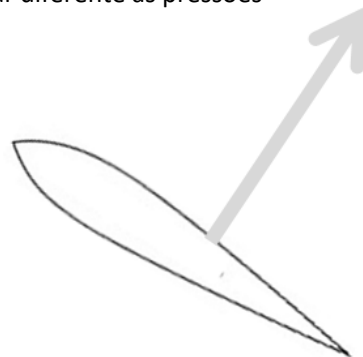
-Quando o ângulo de ataque é menor que o ângulo de sustentação nula daquele perfil
-Usado em acrobacias aéreas
-Voo invertido



SUSTENTAÇÃO NOS PERFIS SIMÉTRICOS – DETALHADAMENTE

ÂNGULO DE ATAQUE POSITIVO

A sustentação é bem positiva assim como no assimétrico, porque existe inclinação suficiente para tornar diferente as pressões



ÂNGULO DE ATAQUE NULO

(corda e vento – mesma direção)

A sustentação no perfil simétrico é nula porque não existe nenhuma diferença entre os bordos para gerar pressões diferentes.





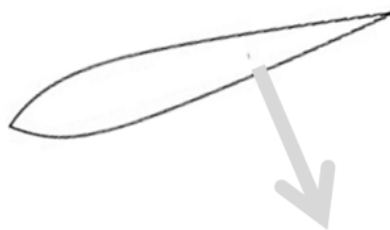
ÂNGULO DE SUSTENTAÇÃO NULA

No perfil simétrico se não houver ângulo de ataque, não haverá sustentação alguma, por que os bordos são iguais/simétricos.



ÂNGULO DE SUSTENTAÇÃO NEGATIVA

Ângulo menor que o ângulo de sustentação nula. Qualquer ângulo negativo no perfil simétrico já inverte a sustentação.



FÓRMULA DA SUSTENTAÇÃO

$$L = C_l \times d/2 \times S \times V^2$$



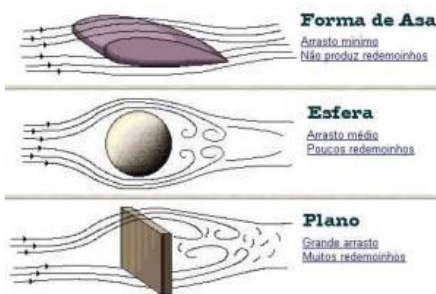


ARRASTO

É considerada como a resistência ao avanço que o ar sofre ao encontrar um corpo que nele se desloca. Todos os objetos ao se deslocarem através do ar apresentam uma resistência.

IMPORTANTE: A resistência é resultado indiretamente relacionado com turbulência que se cria na parte de trás dos objetos e diretamente relacionado com a perda de pressão das partículas ao fazerem curvas. A turbulência indica apenas indica que os filetes de ar não estão mais conseguindo acompanhar o contorno do objeto.

Superfície aerodinâmica é uma superfície que possui pouca resistência ao avanço. Quando esta superfície possui um ângulo de ataque pequeno a resistência ao avanço é pequena, quando o ângulo de ataque aplicado é grande a resistência ao avanço torna-se maior.



FÓRMULA DO ARRASTO

Praticamente igual ao cálculo da sustentação. O coeficiente de arrasto tem o mesmo princípio do coeficiente de sustentação.

$$D = C_d \times d/2 \times S \times V^2$$

ARRASTO NOS PERFIS/AEROFÓLIOS

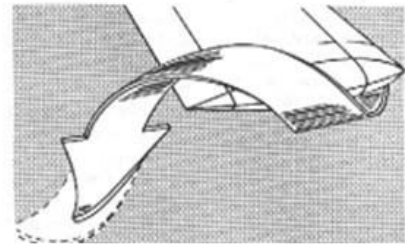
O perfil espesso gera mais arrasto, porém evita o descolamento da camada limite. Um perfil fino gera menos arrasto, mas é mais suscetível ao descolamento da camada limite.

OBS: A camada limite é uma fina camada de ar que envolve qualquer objeto que nele se desloque. Esta camada possui velocidade zero, é uma espécie de colchão de ar que envolve o aerofólio. Ela é responsável pelas partículas de ar se deslocar de forma linear e organizada ao longo do perfil.

Quando essa camada descola, entretanto, essa organização diminui e diminui também a geração de sustentação do perfil, criando ainda mais arrasto.

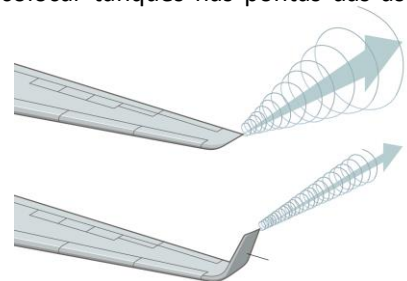
ARRASTO INDUZIDO

O ar escoia do INTRADORSO para o EXTRADORSO para gerar a sustentação. A passagem de ar nas pontas, entretanto, é mais pronunciada. Cria-se um turbilhonamento de ponta de asa que prejudica o avanço da aeronave. Este é um tipo especial de arrasto, denominado arrasto induzido. Mais popularmente é conhecido também como arrasto de ponta de asa.



O arrasto induzido diminui a sustentação obrigando o piloto a aumentar o ângulo de ataque; entretanto, este aumento contribui ainda mais para o arrasto. O arrasto induzido é o único arrasto que é maior com menor velocidade, contrariando a fórmula. É predominante em baixas velocidades (pousos e decolagens).

Soluções para o arrasto induzido: Aumentar o alongamento das asas diminui o arrasto induzido, bem como colocar tanques nas pontas das asas ou winglets.



ARRASTO PARASITA

Arrasto de todas as partes do avião que não geram forças úteis ao voo.

Determinação do arrasto parasita pelo fabricante, o qual determina a área de uma placa que PERPENDICULAR AO VENTO RELATIVO tem o mesmo arrasto que o arrasto parasita do avião. O arrasto parasita independe da sustentação, ele existirá com ou sem ela.

ÂNGULO DE ATITUDE

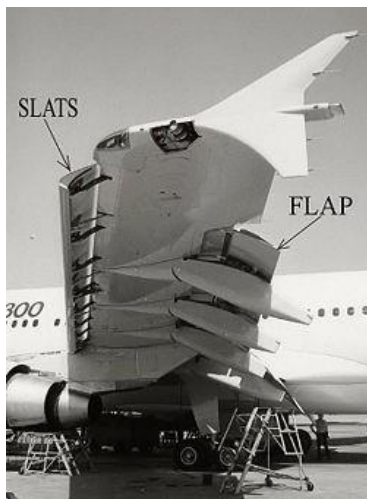
É o ângulo formado entre o eixo longitudinal e a linha do horizonte. Não depende da direção nem da trajetória de voo.



Dispositivos Hipersustentadores

Todo perfil possui um coeficiente de sustentação, este aumenta conforme o aumento do ângulo de ataque. Ultrapassando-se o coeficiente máximo a aeronave estolará – perderá sustentação de uma forma demasiada comprometendo o seu voo. Com o objetivo de aumentar o coeficiente de sustentação máxima existe os dispositivos hipersustentadores. Com o C_L máximo a aeronave pode ultrapassar o antigo C_L sem estolar, o que significa também diminuir a velocidade de estol, permitir voar com ângulo e ataques mais elevados, gerar mais sustentação e pousar com uma velocidade menor na pista. Existem vários tipos de dispositivos, mas todos os com mesmo objetivo de aumentar o C_L máximo do perfil.

No bordo de ataque existem os slats e slots e no bordo de fuga da asa existem os flaps. Os flaps podem ser simples, ventral/Split, com fenda/slotted flap, fowler.



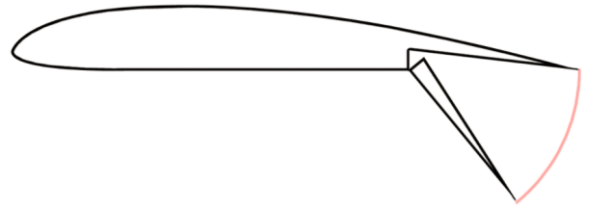
FLAP SIMPLES

Aumenta a curvatura do bordo de fuga ocasionando um aumento considerável do C_L para pouco aumento do arrasto.



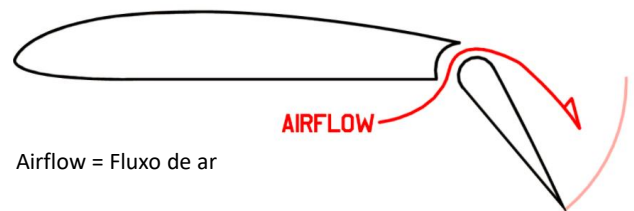
FLAP VENTRAL/SPLIT FLAP

Aumenta a curvatura, existe um aumento considerável do arrasto. Provoca turbulência dos filetes de ar. É uma espécie de freio aerodinâmico. Muito utilizado em acfts militares.



FLAP COM FENDA

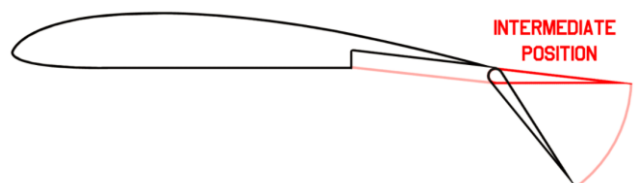
Permite a passagem do ar do intradorso para o extradorso, o que aumenta a energia da camada limite, retardando o descolamento e, consequentemente, o estol. Permite aumentar o ângulo de planeio.



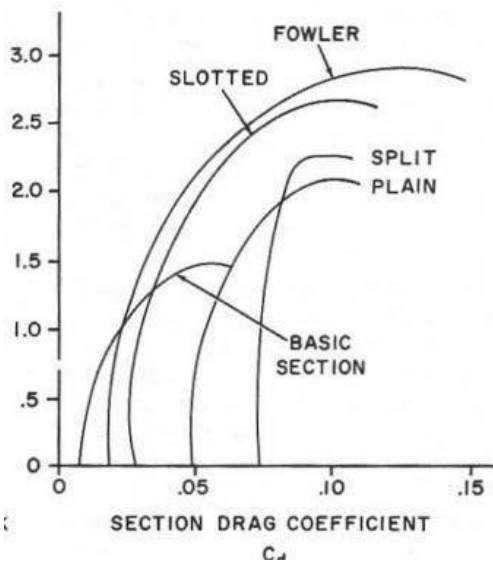
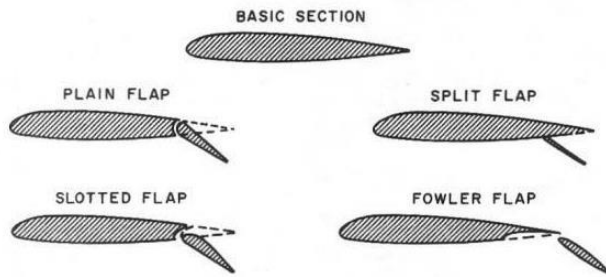
Airflow = Fluxo de ar

FLAP FOWLER

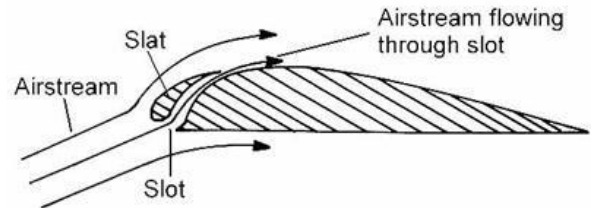
É o mais eficiente de todos os tipos de flaps. Além de aumentar a curvatura do perfil como todos os outros, ele aumenta a área da asa – contribuindo ainda mais para a geração de sustentação e aumento do C_L máximo. Este flap possui fendas, assim como o slot e o flap com fenda, para suavizar a passagem do ar do intradorso para o extradorso aumentando a energia da camada limite e retardando os efeitos ruins deste descolamento e consequentemente o estol. É um mecanismo mais complexo, por isso é utilizado apenas em acfts de grande porte.



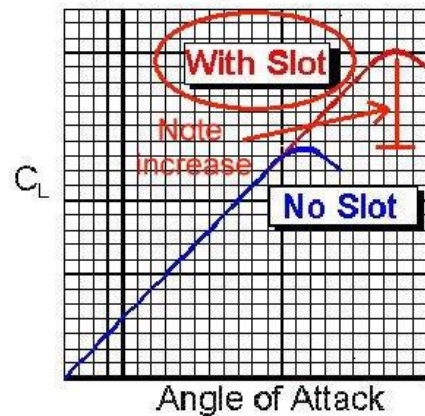
O gráfico a seguir exemplifica o quanto de C_L máximo é possível de ser aumentado com a extensão de cada tipo de flap.



no porte têm primariamente flaps em preferência a slats e slots.



C_L vs. Angle of Attack



OBS: SLOTS quando instalados nas pontas das asas podem evitar o estol de ponta de asa, porque suaviza o fluxo de ar, aumenta a energia da camada limite, diminui a chance de descolamento e permite adiar/evitar o estol.

SLOT (FENDA OU RANHURA)

É um dispositivo que serve para aumentar o C_L máximo, aumentando assim o ângulo de ataque crítico do aerofólio. O slot é uma espécie de fenda que suaviza a passagem de ar energizando a camada limite que envolve o aerofólio. Assim, o descolamento da cada limite é adiado e o avião pode aumentar mais o seu ângulo de ataque.

SLAT

O Slat é um slot móvel, que se mantém fechado em voo. Durante a aproximação ele é aberto, por ação de molas quando o vento relativo incide de forma que permita esta abertura (quando o ângulo de ataque aumenta).

SLAT/SLOT X FLAPS

Ambos são dispositivos hipersustentadores e por isso aumentam o coeficiente de sustentação. O slot e slat, entretanto, necessitam aumentar muito o ângulo de ataque para que a sustentação adicionada seja relevante - o que dificulta a visualização do piloto com a pista. Por este motivo, aviões de peque-





CONCEITO

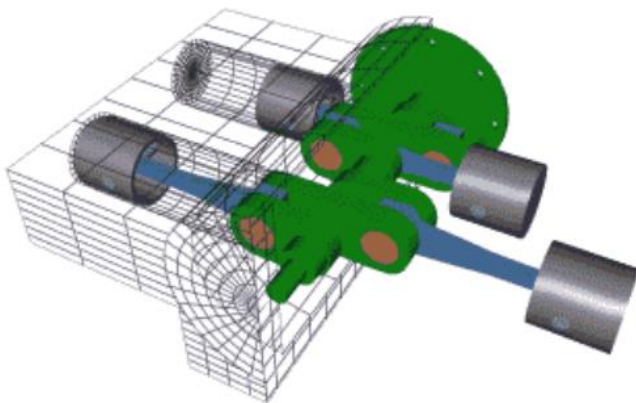
Conjunto dos componentes que fornece tração ao voo

TIPOS DE GRUPOS MOTO-PROPULSORES:

Turbojato, Turbofan, Turboélice, motor a pistão e hélice

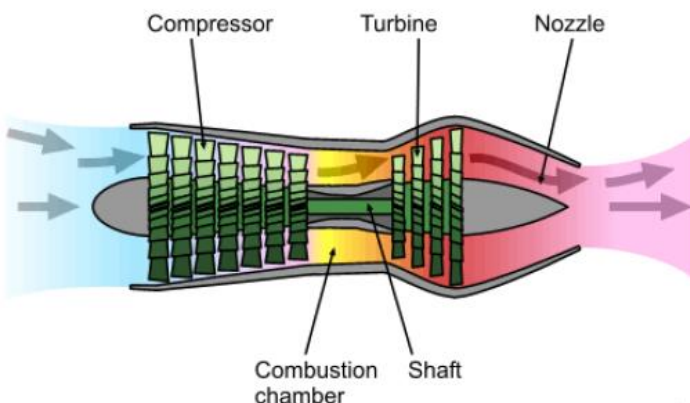
MOTOR A PISTÃO E HÉLICE

São aviões de menor porte e menor performance em que o movimento linear dos pistões é transferido de forma rotacional para a hélice. Funcionam baseados no Ciclo de Otto: Admissão, compressão, ignição, combustão, expansão e escapamento. A principal diferença em relação aos motores a reação (ciclo Brayton) é que nos motores a pistão todas as transformações acontecem em um único local (no interior do cilindro), enquanto que no ciclo Brayton cada transformação da mistura ocorre em um local específico do motor. Eficiente em baixas altitudes e baixas velocidades.



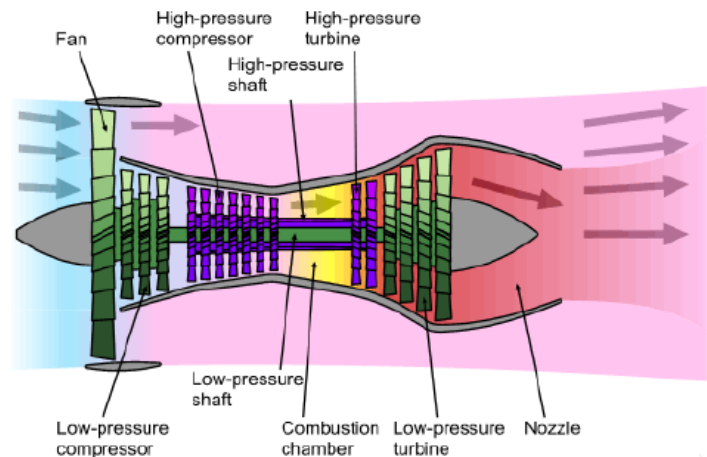
TURBOJATO

Segue o princípio básico admissão, compressão, ignição, expansão e exaustão em locais diferentes. Todo ar que entra necessariamente recebe combustível e é queimado. Eficiente em altas velocidades e altas altitudes (voos supersônicos).



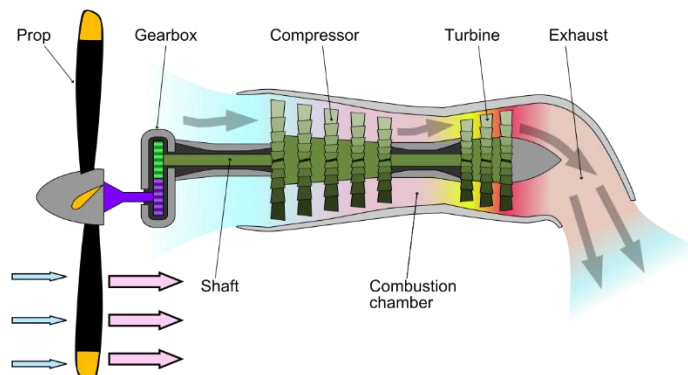
TURBOFAN

É uma evolução do turbojato - segue o mesmo princípio dos ciclos. O fan complementa o fluxo de ar. É um motor para altas altitudes e altas velocidades de cruzeiro, inferiores, entretanto, ao turbojato. É um motor menos ruidoso que o jato puro e mais econômico – integra a maior parte das aeronaves comerciais hoje em dia.



TURBOÉLICE

É uma espécie de turbojato que aproveita a energia para mover uma turbina que move a hélice, passando antes por uma caixa de redução. É um motor para velocidades e altitudes intermediárias. Neste tipo de motorização, 90% da força propulsiva é produzida pela hélice e 10% pelos gases de escape dirigidos para trás que impulsionam o avião para frente.



TIPOS DE POTÊNCIA

Consideraremos agora o motor a pistão para o estudo das potências que existem ao longo do motor. Sabe-se que a energia ao longo do motor diminui devido ao atrito que existe internamente e outras limitações como a taxa de compressão de 8:1 dos motores aeronáuticos, portanto, se ao longo do



existem energias diferentes, sendo esta cada vez menor quanto mais próxima da hélice, existem também potências diferentes. As principais potência que existem no motor são: potência Efetiva, potência nominal e potência útil.

POTÊNCIA EFETIVA

É a potência medida no eixo da hélice. Mede o trabalho do eixo de manivelas proveniente da queima que ocorre nos pistões. É uma potência variável, uma vez que um regime baixo de potência repercutirá em uma potência efetiva baixa e um regime de potência alto repercutirá em uma alta potência efetiva.

POTÊNCIA NOMINAL

É a potência efetiva máxima para qual o motor foi projetado. Potência máxima que pode ser desenvolvida no eixo da hélice por tempo indeterminado. Também é conhecida como potência máxima contínua – geralmente empregada para subidas longas após os obstáculos terem sido livrados (cerca de 400 pés acima do terreno).

POTÊNCIA ÚTIL

Potência de tração desenvolvida pela hélice sobre o avião. A hélice é responsável por transformar potência efetiva em potência de tração ou potência útil.

MONOMOTORES DE PEQUENO PORTE

Utilizam como grupo moto-propulsor o motor e uma hélice. As hélices antigamente eram produzidas de madeira. Atualmente, elas são produzidas em metal, ligas de alumínio ou aço.

HÉLICE

É constituída por uma série de aerofólios semelhantes à asa. A torção das pás cria uma angulação com o vento relativo e através do seu giro puxa ar arremessando-o para trás e impulsionando o avião para frente. Esse processo consiste na transformação de tração efetiva em útil pela hélice.

FORÇAS GERADAS PELA HÉLICE

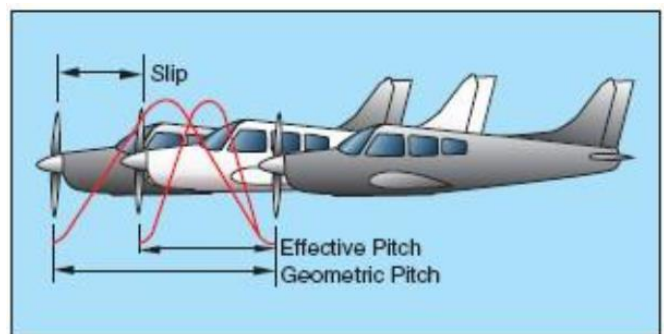
Tração: espécie de sustentação, perpendicular ao plano de rotação da hélice.

Torção: espécie de arrasto, paralelo ao plano de rotação.

PASSO DA HÉLICE

O passo é a distância que o avião anda para cada rotação da hélice. Como um parafuso que para cada rotação da chave avança uma certa distância no interior da parede.

Se não houvesse nenhum tipo de resistência ao avanço a hélice avançaria uma determinada distância denominada de passo teórico ou geométrico. Como existe resistência ao avanço, ela avança uma distância menor – denominada passo efetivo. A distância que ela deixou de andar devido a resistência ao avanço é denominada recuo. A figura abaixo exemplifica os passos:

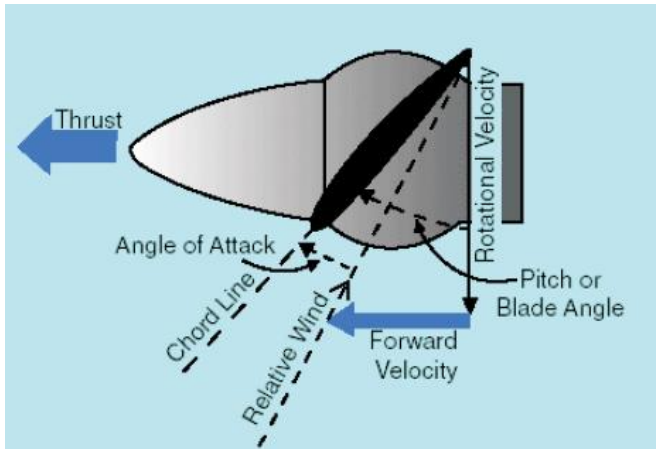


ANGULAÇÃO DA PÁ

Como a hélice gira e avança para frente o vento relativo incide de forma inclinada na pá. A pá deve ser um pouco mais inclinada que o vento relativo para ter um ângulo de ataque positivo - o que garante que haja tração, conforme visto anteriormente. O ângulo é determinado pelo fabricante do motor.

QUAL O MELHOR ÂNGULO DE TORÇÃO PARA AS PÁS?

Depende da velocidade do avião e da velocidade de rotação deste motor. Em linhas gerais aviões com alta velocidade devem ter maior passo (pá deve ser mais torcida) e aeronaves com velocidades menores devem ter menor passo (pá deve ser menor torcida). Com o aumento da velocidade, o vento relativo que atinge a pá fica mais inclinado, diminuindo o ângulo de ataque da pá o que diminui a tração gerada por esta. Para que o ângulo de ataque se mantenha o mesmo, é preciso aumentar o passo da pá (a torção da pá), assim, o ângulo voltará a ficar grande novamente e o grupo-moto-propulsor estará desenvolvendo tração.



Este tipo de hélice mantém sempre a rotação ideal para aquela condição. Evita sobrecarga ao piloto e riscos de ajuste incorreto, pois o passo se modifica toda vez que a velocidade aumenta ou diminui – proporcionando uma boa performance em qualquer momento do voo sem a necessidade de ajustes manuais. Este tipo de hélice pode funcionar automaticamente ajustada por contrapesos que funcionam por ação centrífuga ou por governadores que funcionam por sinais elétricos ou hidráulicos.

Se a velocidade aumentar muito a ponto de tornar o ângulo de ataque nulo a hélice não gerará mais tração podendo aumentar excessivamente sua RPM danificando todo motor da aeronave. Aeronaves que atinjam estas velocidades devem ter passo variável para ajuste.

QUAL O MELHOR PASSO?

Uma hélice pouco torcida (com passo baixo) teria uma boa performance para pousos e decolagens, onde as velocidades são pequenas. Uma hélice muito torcida (com passo grande) teria um bom desempenho em cruzeiro, onde a velocidade do avião é alta.

HÉLICE DE PASSO FIXO

Geralmente são inteiriças e suas pás são fixas

HÉLICE DE PASSO AJUSTÁVEL

Ângulo da pá da hélice pode ser ajustado no SOLO por MECÂNICO HABILITADO através de GABARITOS PRÓPRIOS.

HÉLICE DE PASSO VARIÁVEL

*MANUAL

Passo pode ser variado durante o voo conforme a necessidade do piloto. Existem basicamente dois tipos de ajuste manual com duas posições pré-estabelecidas (mínimo e máximo) ou com ajuste contínuo entre mínimo e máximo.

O passo geralmente é aumentado através de contrapesos centrífugo e diminuído através da pressão do óleo – detalhes serão estudados em CTA.

* AUTOMÁTICA (Hélice de passo controlável ou hélice de velocidade constante)





VOO EM LINHA RETA HORIZONTAL

Até agora os capítulos abordaram conceitos iniciais de formação de forças aerodinâmicas - as quais possibilitam a aeronave se deslocar e se manter no ar, além de conceitos básicos para o entendimento da aerodinâmica. Os capítulos seguintes abordarão a performance da aeronave em cada tipo de voo e a performance desta aeronave durante diferentes manobras. Por isso, é muito importante que os conceitos anteriores tenham sido bem consolidados para que os próximos sejam compreendidos em sua totalidade.

CONCEITOS DO VOO HORIZONTAL EM VELOCIDADE CONSTANTE

Neste tipo de voo existe equilíbrio. O equilíbrio dinâmico, que significa dizer que não existe aceleração – o movimento possui velocidade constante e ainda o equilíbrio entre as forças básicas que fazem a aeronave se manter em voo – a sustentação é igual ao peso e a tração é igual ao arrasto, conforme exemplifica a imagem abaixo:



RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS

Quando aumenta-se o ângulo de ataque da aeronave(até um determinado limite), modifica-se o Cl (coeficiente de sustentação) para mais e por isso a sustentação aumenta. Aumentando-se a velocidade da aeronave, a sustentação também aumenta. Aumentando-se o ângulo de ataque, entretanto, sem adicionar potência, a velocidade diminui.

Fases do voo em que se deseje adquirir maior velocidade deve-se diminuir o ângulo de ataque reduzindo assim a quantidade de arrasto e possibilitando o aumento da velocidade e fases do voo em que se deseje voar com menor velocidade, deve-se aumentar o ângulo de ataque.

Para se manter o voo em linha reta horizontal com menor velocidade, deve-se retirar potência e cabrar evitando assim que a aeronave desça e para se aumentar a velocidade deve-se adicionar potência e picar – para evitar que com o acréscimo de potência a aeronave suba.

MENOR VELOCIDADE POSSÍVEL EM VOO EM LINHA RETA HORIZONTAL

Como visto anteriormente, conforme se reduz a potência e se cabra para não descer, a velocidade diminui. A menor velocidade que pode ser obtida é associada ao maior ângulo que se pode voar sem haver perda de sustentação abrupta (estol). Esta velocidade é denominada Velocidade de Estol, embora não se estole – ela é a velocidade imediatamente antes do estol ou seja, se o ângulo for aumentado ou a velocidade diminuída a aeronave entrará no estol. Voando-se na velocidade de estol voa-se, portanto, com ângulo máximo (ângulo de ataque crítico), Cl máximo, sustentação máxima, velocidade mínima e na iminência do estol.

PODE-SE VOAR NA SITUAÇÃO DE ESTOL?

Se a perda de sustentação for compensada com aumento de velocidade sim, mas para isso é preciso potência, pois depois de ultrapassar o ângulo de ataque crítico para pequenos aumentos do ângulo de ataque, serão necessários aumentos muito grandes de potência, devido ao grande arrasto gerado nestes ângulos. O avião estolará em um ângulo superior apenas, mas o estol continuará existindo. Apenas aeronave com muita sobra de potência consegue voar nesta condição. Vale lembrar que o consumo de combustível nesta situação é muito elevado devido à alta tração desempenhada pelo motor e a grande quantidade de arrasto que existe com o ângulo de ataque elevado.

INDICADOR DE ÂNGULO DE ATAQUE - VELOCÍMETRO

Existe externamente na aeronave um medidor de ângulo de ataque, mas internamente na aeronave não existe nenhuma indicação deste ângulo. Não é necessário um indicador de ângulo de ataque, uma vez que existe velocímetro. Toda vez que o ângulo de ataque aumenta a velocidade indicada diminui e toda vez que o ângulo de ataque diminui a velocidade aumenta. Logo, como existe esta relação não é necessário saber o ângulo de ataque da aeronave se se sabe a velocidade com a qual ela se desloca em um voo em linha reta horizontal.

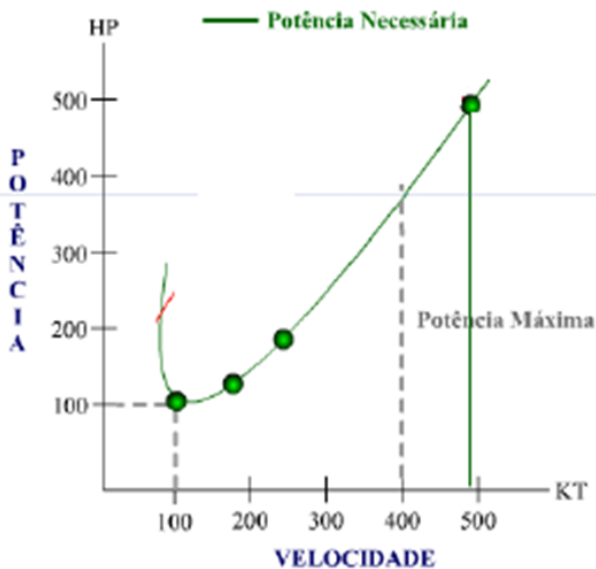


POTÊNCIA NECESSÁRIA

É a potência que é necessária ser aplicada na aeronave em voo em linha reta horizontal para contrapor uma determinada quantidade de arrasto para se obter a velocidade desejada e mantê-la. Se observarmos a fórmula do arrasto, veremos que o arrasto pode ser gerado basicamente por ângulo de ataque ou velocidade.

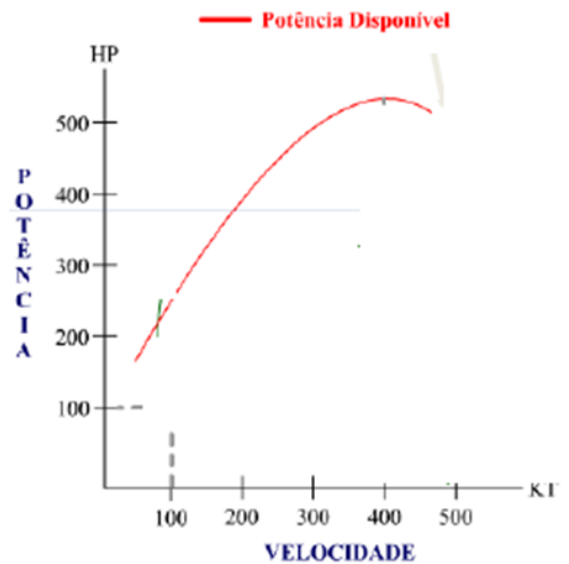
Como regra geral portanto, para altas velocidades a potência necessária será alta e para baixas velocidades a potência necessária será baixa, exceto para uma situação na qual o ângulo de ataque da aeronave é muito alto e mesmo que a velocidade associada seja baixa, a potência necessária será alta devido a quantidade de arrasto gerada pelo ângulo de ataque elevado.

$$D = C_d \frac{\rho}{2} S V^2$$



POTÊNCIA DISPONÍVEL

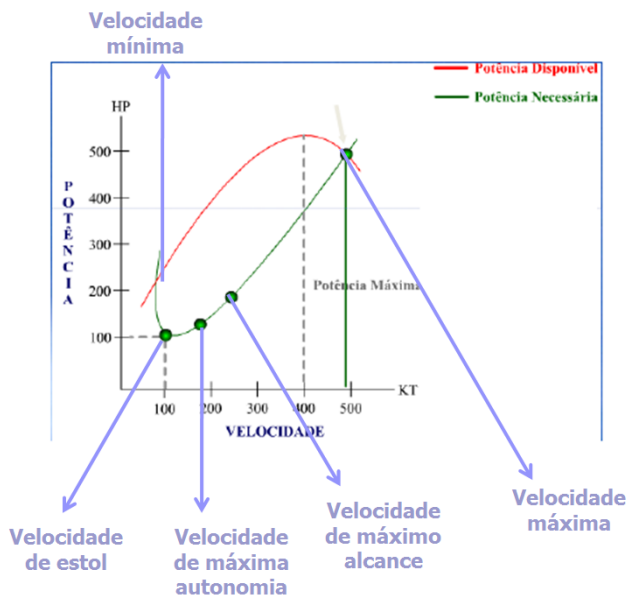
É a potência máxima que o grupo moto-propulsor consegue fornecer ao avião. Em baixas velocidades a potência disponível é pequena porque a hélice desperdiça quase toda a energia produzindo vento; em altas velocidades a potência disponível é maior. Acima de uma determinada velocidade a potência disponível começa a diminuir uma vez que quando as pontas da pá atingem a velocidade do som a hélice perde a sincronia de movimento.





POTÊNCIA NECESSÁRIA E POTÊNCIA DISPONÍVEL

Se cruzarmos os gráficos de potência necessária e potência disponível será possível determinar ao longo deste gráfico uma série de velocidades importantes ao voo em linha reta horizontal com velocidade constante.



VELOCIDADE MÍNIMA

É A Menor velocidade possível em voo em linha reta horizontal com velocidade CONSTANTE. Nesta situação o ângulo de ataque é maior que o ângulo crítico e só é possível voar nesta circunstância se o avião possuir uma sobra de potência muito grande, conforme abordado anteriormente. A velocidade mínima é numericamente maior que a velocidade de estol, pois a aeronave está com motor sendo aplicado para contrapor uma grande quantidade de arrasto.

VELOCIDADE DE ESTOL

A velocidade de estol NÃO é a velocidade que o avião estola, o avião está na iminência do estol, mas permanece voando. É a menor velocidade possível em voo horizontal, numericamente menor que a velocidade mínima. Esta velocidade não é constante, uma vez que a aeronavegabilidade da aeronave quando na iminência do estol fica em parte comprometida. Na velocidade de estol o coeficiente de sustentação é máximo, a sustentação é máxima, o avião voa no ângulo de ataque crítico. Se forem utilizados dispositivos hipersustentadores o ângulo crítico se tornará maior ainda e a velocidade menor.

VELOCIDADE DE MÁXIMA AUTONOMIA

É a velocidade que permite voar o maior tempo possível com certa quantidade de combustível. É uma velocidade baixa, geralmente utilizada quando é preciso realizar procedimento de espera em rota ou para pouso (órbitas). É uma velocidade econômica visando TEMPO.

VELOCIDADE DE MÁXIMO ALCANCE

Velocidade que permite voar a maior distância possível com certa quantidade de combustível. Geralmente é utilizada quando é preciso alternar (seguir para outro destino). É uma velocidade econômica visando, portanto, distância. Corresponde ao ponto de tangência da linha de potência necessária do gráfico. A velocidade de máximo alcance é numericamente maior que a velocidade de máxima autonomia.

VELOCIDADE MÁXIMA

Maior velocidade possível em voo horizontal. É a maior potência que o grupo moto propulsor pode fornecer à aeronave. Como a potência necessária aumenta e não é possível fornecer tal potência, este ponto torna-se a velocidade máxima.

INFLUÊNCIAS DA ALTITUDE NO ARRASTO EM UM VOO EM LINHA RETA HORIZONTAL COM VELOCIDADE CONSTANTE

O arrasto em voo em linha reta horizontal não depende da altitude em que a aeronave se encontra. Voando no nível médio do mar, não é preciso de muita velocidade para se obter sustentação, logo não é necessário muita potência, pois o ar é denso e a sustentação é obtida por densidade. Como o ar é denso, haverá também arrasto – afinal, as mesmas variáveis que contribuem para a geração de sustentação também contribuem para a geração de arrasto.

Voando-se em altitude o ar torna-se rarefeito e teoricamente o arrasto seria menor, sendo assim a sustentação também seria menor e a aeronave tenderia a descer – logo, não se trataria mais um voo em linha reta horizontal com velocidade constante. Para que o referido voo seja obtido é preciso utilizar potência com a finalidade de gerar velocidade e através do fator velocidade gerar sustentação que permita o avião manter o voo em linha reta horizontal com velocidade constante. Quando a velocidade aumenta, além da sustentação aumentar, aumentará também o arrasto – logo, existe arrasto em superfície devido a densidade ρ e existe arrasto em altitude devido a potência/velocidade alta.



Independente de estar voando mais próximo a superfície ou não haverá a MESMA quantidade de arrasto para uma determinada velocidade.



Sustentação e arrasto por potência/velocidade



Sustentação e arrasto por densidade

VARIAÇÃO DE VELOCIDADE EM VOO NIVELADO

Matematicamente pode ser explicado através da seguinte fórmula

$$V = \sqrt{\frac{2W}{\rho \times S \times Cl}}$$

Abaixo algumas regras práticas as quais podem ser úteis para a determinação de certas velocidades com a alteração de alguns parâmetros.

Esta primeira regra pode ser utilizada para qualquer velocidade (velocidade mínima, máxima autonomia, máximo alcance...) exceto para a velocidade máxima – a qual possuirá uma fórmula específica.

1ª Velocidade

$$V = \frac{PACa}{DAC}$$

Peso – altitude – carga alar

Densidade – área da asa – coeficiente de sustentação

2ª Potência Necessária

$$N = \frac{PACa}{DAC}$$

Peso – altitude – carga alar

Densidade – área da asa – coeficiente de sustentação

3ª Velocidade Máxima

$$V_{max} = \frac{DCa}{PAAC}$$

Densidade – Carga alar

Peso – altitude – área da asa – coeficiente de sustentação



CONCEITOS BÁSICOS DO VOO PLANADO

Neste tipo de voo a sustentação é menor que o peso, o avião desce por ação da gravidade e do peso da aeronave – não existe, portanto, influência direta do motor no movimento.

Podemos associar o voo planado de uma aeronave com um carro que desce uma ladeira. A ladeira está inclinada, portanto o peso que fica na vertical terá outros dois componentes, o componente vertical do peso e o componente horizontal do peso – conforme exemplifica a figura abaixo:

Desenhe o carro com os vetores

Pelo teorema de Pitágoras ($H^2=B^2+C^2$) aplicado aos 1000kgf do peso, chega-se aos valores de 500kgf na horizontal e 866kgf na vertical. No avião, ocorre a mesma situação, entretanto, existem outras forças que devem ser consideradas – Sustentação, arrasto e tração, conforme a figura abaixo:

Desenho o avião em descida com os vetores

No voo planado o vetor vertical do peso é igual a sustentação, porém o peso é maior que a sustentação. Neste tipo de voo, como a velocidade se mantém constante, o arrasto é equivalente ao valor da tração – desta forma não há aceleração e a velocidade se mantém constante.

ÂNGULO DE PLANEIO

Ângulo formado entre a trajetória de voo e a linha do horizonte.

VELOCIDADE DE MELHOR PLANEIO

É o mesmo que a velocidade de melhor ângulo de descida. É a velocidade a qual permite ao avião plainar a maior distância possível. É, portanto, a velocidade que deve ser utilizada durante aproximações para pouso, pane de motor e emergências em geral. O seu valor numericamente coincide com a velocidade de máximo alcance.

TENTATIVA DE MELHORAR O ÂNGULO DE PLANEIO

Na tentativa de melhorar o ângulo de planeio aumentando o ângulo de ataque o avião permanecerá mais tempo no ar, porém a distância percorrida será menor. Esta seria a velocidade de menor razão de descida/velocidade de menor afundamento - velocidade na qual o avião permanece o maior tempo no ar – numericamente equivale a velocidade de máxima autonomia.

Na tentativa de diminuir o ângulo de ataque para melhorar o ângulo de planeio a velocidade aumentaria muito, o avião permaneceria menor tempo no ar e a distância percorrida seria também menor.

Nada pode ser feito para melhor o ângulo de planeio exceto utilizar a velocidade de melhor ângulo de planeio calculada para aquele avião que corresponde ao melhor ângulo de planeio.

VELOCIDADE FINAL

É a velocidade máxima que um avião pode atingir em um mergulho ou planeio vertical. Neste tipo de manobra a sustentação é nula, para que o movimento possa ser vertical e o ângulo de ataque também é nulo pelo mesmo motivo. A velocidade aumenta rapidamente e estabiliza-se quando o arrasto se torna igual ao peso da aeronave. Na velocidade final o arrasto numericamente é igual ao peso.



VELOCIDADE LIMITE

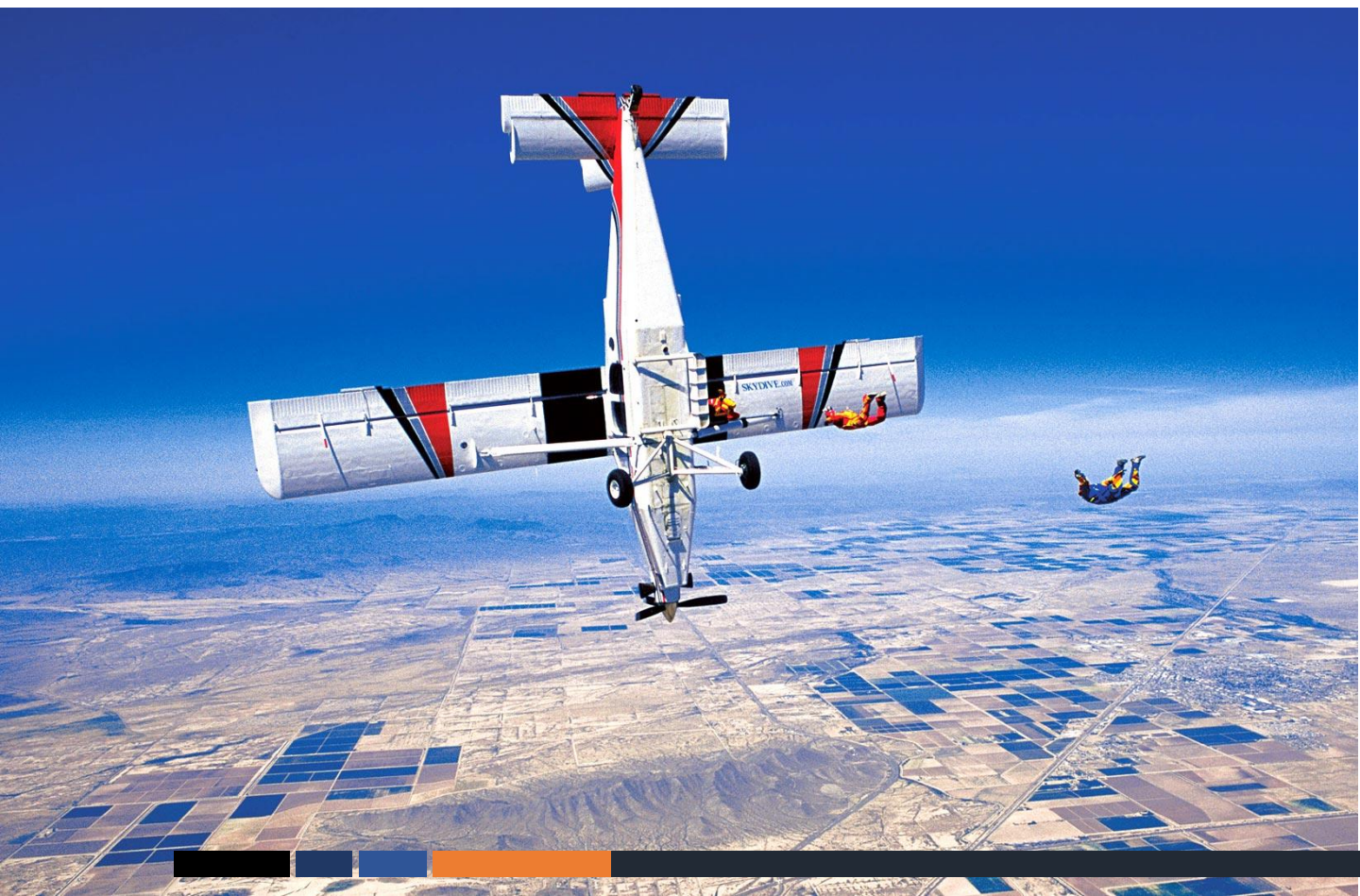
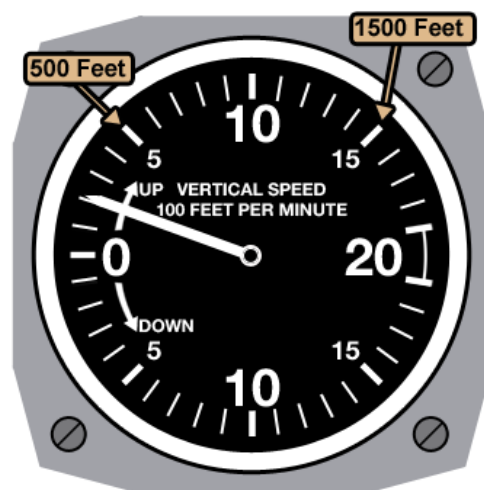
É a velocidade estabelecida pelo fabricante do avião. A velocidade limite é aquela que se for ultrapassada haverá danos/ destruição completa da estrutura do avião. A velocidade final só pode ser atingida se a velocidade limite não for ultrapassada para isto.

RAZÃO DE DESCIDA

É a altura perdida por unidade de tempo. É indicado no variômetro, também conhecido como Climb. Geralmente suas unidades são em pés por minuto, mas também pode ser utilizado metros por segundo. Quando o Climb estiver positivo, significa que a acft está subindo e quando o clib estiver negativo significa que a aeronave está descendo.

Exemplo:

R/D 500ft/min → Razão de descida de 500 pés por minuto.





INFLUÊNCIA DO PESO

O peso de uma aeronave em voo planado não influencia na distância percorrida no solo e também não influencia no ângulo de planeio. A única alteração que será na velocidade - que aumenta quando a aeronave efetua voo planado com um peso maior. Aumentando a velocidade com que a aeronave desce, aumentará também a razão de descida. O desenho abaixo exemplifica a situação:

Desenho o avião descendo com pesos diferentes conforme referência da aula

VENTO DE CAUDA

O vento de cauda vem no mesmo sentido da trajetória do avião, empurrando-o para frente. Logo, é fácil perceber que a velocidade em relação ao solo (VS) será maior e o avião percorrerá uma distância no solo maior. O ângulo de planeio, entretanto, será menor.

VENTO DE PROA

O vento de proa incide na aeronave no sentido oposto a que esta se desloca, logo é fácil perceber que a velocidade em relação ao solo (VS) será menor e a distância percorrida no solo também. O ângulo de planeio, entretanto, será maior.

INFLUÊNCIA DA ALTITUDE NO VOO PLANADO

Como já foi visto no capítulo de voo em linha reta horizontal com velocidade constante, próximo ao nível médio do mar a acft obtém sustentação facilmente porque o ar é denso – não é necessário, portanto, muita potência para prover velocidade e gerar sustentação. Assim como existe sustentação, porque o ar é denso, existe também arrasto. Em altitude, o ar fica rarefeito, por isso, para se obter sustentação é necessário muita potência para gerar velocidade e assim obter sustentação para se manter em voo. Ao se utilizar a potência do motor para gerar sustentação obtém-se também arrasto. Logo, como pode-se ver a quantidade de arrasto é igual tanto em altitude quanto próximo ao nível médio do mar, desta maneira, o piloto pode manter a mesma VI e estimar o mesmo alcance do planeio independente da altitude que ele se encontra – porque a quantidade de arrasto é igual. Deve-se atentar unicamente, que quanto mais alto se estiver maior será a velocidade da acft em relação ao ar (VA).

INFLUÊNCIA DO VENTO

SEM VENTO

Quando não há vento o avião mantém o ângulo de planeio esperado, bem como a velocidade de planeio esperada e percorre a distância no solo prevista. Dependendo das condições atmosféricas os valores podem não coincidir exatamente com o proposto no manual, mas será semelhante.





VOO ASCENDENTE

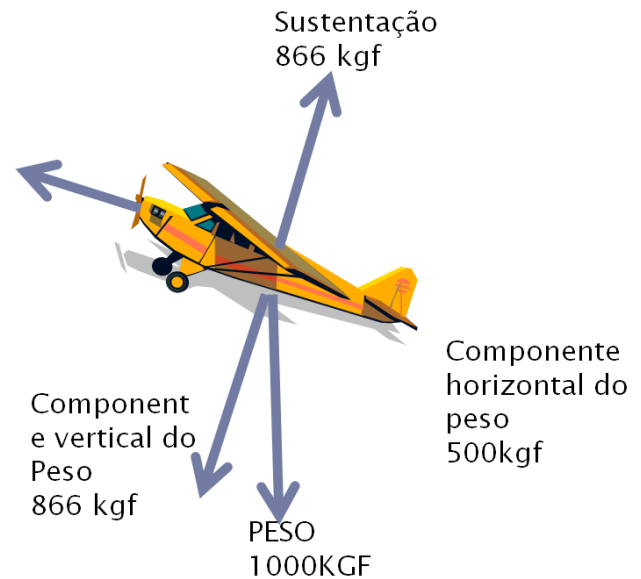
Assim como no capítulo de voo planado, será feito uma analogia com um automóvel subindo uma ladeira para compreender os conceitos de como o avião se comporta durante uma subida.

AUTOMÓVEL

Para subir um morro o carro precisa vencer o arrasto produzido pelo vento relativo (sentido oposto ao deslocamento) e a componente do peso (vetor direcionado para baixo e para trás). A força do carro para subir deve ser maior que estas duas componentes juntas **NECESSARIAMENTE**.

Obs: Como o carro está inclinado, o vetor do peso será decomposto em vetor vertical do peso e vetor horizontal do peso.

****Desenhe o carro subindo a laderia e a posição dos vetores, conforme referência da aula.**



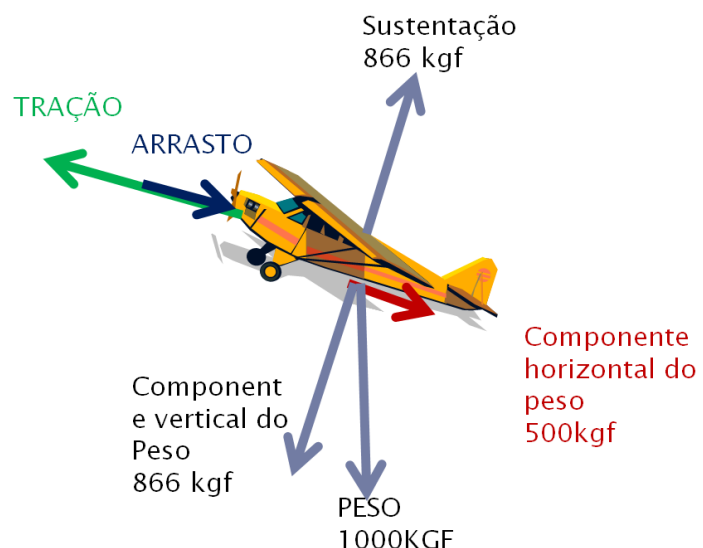
Se observarmos atentamente a figura acima, veremos que a sustentação (866) é menor que o peso (1000kg). Como poderia a acft subir se a sustentação é menor que o peso da aeronave? Isso ocorre porque durante o movimento de subida a hélice fica inclinada para cima, suportando parcialmente o peso do avião e aliviando os esforços nas asas, logo a asa precisa suportar um peso aparentemente menor, logo a sustentação necessária é menor – podendo ter o seu valor menor que o peso inclusive, porém não inferior ao componente vertical do peso.

OBS: A tração não será igual ao arrasto no voo ascendente como é no voo horizontal. Em um voo ascendente, a tração será igual ao arrasto + componente horizontal do peso.

Segundo a figura acima, a força necessária mínima para subir o morro é maior que 700kgf e após o carro estar em movimento é de no mínimo 700kgf.

AVIÃO

Para subir precisa vencer o arrasto produzido pelo vento relativo (sentido oposto ao deslocamento) e o componente do peso (vetor direcionado para baixo e para trás), logo, a força direcionada para frente e para cima (tração) deve ser necessariamente maior que estes dois componentes e após o movimento ser iniciado, deve ser, no mínimo, igual. Além disso, a força de sustentação deve ser no mínimo igual ao componente vertical do peso.





VELOCIDADE DO AVIÃO EM VOO ASCENDENTE

Em um voo ascendente, existem duas componentes de velocidade: componente horizontal denominada velocidade horizontal que determina o quanto a acft avança e componente vertical, denominada velocidade vertical que determina o quanto a acft sobe. A velocidade vertical é também denominada de R/S (razão de subida).

VELOCIDADE MÁXIMA RAZÃO DE SUBIDA

Velocidade na qual o avião ganha altura o mais RÁPIDO possível.

VELOCIDADE DE MÁXIMO ÂNGULO DE SUBIDA

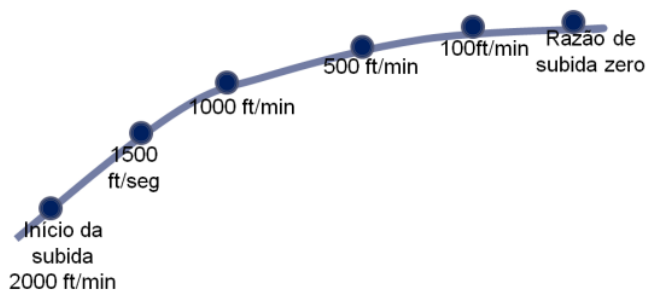
Velocidade na qual o avião sobe com o maior ângulo de subida. Esta velocidade é muito utilizada para livrar obstáculos, geralmente empregada logo após decolagens. É uma velocidade numericamente menor que a velocidade de máxima razão de subida.

RAZÃO DE SUBIDA MÁXIMA E O MAIOR ÂNGULO DE SUBIDA

Dependem do peso do avião, altitude do local, potência disponível e área da asa. Para se obter um maior ângulo de subida é necessário baixo peso, baixa altitude, alta potência disponível e grande área da asa. Para se obter uma maior razão de subida é necessário baixo peso, baixa altitude, alta potência disponível e pequena área da asa.

INFLUÊNCIA DA ALTITUDE NO VOO ASCENDENTE

A medida que o avião ganha altura a densidade do ar diminui. Conforme a densidade diminui, a razão de subida máxima diminui (devido a influência da densidade na geração de sustentação).



TETO PRÁTICO OU TETO DE SERVIÇO

Altitude na qual a razão de subida máxima é 100 pés por min.

TETO ABSOLUTO

Altitude na qual a razão de subida Máxima é ZERO. Nesta altitude não é mais possível subir, o avião mal é controlado e só existe uma velocidade possível, estol. Logo, a aeronave tende a estolar.

TETO PRÁTICO E TETO OPERACIONAL

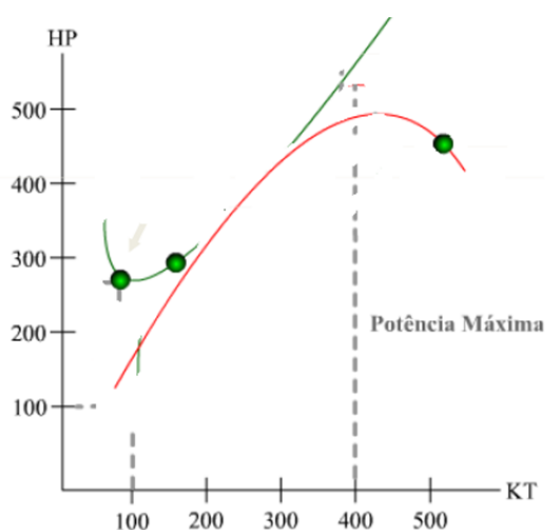
Ambas são altitudes densidade, logo não existe uma altitude fixa em que esta situação ocorre, pois depende da densidade do ar. Não existe visualização no altímetro, portanto. Deve-se observar constantemente a razão máxima de subida desempenhada pelo Climb durante a trajetória ascendente.

RAZÃO DE SUBIDA MÁXIMA

A razão de subida máxima é obtida na velocidade em que há maior sobre de potência. Analisando no gráfico corresponde a dizer que a razão de subida máxima consiste no ponto em que há maior sobre de potência (potência necessária e disponível).

COMPORTAMENTO DAS POTÊNCIAS (NECESSÁRIA E DISPONÍVEL) COM O AUMENTO DA ALTITUDE

Com o aumento da altitude a potência disponível diminui e a potência necessária aumenta, observa-se no gráfico, portanto, o deslocamento das curvas:



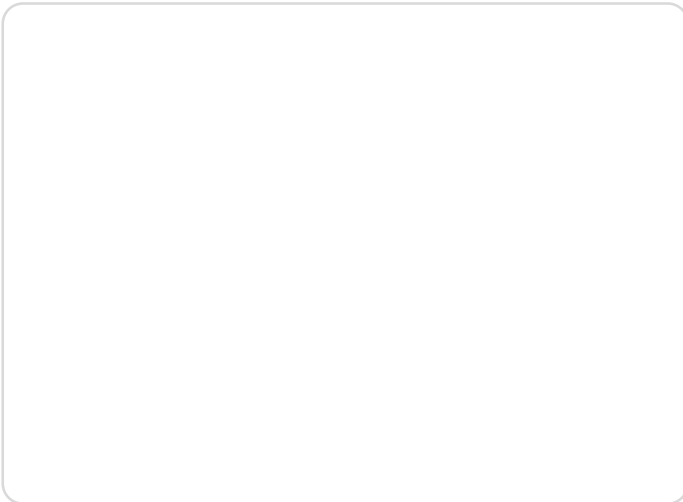
As curvas se tocam em um único ponto. Neste ponto, a potência necessária é igual a potência disponível, não há sobre de potência, logo, não é mais possível subir. Este ponto corresponde ao teto absoluto – mencionado anteriormente, onde só existe uma velocidade possível



CONCEITO

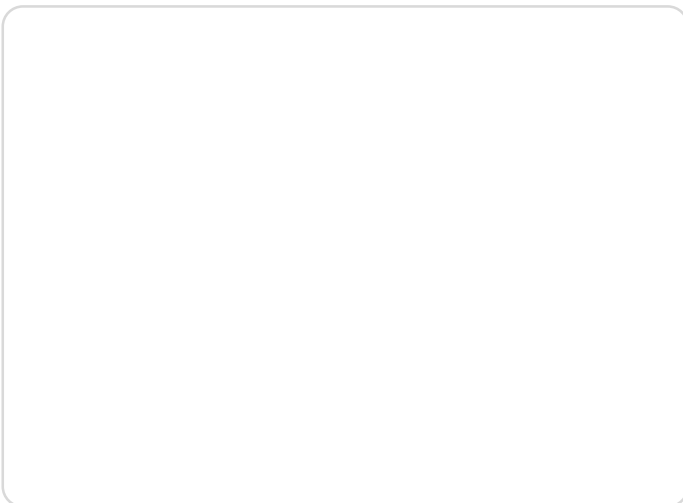
Para entendermos as forças que agem em uma aeronave durante uma curva será feita uma analogia com uma bolinha pendura que descreve um movimento circular presa por um fio.

Desenhe a bola pendurada em um ponto rotacionando, como na animação da aula:



A bola de chumbo pendurada em um cabo descreve um movimento circular. Neste movimento existem, basicamente, duas forças: o peso da bola para baixo e a tração no cabo que mantém a bolinha suspensa. Um avião em curva, é semelhante a bolinha de chumbo pendurada no teto, não existe, entretanto o cabo – logo, esta força deve ser criada.

Desenhe a aeronave e os vetores, conforme referência da aula:



Peso da bola é agora o peso do avião e a tração do cabo é a força de sustentação. A sustentação pode ser obtida por ângulos de ataques elevados, velocidade e densidade alta do ar – segundo a fórmula da referida força.

COMPORTAMENTO DAS FORÇAS

Quando a acft entra em curva ela fica inclinada, logo, a sustentação será decomposta em outros dois vetores: componente vertical da sustentação e componente horizontal da sustentação. O componente horizontal da sustentação é também denominado força centrípeta que é a força que puxa a acft para dentro do raio da curva.

Para que o voo em curva seja mantida em altitude constante, o componente vertical da sustentação deve ser igual ao peso. Logo, o vetor da sustentação (componente vertical + componente horizontal) deve ser maior que o peso.

OBS: É importante salientar, portanto, que em voo em curva NIVELADO a sustentação será MAIOR que o peso – devido a decomposição dos vetores que ocorre quando a acft se inclina para entrar em curva.

FORÇA CENTRÍPETA

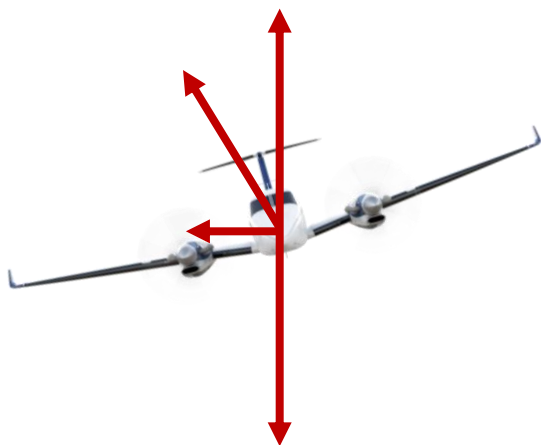
É a força que “puxa” o avião para dentro da curva. Ela aumenta com o aumento do peso, aumento da velocidade e diminuição do raio da curva e diminui quando o raio de curva aumenta, a velocidade e o peso diminuem.

Muitas vezes, estes conceitos podem ficar difíceis de compreender, pode-se associar, portanto, um voo em curva com um trenó preso em uma corda – a força de tração no cabo corresponde a força centrípeta da acft em curva:

Quando a velocidade aumenta, a força de tração no cabo aumenta. Assim como quando existem mais pessoas no trenó ou quando o raio da curva descrito pelo trenó é menor.

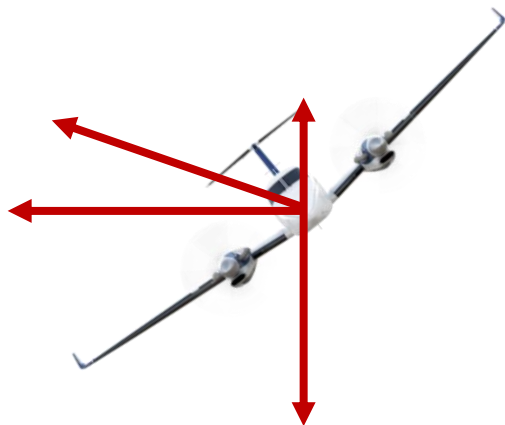
PEQUENA INCLINAÇÃO

Quando se inclina pouco para executar uma curva a componente da força centrípeta é pequena e a componente vertical da sustentação permanece alta. A modificação das forças é tão pequena que a acft nem ao menos tende a descer – ela permanece curvando em linha reta horizontal.

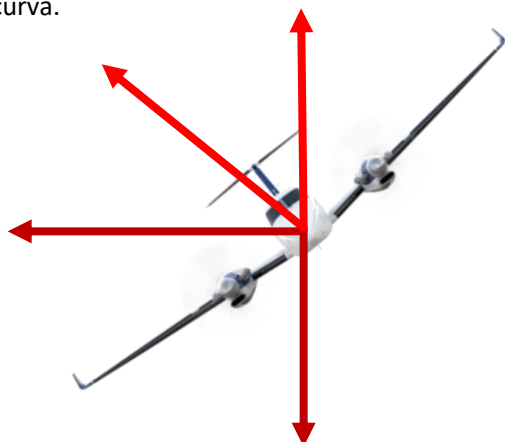


GRANDE INCLINAÇÃO

Quando se efetua uma curva com grande inclinação, o componente horizontal – centrípeta é grande e a componente vertical fica muito pequena e por isso, não consegue mais contrapor o peso – como peso fica maior, a acft tende a descer.



Para evitar que a acft não desça é preciso aumentar a sustentação através do aumento do ângulo de ataque – quando este não puder ser mais aumentado, deve-se aumentar a potência da acft, gerando maior velocidade e, portanto, mais sustentação. A sustentação gerada será grande e a componente vertical maior o suficiente para contrapor o peso e manter o voo em linha reta em curva.

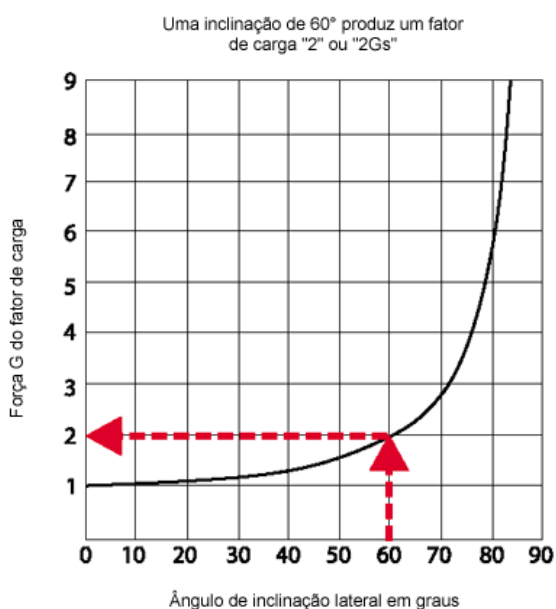


Em curvas de grande inclinação o manche deve se manter sempre cabrado o suficiente para a acft não descer, assim como o aumento de potência deve ser empregado, se necessário, para evitar o movimento descendente durante a curva. Conforme a curva é desfeita, deve-se picar a acft e retirar o excesso de potência aplicado em curva.

CURVA DE 60º

Em uma curva de 60º de inclinação a sustentação para manter a curva nivelada é igual ao dobro do peso. O fator carga é portanto de 2G, ou seja, “duas vezes” aceleração da gravidade.

O gráfico abaixo exemplifica como o fato de carga aumenta com o aumento da inclinação da acft – quando o voo é mantido com altitude constante:



DEDUÇÕES

Quanto maior for a inclinação, maior será a força centrípeta e menor o componente vertical da sustentação, maior será a necessidade de cabrar e, se a inclinação for muito grande, será necessário aumentar mais a sustentação através do aumento de potência na acft.

Quanto menor for a inclinação, menor será a força centrípeta, maior o componente vertical da sustentação, menor a necessidade de cabrar ou até mesmo nem há necessidade de cabrar porque a diminuição do vetor vertical é tão pequena que não provoca modificação na altitude do voo.



ERROS DE PILOTAGEM EM CURVA

VELOCIDADES

Para se descrever uma curva com mesmo raio, quando a velocidade do movimento aumenta, a inclinação também aumenta.

Para se descrever curvas com raios diferentes porém com a mesma velocidade o ângulo de inclinação diminui quando o raio da curva aumenta.

PESO

O ângulo de inclinação não depende do peso, isso significa que um avião mais pesado pode voar com o mesmo ângulo de inclinação desde que possuía voo com mais potência e um ângulo de ataque mais elevado que a acft leve.

LIMITES DE INCLINAÇÃO

Um avião não pode fazer curvas de inclinação acima de um determinado limite, pois quanto maior a inclinação, maior a força centrípeta envolvida e deve-se aumentar a sustentação de alguma maneira. Se a inclinação aumenta muito, a necessidade de aumentar a sustentação é muito grande e podem não haver recursos para aumentar tanto assim a sustentação. Se os recursos acabarem e a necessidade continuar a acft não conseguirá mais manter o voo em curva nivelado e começará a descer porque existe uma desproporção entre as forças muito grande.

INCLINAÇÃO DE 90º

Curva com inclinação de 90º é impossível porque a sustentação necessária é infinitamente grande e a acft não possui recursos (ângulo de ataque e potência) o suficiente para contrapor a diminuição do componente vertical da sustentação.

GLISSADA

Quando a inclinação das asas for exagerada, a componente horizontal se tornará muito grande e o componente vertical da sustentação diminuirá muito e rapidamente – sendo, portanto, insuficiente para contrapor o peso da acft. Neste erro, a acft desce escorregando ainda para dentro da curva.

DERRAPAGEM

Quando a inclinação das asas é insuficiente a componente horizontal (força centrípeta) se torna insuficiente para puxar a acft para dentro do raio de curva pretendido e a acft escorrega para fora do raio da curva. Este erro pode ocorrer também quando se aplica pedal de forma descoordenada.

RAIO LIMITE

Como foi visto, para voar nivelado em curva, é preciso aumentar a sustentação. Quanto maior a inclinação desejada, maior o aumento da sustentação necessário. A medida que se diminui o raio da curva aumenta-se ângulo de ataque e a potência.

Raio limite é a trajetória que a acft descreve quando está na sua inclinação máxima, usando o maior aumento de ângulo de ataque possível combinado com 100% de potência.

MODIFICAÇÃO DO RAO LIMITE COM A ALTITUDE

Para conseguir aumentar a inclinação é preciso sustentação! A sustentação é obtida através de ângulo de ataque, velocidade e densidade. No conceito de raio limite o ângulo de ataque já estará no máximo, bem como a velocidade gerada pela





potência máxima da acft. Se a densidade for alterada, haverá alteração no raio limite da acft.

Próximo ao nível médio do mar → Ar é mais denso, potência disponível do motor é grande, potência necessária do motor é pequena (conforme visto no capítulo de voo linha reta horizontal com velocidade constante), logo é fácil de se obter sustentação – a acft pode aumentar a inclinação e descrever um raio limite pequeno.

Em altitude → O ar é menos denso, a potência disponível do motor é menor, a potência necessária do motor é maior, é portanto, mais difícil conseguir sustentação, logo, a acft não pode inclinar muito e o raio limite descrito pela mesma é maior do que próximo ao nível médio do mar.

IMPORTANTE:

Quanto mais se aumentar a altitude, maior será o raio limite até atingir o teto absoluto onde o avião mal consegue manter voo em linha reta horizontal e é impossível inclinar sem estolar.



COMANDOS EM CURVA

INICIAR UMA CURVA

Inicialmente deve ser comandar aileron para o lado da curva pretendida. Conforme se inclina, deve-se, suavemente, aplicar pedal no mesmo sentido da curva (corrigir a guinada adversa). Se a acft iniciar um leve movimento descendente conforma a inclinação aumenta deve-se cabrar gradativamente o manche a fim de evitar este movimento e manter a curva em voo nivelado. Se mesmo com o ângulo de ataque elevado a acft continuar com tendência de descer, deve-se aplicar gradativamente potência para contrapor esta tendência e a quantidade de arrasto criada pelo aumento do ângulo de ataque.

IMPORTANTE: Durante a curva, a asa externa estará voando com uma velocidade ligeiramente superior se comparado a asa interna e por isso haverá maior sustentação o que fará com que esta asa seja ainda mais elevada e aumente, portanto, a inclinação da curva. O piloto, com o objetivo de corrigir a inclinação demasiada deve comandar ailerons para o lado oposto a curva pretendida quando esta tendência ocorrer.

VELOCIDADE DE ESTOL EM CURVA

Velocidade de estol em curva é maior, logo é mais fácil atingi-la e portanto, mais perigoso. Em uma curva acentuada, o avião pode atingir o ângulo de ataque crítico antes e **ESTOLAR EM CURVA** o que favorece o início de um parafuso.

Em curvas muito acentuadas é aconselhável utilizar **POTÊNCIA**, para garantir que haja aumento da velocidade e o avião não estole. Após ultrapassar o ângulo crítico é possível voar, se houver muita sobra de potência, entretanto, para pequenos aumentos de ângulo de ataque será necessário um grande aumento de potência.





São dispositivos que permitem controlar a aeronave nos seus três eixos imaginários (Longitudinal, Transversal e Vertical) em um ponto específico denominado centro de gravidade – onde existe o cruzamento destes três eixos.

ESTABILIDADE E INSTABILIDADE

A força exercida na superfície reflete a estabilidade da aeronave. Se for necessária muita força para modificar o movimento da aeronave em um determinado eixo, a aeronave será mais estável e se for necessário pouca força para modificar o referido movimento, a aeronave será mais instável.

É MELHOR SER ESTÁVEL OU INSTÁVEL?

O ideal é que seja obtido um “MEIO TERMO” entre estabilidade e instabilidade, pois a aeronave precisa de ambos. É preciso estabilidade para manter a aeronave em um movimento contínuo e esta não se desestabilize por qualquer rajada de vento, por exemplo, mas também é necessário instabilidade porque sem ela não seria possível modificar o avião no espaço e este permaneceria sempre na mesma direção.

EIXOS

Os movimentos da acft ocorrem segundo 3 eixos imaginários. Toda vez que houver modificação nos eixos será devido a modificação aerodinâmica da respectiva superfície de comando.

Eixo longitudinal – AILERONS - curvar o avião para o lado/ inclinar as asas.

Eixo transversal/lateral - PROFUNDOR – para cima e para baixo.

Eixo vertical – LEME - desviar o nariz para um lado e para outro.

EIXO LONGITUDINAL

É acionado pelos ailerons, os quais são articulados no bordo de fuga das asas. Movendo os ailerons, através do manche, é possível efetuar o movimento de rolagem, rolamento, bancagem (bank) ou ainda inclinação lateral. Os Ailerons movimentam-se de forma simultânea e oposta modificando o perfil aerodinâmico e por isto as forças que agem nas asas.

EIXO TRANSVERSAL/LATERAL

Este movimento é efetuado através do manche, puxando-o ou empurrando-o. O respectivo momento é denominado Arfagem ou Tangagem. Ao acionar o manche desta forma, move-se o profundor, localizado na empenagem e articulado ao

bordo traseiro do estabilizador horizontal – modifica-se, desta maneira, as forças que agem na superfície e conseqüentemente, o movimento da acft.

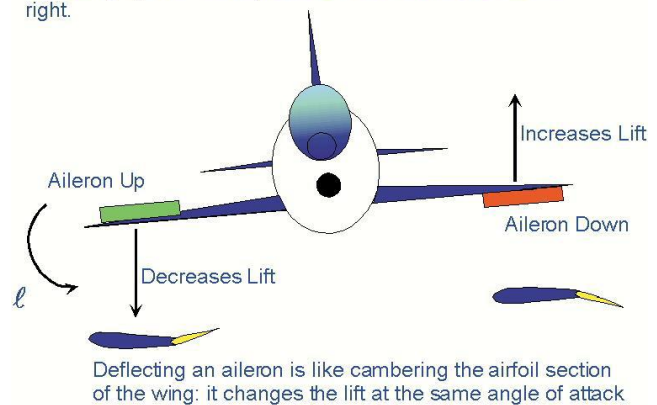
EIXO VERTICAL

O movimento efetuado no eixo vertical é denominado Guinada e é efetuado pelos pedais da acft que acionam o leme de direção, localizado na empenagem articulado no bordo de fuga do estabilizador vertical/deriva. Este movimento corresponde a girar o nariz da acft para a direita ou para a esquerda.

GUINADA ADVERSA

Em uma curva, o aileron defletido para baixo (aileron da asa que sobe) produz maior arrasto, logo a acft tende a guinar para o lado oposto a curva pretendida. Esse fenômeno da acft ter a tendência de sair para fora do raio da curva é denominado guinada adversa.

Deflecting right aileron up causes the aircraft to roll to the right.

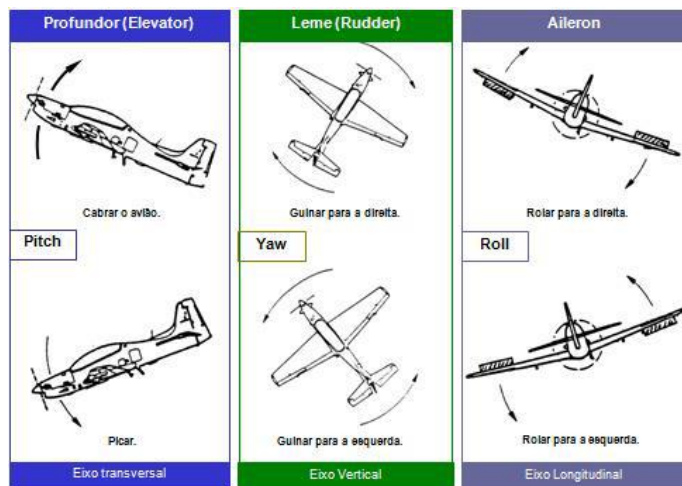


A principal forma de anular a guinada adversa é aplicar leme de direção no sentido oposto a guinada adversa, ou seja, para o lado da curva pretendida. Quando se pressiona pedal do lado da curva, cria-se um vetor que anula a guinada adversa e a aeronave pode descrever o raio de curva pretendido perfeitamente.

Outras soluções possíveis é equipar o avião com ailerons diferenciais ou ailerons do tipo frise. Ailerons diferenciais são ailerons que possuem o movimento/amplitude para cima maior do que para baixo, igualando assim os arrastos produzidos em ambas as asas. Ailerons do tipo frise são ailerons que possuem uma saliência dianteira que provoca maior arrasto quando se movem para cima – igualando novamente a quantidade de arrasto produzida em ambas as asas. Quando a quantidade de arrasto é igual nas asas a aeronave permanece no raio de curva correto sem escapar para nenhum dos lados.



OBS: Quando a acft é equipada com qualquer tipo de aileron modificado, não é preciso pressionar o pedal para coordenar as curvas.



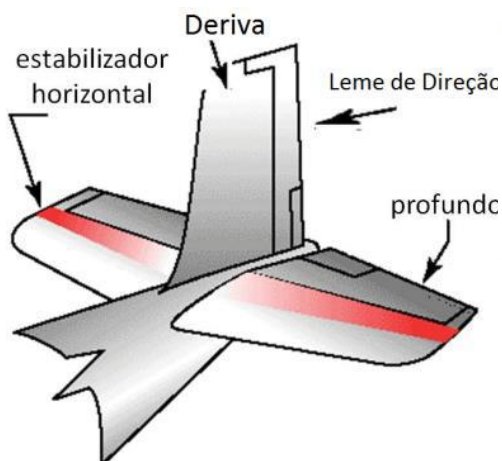
SUPERFÍCIES DE COMANDO

Produzem as forças necessárias para movimentar de forma controlada o avião. O movimento das superfícies modifica a forma como o fluxo de ar passa por elas e modifica a força criada, modificando, portanto, o movimento resultante.

SUPERFÍCIES DE PLANO FIXO

A maioria das acfts de treinamento é do tipo plano fixo + plano móvel.

Apenas o plano móvel move-se, modificando o fluxo de ar que passa e assim modificando as forças e movimento resultante. A parte fixa tem a função estabilizar o movimento, enquanto que a parte móvel tem a função de instabilizar e permitir modificação do movimento, tanto no plano vertical (deriva e leme de direção) quanto no plano horizontal (estabilizador e profundor).



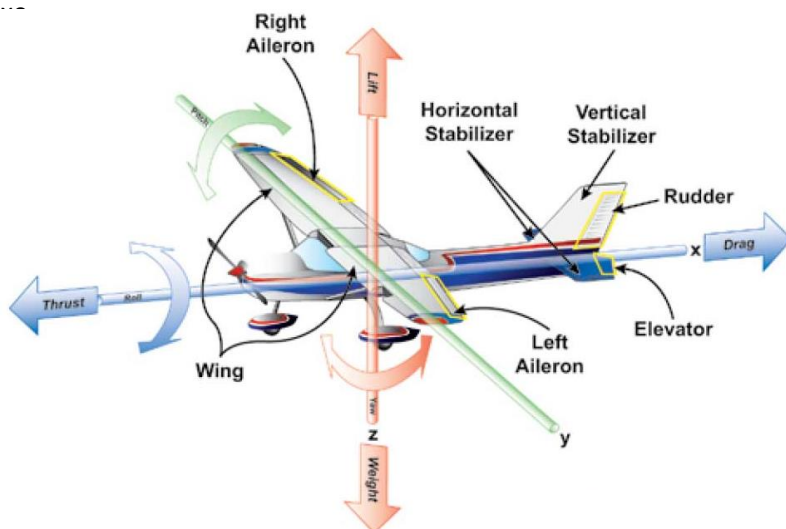
SUPERFÍCIES DE COMANDO SEM PLANO FIXO

Neste tipo de configuração a empennagem é toda móvel. Engenharia de projeto diferente, mas os efeitos considerados são os mesmos. É importante considerar, contudo que, como não existe plano fixo, a acft tende a ser mais sensível e mais instável.

COMPENSADORES

Algumas aeronaves possuem as superfícies de comando muito grandes e seria necessária muita força para movimentá-las. Os compensadores, tabs ou equilibradores são superfícies instaladas no bordo de fuga das superfícies de comando que permitem suavizar os esforços. São uma espécie de contrapeso aerodinâmico, ficam, por isso, sempre na condição oposta a superfície de comando. Os compensadores modificam a “forma total” da superfície, logo o vento relativo atinge de maneira diferente modificando a força e o movimento. É uma espécie de ajuste fino. Existem basicamente três tipos de compensadores: deslocamento do eixo de articulação, compensação por saliência e compensador automáticos.

Os compensadores, tabs ou equilibradores podem ser também classificados em fixos, comandáveis e automáticos. Os compensadores fixos são ajustados em solo, os comandáveis em voo e os automáticos – de forma automática durante o voo por um sistema específico sem que o piloto tenha que interferir.





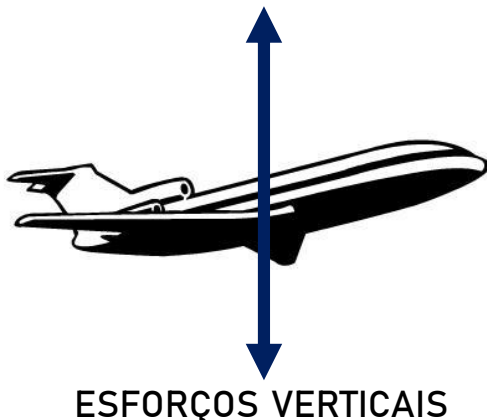
CONCEITO

Durante o voo a aeronave está exposta a forças que provocam esforços na estrutura. Independente do tipo de voo, seja voo em linha reta horizontal, subida, descida, planado, curvas... Esses esforços são gerados por cargas dinâmicas que aparecem durante a modificação de atitude do avião em relação ao espaço. Elas podem ser horizontais ou verticais. As cargas dinâmicas são fracas e pouco aparecem no voo, as cargas verticais, ao contrário, predominantes em qualquer tipo de voo e são muito importantes.

Cargas dinâmicas horizontais podem ser no sentido longitudinal ou transversal.



Cargas dinâmicas verticais



O fator de carga é o que gera o aparecimento de cargas dinâmicas na estrutura da aeronave. Fator de carga é a relação que existe entre a sustentação produzida por uma acft e o seu peso, conforme mostra a fórmula abaixo:

$$\text{Fator Carga} = \frac{L (\text{Sustentação})}{W (\text{Peso})}$$

VARIAÇÕES DE FATOR DE CARGA

Toda vez que houver modificação da sustentação envolvida no movimento, haverá variação do fator de carga. De uma maneira geral, pode-se dizer que em voo em linha reta horizontal o fator de carga é um; ao cabrar, maior que um; ao picar pode ser menor que um ainda positivo, zero ou negativo – dependendo da magnitude do comando aplicado. Se for descrita uma trajetória parabólica o fator de carga envolvido será igual a zero e se o comando for uma picada violenta, será negativo.

Quando o fator de carga é nulo, os objetos tendem a flutuar momentaneamente e quando o fator de carga é negativo os objetos tendem a ser lançados em direção ao teto da acft de forma brusca.

CAUSADORES DE FATORES DE CARGA ELEVADOS

Podem gerar fatores de cargas elevados: voo em curvas, manobras, rajadas de vento e recuperação de mergulhos.

VOO EM CURVA

Em curva nivelada, conforme visto no capítulo de voo em curva, a sustentação deve ser maior que o peso, logo o fato de carga é maior que um. Quanto maior for a inclinação, maior deverá ser a sustentação para contrapor peso e consequentemente, maior será o fator de carga envolvido. Em curva os fatores de carga poderão ser maiores ou menores, mas sempre serão positivos.

→ Curva inclinada 60º é preciso que a sustentação seja duas vezes o valor do peso, logo o fator de carga associado a 60º de inclinação lateral é de 2G.

→ Curva inclinada 90º teria o G infinitamente grande, porque a sustentação é infinitamente grande (tende ao infinito).



MANOBRAS

O piloto pode provocar grandes fatores de cargas em manobras se a sustentação for aumentada ou diminuída. Por isso, é muito importante conhecer os limites estruturais da aeronave. Cada avião possui os seus limites específicos, mas, de uma forma geral, pode-se dizer que aviões com finalidades diferentes terão limites diferentes:

Aviões de acrobacias

Fator de carga positivo máximo: 6G

Fator de carga negativo máximo: -3G

Em aviões de linha aérea

Fator de carga positivo máximo: + 2,5G

Fator de carga negativo máximo: -1G

Em aviões de treinamento

Fator de carga positivo máximo: +3,8G

Fator de carga negativo máximo: -1,5G

RAJADAS

Voando em linha reta horizontal o ângulo de ataque é pequeno - a sustentação é igual ao peso e o fator de carga é igual a 1. Se surgir uma rajada ascendente o ângulo de ataque aumentará bruscamente, aumentando a sustentação e consequentemente o fator de carga envolvido. Se este aumento for muito grande, poderá exceder limites estruturais e danificar a acft. Para evitar fatores de carga elevados em turbulência, deve-se reduzir a velocidade de acordo com as recomendações do fabricante do avião. Esta velocidade não pode ser muito baixa, pois a acft poderá estolar com o aumento do ângulo de ataque provocado por uma rajada ascendente e não pode ser muito alta, pois o avião ficará muito suscetível aos esforços gerados pela turbulência.

RECUPERAÇÕES DE MERGULHOS

Durante a recuperação de mergulho podem ocorrer grandes fatores de carga muito elevados. Durante um mergulho a velocidade do avião é muito elevada, devido ao movimento descendente que este executa. No momento da recuperação (inverter o voo descendente para ascendente) a asa deve produzir sustentação para contrapor o peso e subir, e ao mesmo tempo força centrípeta – afinal, o movimento de recuperação não deixa de ser uma trajetória circular – logo, existe também força centrípeta associada.

Um dos maiores problemas associados a recuperação de mergulhos é o estol de alta velocidade que ocorre quando o piloto, na tentativa de recuperar do mergulho cabra o manche bruscamente excedendo o ângulo de ataque crítico da asa e estolando a acft – ainda que com velocidade – afinal, a baixa velocidade é consequência do estol – mas não é necessário haver baixa velocidade para ocorrer estol – o ângulo de ataque crítico apenas precisa ser ultrapassado.

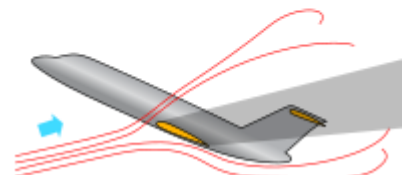
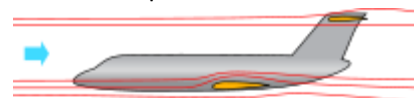
Se ocorrer um estol de alta velocidade no momento da recuperação, deve-se ceder o manche a fim de que o nariz da acft baixe e ganhe energia na asa. A partir deste momento, o piloto pode novamente cabrar o manche, porém agora de uma forma suave para que a asa consiga criar sustentação suficiente para contrapor o peso e criar ainda força centrípeta – permitindo o movimento circular da recuperação do mergulho.

IMPORTANTE: Durante a recuperação de um mergulho, perde-se impreterivelmente altitude, logo, a manobra deve ser iniciada a uma certa altura do solo para que não ocorram acidentes.

IMPORTANTE: Se a acft entrar em estol de velocidade, para a recuperação do voo normal será perdida mais altitude – logo, a distância do solo é um fator que deve-se ter muita atenção, pois se estiver muito próximo do solo a acft não conseguirá ganhar energia e subir novamente.

ESTOL DE VELOCIDADE – ACFTS COM CAUDA EM T EM T

Em aviões que possuam a cauda em T, a recuperação pode ser impossível – porque quando a acft está com ângulos de ataque elevados, o profundor fica envolto por ar turbilhonado o que torna ineficiente os comandos – tornando impossível a recuperação. A solução para estol nesta acfts é instalar dispositivos que avisem o piloto antes da acft estolar, dando tempo para este retirar a condição de estol antes mesmo que ela ocorra.





CONCEITO

É a fase em que o avião levanta voo. É também a fase na qual o avião adquire sustentação mínima para sair do chão com segurança. Acfts de pequeno porte realizam esta fase com potência máxima por segurança.

CORRIDA DE DECOLAGEM

É durante a corrida para decolagem que o avião adquire velocidade e assim consegue gerar sustentação. A corrida possui basicamente três fases: inicial, intermediária e final.

A **fase inicial** consiste na aplicação de potência e o início da movimentação da acft sobre a pista. É preciso vencer a inércia, pois anteriormente à aplicação de potência a acft encontrava-se parada. Aplica-se, portanto, potência máxima – porém, como a velocidade ainda é baixa a hélice não aproveita o ar para gerar força, apenas faz vento – o recuo da hélice, portanto, é muito grande. Além disso, nesta fase o atrito é muito grande, pois não existe nada de sustentação para contrapor o peso.



Na **fase intermediária** a acft já está com velocidade superior à primeira, logo a hélice consegue aproveitar melhor o ar, gerando mais tração – sendo, portanto, o recuo menor. Devido ao aumento da velocidade, aparece sustentação – não o suficiente para decolar com segurança, mas o suficiente para contrapor o peso e aliviar o mesmo das rodas da aeronave – gerando menor atrito.



Na **fase final** a acft já está veloz e gerando sustentação suficiente para sair do chão com segurança. A velocidade para sair do chão corresponde a velocidade de rotação e esta é cerca de 120 a 130% da velocidade de estol. O atrito do avião com o solo é praticamente nulo porque existe pouco contato das rodas com o solo, já que a sustentação contrapõe parte do peso.





FINAL DA FASE DE DECOLAGEM

Inicia-se a fase de subida. Devem-se seguir as instruções do manual de voo do avião. Basicamente os fabricantes aconselham decolar com potência máxima e em uma altitude de segurança (cerca de 400 pés acima do terreno) deve-se fazer redução de potência, ajustar

passo de hélice, se houver, e limpar a acft (recolher trem e pouso, flaps) e ainda desligar bombas de combustível e farol de pouso.

OBS: O atrito do pneu com a pista será tanto maior quanto mais macia for a pista. (concreto, asfalto, grama e terra)

DECOLAGEM DE AVIÃO COM TREM DE POUSO CONVENCIONAL

Acfts que possuam trem de pouso do tipo convencional devem levantar a cauda na corrida de decolagem, com o objetivo de reduzir o ângulo de ataque para reduzir o arrasto e adquirir velocidade mais rapidamente, consumindo menos pista e saindo do solo com segurança. Se a cauda não fosse levantada, a acft atingiria a velocidade de estol e

sairia da pista, devido ao seu ângulo de atitude ser elevado, entretanto, com o aumento da altitude perderia velocidade e estolaria próximo à pista – que consiste um grande perigo devido a proximidade com o solo.

OBS: Os flaps facilitam a decolagem, desde que sejam utilizados de acordo com as instruções do fabricante. Geralmente existem três posições de flap; a primeira gera mais sustentação do que arrasto – por isso é mais indicado para decolagens normais. A segunda gera mais sustentação ainda, mas possui um incremento de arrasto maior que a primeira – por isso é indicado para decolagens curtas. A terceira posição e flap gera muito arrasto e é indicada apenas para pousos

VENTO DURANTE A DECOLAGEM

Se houver vento, a decolagem deve ser feita com vento de proa com a finalidade de diminuir a distância de decolagem, aumentar o ângulo de subida - ainda assim deve-se respeitar a velocidade de rotação (120 a 130% da velocidade de estol) - desta forma, se o vento diminuir repentinamente o avião permanecerá seguro.

CONDIÇÕES IDEAIS PARA DECOLAGEM

Baixa altitude, baixa temperatura, ar seco, pista em declive e vento de proa.





CONCEITO

Pouso é a fase em que o avião tem o objetivo de tocar o solo e permanecer neste. Pode ser conceituada também como uma “Queda controlada”. Existem basicamente dois tipos de pouso: pouso três pontos e pouso de pista.

POUSO TRÊS PONTOS

Esta técnica de pouso é mais utilizada por aviões com trem de pouso convencional. Neste tipo de técnica o avião é induzido gradativamente ao estol à medida que perde altura e se aproxima da pista. No momento que ele toca a pista deve estar posicionado de uma forma que as três rodas toquem o solo ao mesmo tempo. Este tipo de pouso é a “Legítima queda controlada”, pois o avião estola, porém na posição correta e próximo ao solo.

POUSO DE PISTA

Nesta técnica de pouso o avião toca o solo com uma velocidade maior do que no pouso três pontos, pois o avião vai até o solo com o motor funcionando em um regime de potência superior a marcha lenta. Como o avião prossegue até o toque no solo com motor, não ocorre o estol – isto deixa, inclusive, o avião mais estável – sendo uma técnica muito utilizada quando o vento cruzado é muito forte. Após o pouso, deve-se retirar potência e frear gradativamente a acft até uma velocidade segura para efetuar o taxi.

A técnica pode ser empregada por aviões com trem de pouso convencional ou triciclo. Quando a acft que executa o pouso de pista é uma acft com trem de pouso convencional, entretanto, existe maior risco de “pilonagem” e “cavalo de pau”, pois o CG destas acfts está localizado muito a frente, próximo ao nariz da aeronave.

PILONAGEM

Pilonagem é quando a acft, por algum motivo (roda emperrada, buraco no solo, comando inadequado...) mergulha com o nariz no solo.



CAVALO DE PAU

O cavalo de pau ocorre quando a acft logo após o pouso, ainda com a velocidade relativamente alta efetua uma curva de aproximadamente 180º no solo. O cavalo de pau pode ser resultado de um comando de curva mal executado no pouso ou aplicação incorreta dos pedais no pouso e por isso a acft tende a executar giro incontrolável. Ocorre principalmente em pousos, quando a acft encontra-se instável.

CONDIÇÕES IDEAIS PARA O POUSO

Baixa altitude, baixa temperatura, ar seco, pista em aplainado e vento de proa.

Obs: Os flaps permitem aproximar com maiores ângulos e menores velocidades.

Obs: Slots e slats também fazem o mesmo, mas obrigam o avião a levantar exageradamente o nariz.





EQUILÍBRIO

É um conceito relacionado ao estado de um sistema ou mais sistemas no qual não ocorrem mudanças no total que possam ser observados claramente, ou seja, no qual cada alteração é compensada (ou equilibrada) por outra(s) complementar(es).

TIPOS DE EQUILÍBRIO

Equilíbrio estável; equilíbrio instável; equilíbrio indiferente. O tipo de equilíbrio definirá posteriormente o tipo de estabilidade.

ESTABILIDADE

É a habilidade própria de um corpo, após ter seu equilíbrio perturbado, de desenvolver forças ou momentos para trazê-lo de volta a sua posição original.

TIPOS DE ESTABILIDADE

Estabilidade estável, estabilidade instável e estabilidade indiferente.

IMPORTANTE: É importante distinguir a diferença entre equilíbrio e estabilidade. EQUILÍBRIO refere-se ao estado do objeto e ESTABILIDADE refere-se a tendência que ele adquire após ter o seu equilíbrio perturbado.

ESTABILIDADE LONGITUDINAL

É a estabilidade do avião em relação ao eixo LATERAL. Se este avião receber uma rajada de vento que levante o nariz, sem que o piloto atue nos comandos de vôo, qual será a reação do avião?

O avião estável tenderia a voltar ao equilíbrio. O “avião instável” tenderia a afastar-se cada vez mais do equilíbrio e o avião indiferente tenderia a continuar fora do equilíbrio sem afastar-se muito e sem voltar ao equilíbrio.

OBS: ESTABILIDADE LONGITUDINAL → EIXO LATERAL → ESTABILIZADOR HORIZONTAL É O RESPONSÁVEL PELA ESTABILIDADE LONGITUDINAL.

A estabilidade é associada ao avião, assim como as partes que o compõem. As partes (peças que compõem o avião podem ser estaticamente estáveis ou instáveis). As partes estáveis permitem que o avião seja controlado e não se desestabilize a cada movimento das superfícies de comando e as partes (peças instáveis) permitem que seja possível modificar a posição do avião no ar.

QUAL O TIPO DE ESTABILIDADE DE UMA ASA?

A asa precisa ter o perfil assimétrico para gerar sustentação - é um componente, que com um pequeno movimento (aumento do ângulo de ataque) já gera uma grande força (sustentação) e quanto maior for esse movimento, maior será a força envolvida. Trata-se portanto de um componente estaticamente instável.

QUAL O TIPO DE ESTABILIDADE DO ESTABILIZADOR HORIZONTAL?

O estabilizador é um componente que faz o avião retornar a posição de equilíbrio inicial (antes de ter sido perturbado). Se o piloto aumenta o ângulo de ataque, por exemplo, a asa gera sustentação, o cp é deslocado pra frente - se existe sobra de energia (potência ou velocidade) a aeronave sobe com uma determinada angulação. Quando o ângulo de ataque é aumentado, o estabilizador produz uma força que eleva a cauda do avião – impedindo que esse ângulo seja excessivo e desestabilize muito o voo.

O AVIÃO

O resultado final da união das partes estáveis + instáveis deve tornar o avião mais estável do que instável. Todo avião deve ser estaticamente estável, mas isso não significa que todas as suas peças tenham que ser. Para que o avião seja estaticamente estável deve ter nariz pesado, portanto o CG deve estar localizado a frente do CP. Desta forma, se o avião receber uma rajada de vento ascendente o ângulo de ataque não aumentará repentinamente, pois a cauda subirá e o nariz ficará mais em baixo – diminuindo, desta forma, o ângulo de ataque o que acaba neutralizando os efeitos da rajada.

COMPORTAMENTOS DE UM AVIÃO ESTATICAMENTE ESTÁVEL

Existem basicamente dois comportamentos característicos que podem ser percebidos:

- 1) Ao reduzindo o motor o avião automaticamente baixa o nariz iniciando uma descida – o que evita a perda de velocidade e consequente estol.
- 2) Para baixar o nariz é preciso fazer força no manche para frente. Se largarmos o manche o avião volta para a posição de voo nivelado.



AVIÃO ESTATICAMENTE ESTÁVEL

Para que um avião seja pilotado é preciso que o conjunto de suas partes o deixem estaticamente estável necessariamente, ou seja, quando tiver o seu equilíbrio perturbado a acft tenderá a voltar para a condição inicial. Apenas esta classificação, entretanto, não é suficiente, porque mesmo um avião estaticamente estável ao ter seu equilíbrio perturbado pode apresentar três tipos de comportamentos diferentes e para determinar isso existe uma outra classificação quanto a sua dinamicidade.

Dinamicamente estável; dinamicamente instável e dinamicamente indiferente.

Avião dinamicamente estável - Após ter seu equilíbrio perturbado volta ao equilíbrio e logo se estabiliza com uma ou duas oscilações.

Avião dinamicamente instável - Após ter o seu equilíbrio perturbado tenta voltar ao equilíbrio muito fortemente e por isso oscila muito antes de retornar a condição inicial.

Avião dinamicamente indiferente - Após ter seu equilíbrio perturbado tenta voltar ao equilíbrio ora aumentando as oscilações e ora diminuindo, em um movimento aleatório até retornar a condição inicial.





Os conceitos de Equilíbrio e estabilidade citados no capítulo anterior permanecem iguais e devem ser lembrados para o entendimento da estabilidade lateral.

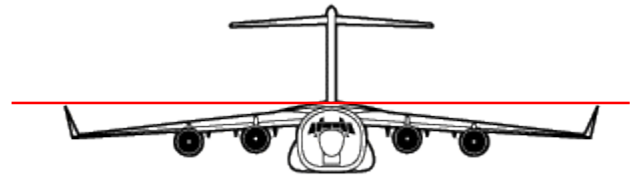
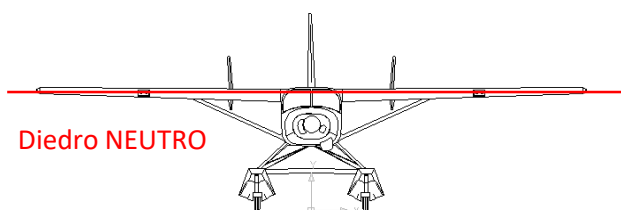
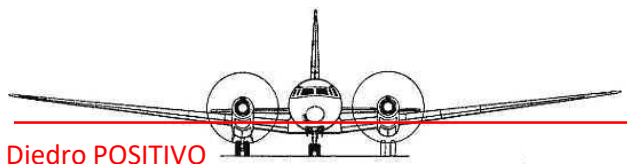
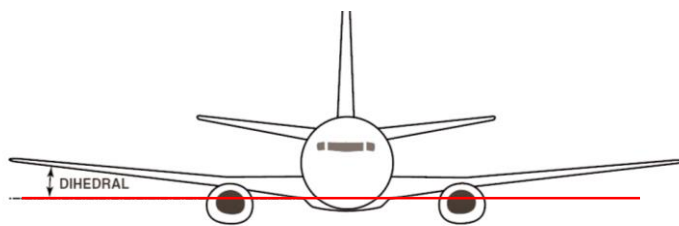
A estabilidade lateral é relacionada com o eixo longitudinal do avião. Se o avião recebe uma rajada de vento que levante uma das asas, o movimento que ele adquirirá depende da estabilidade lateral associada a este avião. Em um avião estaticamente estável o avião perturba-se inicialmente, mas logo após as primeiras oscilações, retorna ao movimento inicial. Em um avião Estaticamente indiferente ele se perturba e não tende a voltar a posição inicial e em um avião estaticamente instável as oscilações tendem a aumentar cada vez mais e o avião se afasta cada vez mais da condição inicial.

A Estabilidade Lateral é menos importante que a longitudinal, pois os esforços laterais de um avião em voo são geralmente pequenos. Existem basicamente cinco fatores que influenciam a estabilidade lateral de uma aeronave: diedro, enflechamento, efeito de quilha, efeito de Fuselagem e distribuição dos pesos.

DIEDRO

Ângulo formado entre o plano do intradorso e o plano do eixo transversal.

Aumentando-se o ângulo de diedro, ou seja diedro positivo, aumenta a estabilidade lateral da acft e diedro negativo diminui a estabilidade associada a este eixo.



Diedro NEGATIVO

Diedro positivo → Estaticamente estável

Diedro negativo → Estaticamente instável

Diedro nulo → estaticamente indiferente

ENFLECHAMENTO

É a inclinação das asas para frente ou para trás. Para frente define-se como enflechamento negativo e para trás define-se como enflechamento positivo. O enflechamento positivo aumenta estabilidade, enquanto que o enflechamento negativo diminui a estabilidade.

Enflechamento positivo → Estaticamente estável

Enflechamento negativo → Estaticamente instável

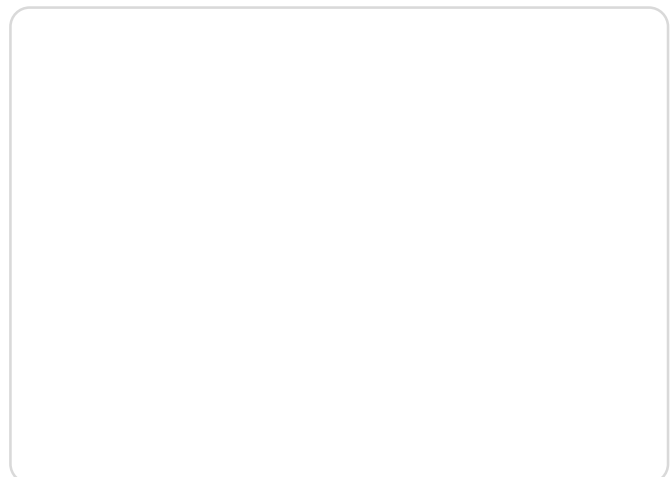
Enflechamento nulo → estaticamente indiferente

EFEITO DE QUILHA

O vento que incide lateralmente na aeronave produz forças laterais e pode tornar o avião instável ou estável. Tudo depende do tamanho da área lateral acima e abaixo do cg – consequentemente, tudo depende da posição do CG.

O avião se torna mais estável lateralmente quando a área lateral acima do CG é maior que a área lateral abaixo do CG, pois desta forma o momento da acft é menor e os esforços laterais externos e esforços durante as manobras da acft serão percebidos de menor forma.

Desenhe segundo referência da aula o avião com cg abaixo:





O avião se torna mais instável lateralmente quando a área acima do cg é menor do que a área abaixo, ou seja, se o cg está localizado muito acima. Isto porque o momento da acft fica maior e a resposta as forças externas e durante manobras da acft serão maiores.

Desenhe segundo referências da aula o avião com cg mais acima:



EFEITO DE FUSELAGEM

O efeito da fuselagem sempre diminui a estabilidade, pois prejudica a passagem do ar e consequentemente que ele gera as forças que deveria gerar.

DISTRIBUIÇÃO DOS PESOS

Quando o avião é asa alta a estabilidade é aumentada e quando o avião possui asas baixas a estabilidade é diminuída. Isto porque quando um avião é asa alta o próprio avião funciona como um pêndulo, aumentando a estabilidade e em curvas não há acréscimo de forças. Em aviões de asa baixa o peso da fuselagem fica “suspense” nas asas, aumentando a instabilidade, pois existe um momento maior que desequilibra o avião durante as manobras. A tendência de curvar, por exemplo, é sempre aumentada pelo efeito da fuselagem.

ESTABILIDADE x INSTABILIDADE

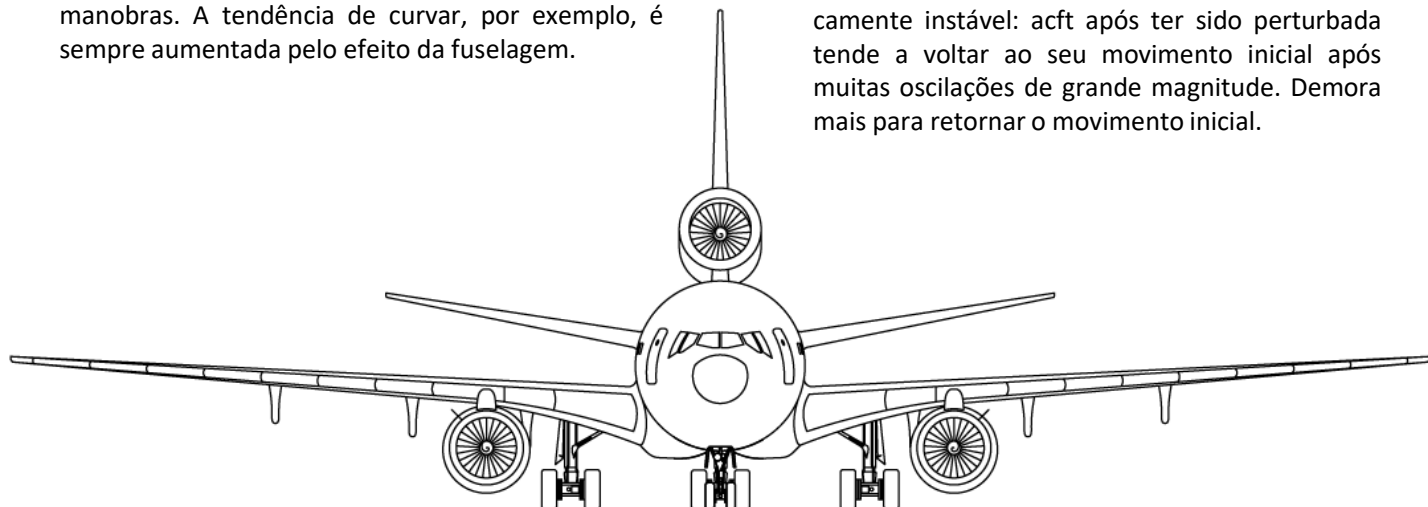
A estabilidade excessiva faria com que a acft mantivesse sempre a mesma direção e não fosse manobrável e a instabilidade excessiva faria com que a acft modificasse muito o seu movimento a qualquer mínimo comando. Por esta razão é preciso obter um meio termo, para que a acft seja estável – para manter um determinado movimento e seja instável para que seja possível manobra-la sem maiores dificuldades. Por esta razão as acfts combinam elementos estabilizadores e elementos instabilizadores.

O resultado desta conta deve ser uma aeronave **ESTATICAMENTE ESTÁVEL** para que ao ter o seu movimento perturbado ela tenda a voltar para a condição inicial.

ESTABILIDADE DINÂMICA LATERAL

Toda aeronave, portanto, para ser acft deve ser estaticamente estável para que possa de fato voltar ao movimento inicial, entretanto a magnitude com que o movimento é retomado pode variar de três formas distintas. E a forma como a acft volta ao movimento inicial é a definição da estabilidade dinâmica lateral.

- ➔ Aeronave estaticamente estável e dinamicamente estável: acft após ter sido perturbada volta rapidamente ao movimento inicial.
- ➔ Aeronave estaticamente estável e dinamicamente indiferente: acft após ter sido perturbada tende a voltar ao seu movimento inicial após algumas oscilações que podem ser grandes ou pequenas.
- ➔ Aeronave estaticamente estável e dinamicamente instável: acft após ter sido perturbada tende a voltar ao seu movimento inicial após muitas oscilações de grande magnitude. Demora mais para retornar o movimento inicial.





A estabilidade direcional é relacionada com o eixo vertical. Quando ocorre uma instabilidade no eixo vertical a acft tende a guinar para ambos os lados com magnitudes e tendências que dependem da estabilidade direcional da acft. O efeito pode ser percebido em qualquer acft ao pressionar e aliviar o pedal.



Um avião em relação ao eixo vertical pode ser:

- Estaticamente estável: quando após oscilações no eixo vertical retorna ao movimento inicial.
- Estaticamente indiferente: a acft oscila tanto com grande quanto com baixa intensidade e continua sempre fora da condição inicial, sem mais retornar a esta.

- Estaticamente instável: A acft oscila cada vez mais com uma intensidade cada vez maior e se afasta cada vez mais da condição inicial de equilíbrio.

A estabilidade direcional é menos importante que a estabilidade longitudinal, pois os esforços que resultam na estrutura do avião não são muito grandes, se comparados com o eixo longitudinal (picar e cabrar). Se uma acft for um pouco instável direccionalmente não existe risco estrutural relacionado com a acft, será apenas incomodo do controlar a acft e esta terá sempre uma tendência de guinar para um dos lados.

Existem dois fatores que influenciam na estabilidade direcional: Enflechamento e Efeito de Quilha.

ENFLECHAMENTO

Enflechamento positivo favorece a estabilidade direcional e o enflechamento negativo desfavorece a estabilidade da acft.

Por que o enflechamento positivo favorece a estabilidade?

Durante uma glissada ou derrapagem o enflechamento positivo faz com que a asa que esta para o lado de dentro da derrapagem fique mais exposta ao vento relativo e gere mais sustentação, sendo assim a sustentação faz com que o nariz da acft estabilize-se novamente.

EFEITO DE QUILHA

Quanto maior for a área lateral atrás do CG maior será a estabilidade do avião.



Quanto maior for a área lateral a frente do CG maior será a instabilidade.



ESTABILIDADE

Para que um avião seja produzido é necessário que ele seja estaticamente estável direccionalmente ou seja, ele precisa ter a tendência de voltar ao movimento inicial após ter sido retirado deste, entretanto ele pode ser dinamicamente estável, instável ou indiferente – classificação que se refere a magnitude em que o avião tende a retornar ao equilíbrio inicial.

- Aeronave estaticamente estável e dinamicamente estável: acft após ter sido perturbada volta rapidamente ao movimento inicial.

- Aeronave estaticamente estável e dinamicamente indiferente: acft após ter sido perturbada tende a voltar ao seu movimento inicial após algumas oscilações que podem ser grandes ou pequenas.

- Aeronave estaticamente estável e dinamicamente instável: acft após ter sido perturbada tende a voltar ao seu movimento inicial após muitas oscilações de grande magnitude. Demora mais para retornar o movimento inicial.



O parafuso é uma manobra intencional ou não em que a trajetória descrita é descendente em espiral – durante essa trajetória o controle pode ser facilmente perdido.

CONCEITO

O Parafuso ocorre quando o avião por algum motivo entra em ESTOL ASSIMÉTRICO.

OBS: O estol simétrico é quando ambas as asas estolam ao mesmo tempo, sendo assim a aeronave cai cruzando a linha do horizonte sem ter tendência para nenhum dos lados. A aeronave estola, portanto, simetricamente. Quando uma das asas, por algum motivo (torque do motor, uso de ailerons próximo ao estol...) estola antes, a aeronave terá a tendência de cair para um dos lados e a probabilidade da acft entrar em parafuso posteriormente é muito grande. O Parafuso pode ser acidental ou induzido. Dificilmente é uma manobra treinada nas escolas de aviação uma vez que consiste um perigo muito grande e um risco desnecessário.

PARAFUSO ACIDENTAL

O parafuso acidental ocorre quando há estol assimétrico, este pode ocorrer por torque do motor, asas com incidências diferentes, uso de ailerons próximo ao estol e curvas.

TORQUE DO MOTOR

O torque é o esforço proveniente do movimento rotacional. O torque do motor ocorre no sentido contrário ao sentido de rotação, ele é uma espécie de reação da rotação da hélice. Quando o avião está próximo ao ângulo o avião fica com pouca velocidade/energia. Se o estol for realizado com potência o torque será ainda mais pronunciado e quando a acft estiver excedendo o ângulo de ataque crítico terá uma grande tendência de cair em direção ao torque do motor e girar em parafuso para este lado posteriormente.

ASAS COM INCIDÊNCIA DIFERENTE

Para compensar o torque do motor em voo de cruzeiro, alguns aviões são projetados com asas de incidências diferentes. Esta correção favorece a performance do voo em correção. Próximo ângulo de ataque crítico essa situação é ruim, uma vez que faz com que uma das asas estole antes da outra – gerando um estol assimétrico. A condição de asas com incidências diferentes, portanto, agrava o estol.



Berry Ross

USO DE AILERON

Próximo ao ângulo crítico, qualquer movimento influenciará o avião para um dos lados, provocando o parafuso. Se o piloto aplicar ailerons próximo ao estol o avião tenderá para um dos lados, fazendo o avião entrar em parafuso para este lado. Por isso, durante o estol induzido (simétrico), no caso de treinamentos, nas proximidades do estol deve ser aplicado apenas pedal para corrigir qualquer tendência da acft de cair para um dos lados.

CURVAS

Durante uma curva muito inclinada a força centrípeta é muito grande e a sustentação diminui e deve ser aumentada através do aumento do ângulo de ataque e/ou velocidade para que o voo em nivelado possa ser obtido. O ângulo, portanto, em curvas sempre está alto e por isso, mais próximo do ângulo de ataque crítico. Além disso, durante as curvas o peso aparente da aeronave se torna maior, o que aumenta a velocidade de estol. O valor da velocidade de estol depende da inclinação das asas, o piloto não sabe exatamente qual é a velocidade de estol em curva. Por este motivo, devem-se realizar as curvas com uma velocidade sempre alta e constante – mantendo-se sempre longe da velocidade de estol. Se a velocidade for atingida e o ângulo for ultrapassado a acft estolará em curva o que proporciona muito a entrada em parafuso de forma bastante acentuada.

O efeito de diedro também aumenta ainda mais a tendência da acft estolar em curva. O avião tende a glissar em direção a asa que baixa.



TÉCNICA DE PILOTAGEM PARA ENTRAR EM PARAFUSO

Deve-se colocar o motor em regime de marcha lenta erguer gradualmente o nariz do avião de forma que ele vá perdendo velocidade e tendo o seu ângulo aumentado até o estol. Quando este ocorrer deve-se pressionar um dos pedais induzindo o avião a cair para este lado em parafuso. A imagem abaixo exemplifica a situação:

TÉCNICA DE PILOTAGEM PARA SAIR DO ESTOL

Inicialmente deve-se interromper a rotação do parafuso pressionando fortemente o pedal do lado contrário a rotação do avião. Ao sair do mergulho rotacional deve-se cabrar gradativamente o manche – essa recuperação deve ser gradativa, caso contrário haverá estol de velocidade.

Quando a rotação cessa velocidade que antes estava baixa, devido ao arrasto existente durante o movimento rotacional, aumenta rapidamente. Por isso, a recuperação deve ser iniciada sem demora.

Os parafusos não significam perigo quando treinados de forma correta, por pessoas treinadas e quando executados a uma ALTURA segura.

ESTOL DE VELOCIDADE

O estol de velocidade ocorre quando a acft está com uma velocidade muito alta e o ângulo de ataque crítico é excedido. Mesmo que a acft esteja com muita velocidade, a acft irá estolar. Na verdade, qualquer estol ocorre devido ao ângulo de ataque ter sido excedido – a diminuição da velocidade é simplesmente uma consequência deste aumento de ângulo. No estol de velocidade a acft estola por ângulo de ataque, porém não há diminuição da velocidade – uma vez que esta está em movimento descendente acentuado.

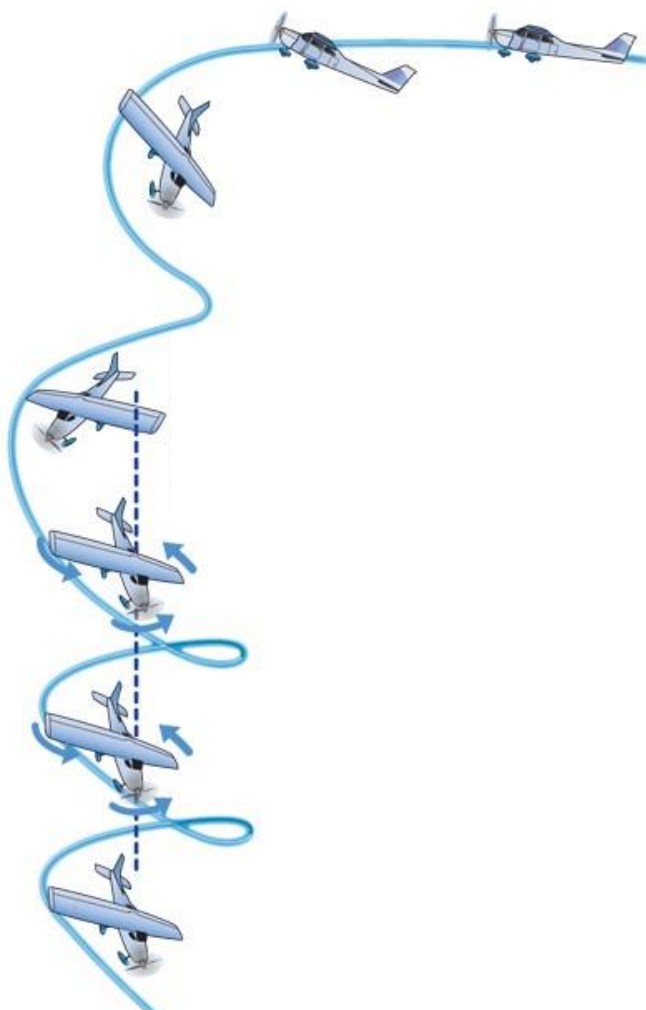
PARAFUSO CHATO

Após dar algumas voltas em parafuso normal, aviões com cauda pesada (cg posicionado mais atrás do que o normal) tendem a erguer o nariz e baixar a cauda. Eles saem do parafuso normal e entram em um parafuso denominado parafuso chato – que constitui ainda mais perigo do que o primeiro. Neste parafuso a acft fica na atitude de cruzeiro, rotacionando e descendo. A figura abaixo exemplifica o movimento. A Recuperação por comandos do parafuso chato é impossível. A única solução possível é alterar o CG para frente para baixar o nariz do avião. Assim a acft consegue entrar em um parafuso normal e recuperar através dos comandos.

IMPORTANTE: CG – Centro de Gravidade - Ponto no qual teoricamente todo peso do objeto se concentra. Ponto no qual todos os eixos do avião se cruzam.

No parafuso chato, o avião desce girando em torno de si. O ar escoia praticamente a 90° em relação ao eixo longitudinal do avião. Existe uma forte turbulência que envolve o profundor e leme – tornando-os ineficazes – o que impossibilita a recuperação através dos mesmos.

Durante o parafuso, a turbulência cria forte arrasto, o que diminui consideravelmente o tempo de queda (razão de descida), comparando com um parafuso normal. Existe, portanto, mais tempo para agir. O parafuso chato é sempre acidental, depende das características do avião, não depende dos comandos do piloto e é característico de aviões com cauda pesada. Neste tipo de acft, deve-se iniciar a recuperação do parafuso normal logo, antes que ele entre em parafuso chato. O parafuso chato também é denominado AUTO-ROTAÇÃO; pois após iniciado ele mesmo mantém a sua rotação



Piloto Privado

Meteorologia Aeronáutica

Instrutora
Karen Fagundes Kaefer



INTRODUÇÃO A METEOROLOGIA

Ciência que estuda os fenômenos que ocorrem na atmosfera.

Existem basicamente dois tipos de Meteorologia:

- **Meteorologia Pura:** Estudo da meteorologia dirigido para o campo da pesquisa.

- **Meteorologia Aplicada:** É o emprego prático da meteorologia.

Exemplos: Aeronáutica, Marítima, Agrícola, Industrial, Espacial, etc.

METEOROLOGIA AERONÁUTICA

É o ramo da meteorologia aplicada que trata dos fenômenos atmosféricos tendo em vista a segurança e a economia das atividades aéreas.

Este tipo de serviço está estruturado para fornecer informações meteorológicas se dividindo em observação, divulgação, coleta, análise e exposição.

a) **Observação** – é a verificação visual e instrumental dos elementos que representam as condições meteorológicas num dado momento e num dado local, podendo ser realizada pela

b) **Divulgação** – é a transmissão dos dados observados para que outros locais tomem

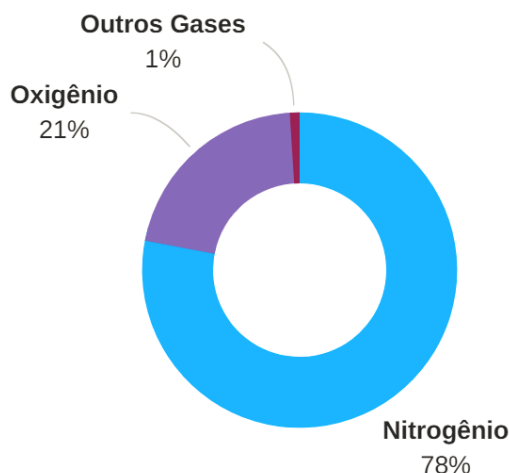
c) **Coleta** - é a recepção dos dados de uma determinada região para um conhecimento mais amplo das condições meteorológicas.

d) **Análise** – é o estudo e a interceptação das observações coletadas tendo em vista o apoio aeronáutico a ser fornecido sob a forma de previsão do tempo. (WAFC, CNMA, CMA, CMV, CMM).

e) **Exposição** – dos dados observados ou previstos para consulta dos usuários. (AIS, telefone e internet. (DECEA).

ATMOSFERA

O ar que compõe a Atmosfera da Terra é composto pelos seguintes gases:



O vapor de água, elemento mais importante para a meteorologia, não faz parte da composição do ar atmosférico, usando-o apenas para transporte, variando de 0 a 4%.

Do ponto de vista meteorológico o ar classifica-se em:

Seco: apresenta 0% de vapor de água
Úmido: de 0 a 4% de vapor de água
Saturado: 4% de vapor de água

SECO

Nitrogênio	78%
Oxigênio	21%
Outros	1%
Vapor de Água	0%

SATURADO

Nitrogênio	75%
Oxigênio	20%
Outros	1%
Vapor de Água	4%

A quantidade de energia solar que atinge o limite superior da atmosfera apresenta um valor quase constante de 1,94cal/cm /min, que é a constante solar.

INSOLAÇÃO é a quantidade de energia solar que atinge a superfície terrestre, após sofrer os efeitos da filtragem seletiva.

A filtragem seletiva que a atmosfera exerce sobre a radiação solar processa-se através da absorção, difusão e reflexão.

ABSORÇÃO

Ocorre na ionosfera.

Os raios gama, raios X e raios ultravioletas penetrantes são absorvidos na Ionosfera.



DIFUSÃO

Quando a luz passa através de um meio cujas partículas tenham diâmetro menor que o comprimento de onda da própria luz, uma parte dela é espalhada ou difundida em todas as direções.

A difusão é efetiva para as ondas de menor comprimento e a luz de mais fácil difusão na atmosfera é a de cor azul, dando essa coloração ao céu.

REFLEXÃO

Uma boa parte da radiação solar de natureza luminosa é refletida de volta para o espaço, principalmente pelas nuvens e pela superfície da terra. Com vistas ao efeito de reflexão, chama-se ALBEDO.

É a razão entre a quantidade de radiação refletida pela superfície da Terra e a radiação proveniente do Sol.

-Altas taxas de albedo: areia, neve e topo de nuvens.

-Baixas taxas de albedo: florestas e terra fresca.

CAMADAS DA ATMOSFERA

TROPOSFERA

É a primeira camada em contato com a superfície terrestre que é onde nós vivemos.

Sua altura atinge:

De 7 a 9 km de altura nos pólos

De 13 a 15km de altura nas latitudes temperadas.

De 17 a 19 km na região equatorial.

Na troposfera ocorre a totalidade dos fenômenos meteorológicos devido estar em contato com a terra.

Características existentes:

- Alta porcentagem de vapor de água;
- Presença de núcleos de condensação; (também conhecidos como núcleos higroscópicos)
- Aquecimento e resfriamento por radiação.

A característica principal da troposfera é a variação vertical da temperatura, também chamado “gradiente térmico normal”.

0,65 graus celsius para cada 100 metros

2 graus celsius para cada 1000 pés

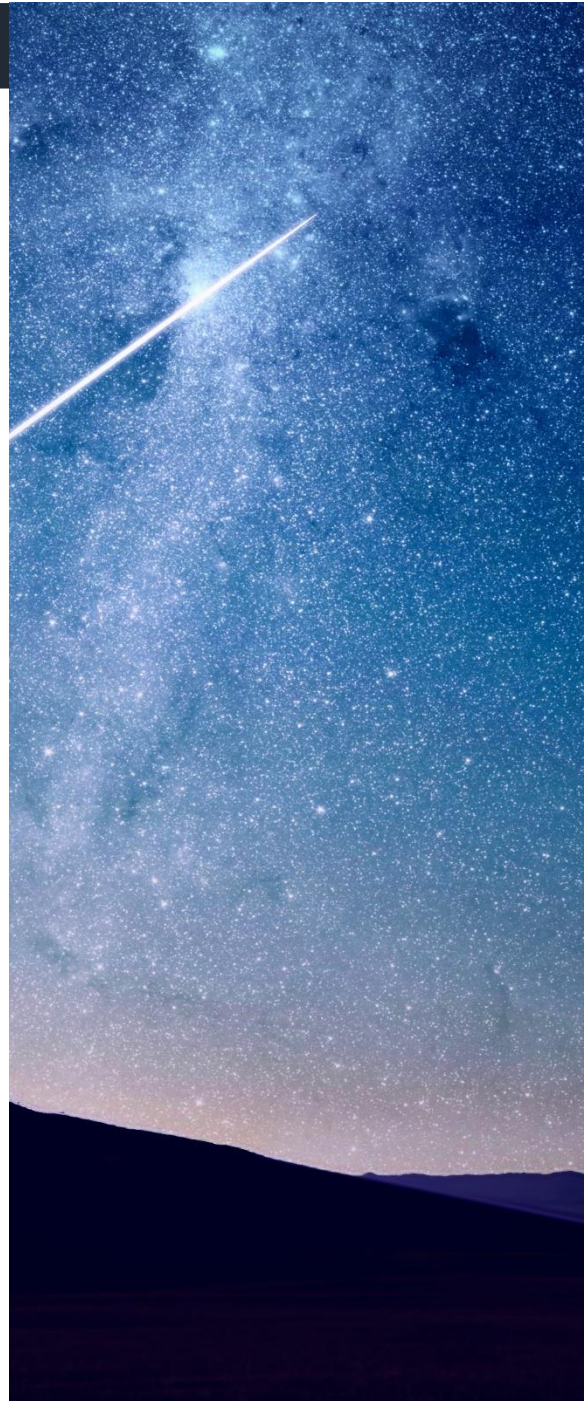
3,6 graus fahrenheit para cada 1000 pés

Nos limites superiores da Troposfera está localizada a corrente de jato (jet stream).

- Jet Stream é fluxo de ventos que ocorre em altitude, (semelhante as correntes marítimas) onde o vento é muito forte, mínimo de 60kt no núcleo na JS.

No núcleo -> Ar linear

Na Periferia -> Muita turbulência





TROPOPAUSA

A camada de transição que separa o topo da troposfera da camada seguinte que é a estratosfera. Possui de 3 a 5km de espessura. É mais alta no Equador e mais baixa nos polos. O gradiente térmico é ISOTÉRMICO = Não há mudança de temperatura. A temperatura é constante média de -56.5 graus celsius.

ESTRATOSFERA

Camada seguinte a tropopausa até cerca de 70 km acima da superfície terrestre.

Apresenta 3 gradientes térmicos.

- Isotérmico: a temperatura permanece a mesma
- Negativo: a temperatura aumenta com a altitude
- Normal ou positivo: a temperatura decresce com a altitude.

Na estratosfera encontra-se a Camada de Ozônio. Nela são filtrados os raios ultravioletas perigosos a nossa vida e nos protege.

IONOSFERA

Camada eletrizada ótima condutora de eletricidade devido a presença de íons eletrificados. A ionização da camada é consequência da absorção dos raios X raios gama e raios ultravioletas penetrante do sol. Sua altura atinge de 400 a 500 km de altitude. Na Ionosfera sua ionização é maior durante o dia em função do efeito da radiação solar. Na Ionosfera se propagam as ondas de rádio. Na Ionosfera tem início a filtragem seletiva da radiação solar.

EXOSFERA

Está a aproximadamente 1000 km de altitude. É a camada que confunde gradativamente com o espaço interplanetário. Não exerce efeito direto de filtragem seletiva sobre a radiação solar.

ATMOSFERA PADRÃO

Os parâmetros da atmosfera real oscilam muito durante o dia (pressão, temperatura e densidade) e suas variações nem sempre se comportam da mesma maneira. Isso tornaria impossível realizar cálculos de performance.

Para eliminar esse problema, criou-se uma atmosfera padrão pela OACI chamada de “Atmosfera ISA”. Nessa atmosfera os comportamentos e parâmetros são pré-definidos de acordo com vários estudos do comportamento da atmosfera real.

CARACTERÍSTICAS DA ISA

O ar é considerado seco, ou seja, ausência de vapor de água e sem impurezas. Atua como um gás perfeito.

Composição:

78% nitrogênio
21% oxigênio
0,93% argônio
0,7% elementos restantes

Densidade ao NMM:

1,2250kg/m³

Pressão padrão:

1013.2 hpa
29,92 pol/hg
760 mmhg

Temperatura:

15°C AMSL e -2°C a cada 1000 pés
- 0,65C/100metros
- 2 graus C/1000pés
- 3,6F/1000FT





A Terra

A Terra é o terceiro planeta do nosso sistema, por ordem de distância do Sol, com um diâmetro aproximado de 12.500 km.

Em virtude da forma elíptica da órbita terrestre, a distância Terra-Sol varia ao longo do ano. O ponto da trajetória da Terra que se acha mais próximo do Sol chama-se "Periélio", e o mais distante, "Afélio".



Movimento de Translação

Neste movimento a Terra percorre uma trajetória elíptica, de oeste para leste em torno do Sol, num período de 365 dias e $\frac{1}{4}$ de dia.

Para se evitar erros na medida do ano, introduziu-se a cada quatro anos, um Ano Bissexto de 366 dias.

Desenho:

MOVIMENTOS DA TERRA

Tendo como referência o Sol, a Terra executa dois movimentos básicos dentro do sistema solar.

Movimento de Rotação

Este movimento da Terra é feito com velocidade constante em torno de um eixo imaginário, cuja direção são os pólos terrestres.

A rotação da Terra em torno do seu eixo se faz no sentido Oeste para Este, num período de 24 horas. Assim, a Terra tem sempre uma de suas faces voltadas para o Sol (é o dia), enquanto que a outra fica às escuras (é à noite).

O fenômeno dos dias e noites, causado pelo do movimento de rotação é responsável pelas variações físicas locais da atmosfera, resultantes do aquecimento diurno e do resfriamento noturno.

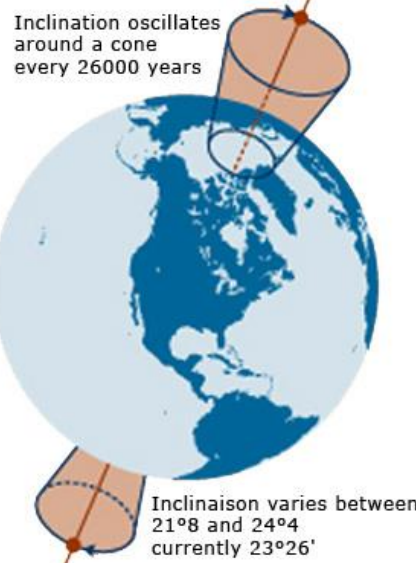
Desenho:

A órbita elíptica da Terra, no movimento de translação, faz com que ela periodicamente se situe mais perto do Sol (Periélio) e mais afastada (Afélio).

Estes dois pontos, Periélio e Afélio, recebem o nome de Solstícios e ocorrem, respectivamente, nos dias 22 de dezembro e 21 de junho (Inverno e Verão no Hemisfério Norte).

O eixo polar da Terra apresenta uma pequena inclinação de $23^{\circ}27'$ perpendicular ao plano da órbita terrestre.

A inclinação axial ou obliquidade da Terra é o ângulo entre o eixo de rotação e seu plano orbital, ele permanece confinado entre $21,8^{\circ}$ e $24,4^{\circ}$. Atualmente, ela é de $23^{\circ}26'14''$ mas se recupera cerca de **0.46" por ano o 1 grau a cada 7800 anos**. Este eixo oscila em torno de um cone com um ciclo completo (com 360°) dura 25.765 anos.



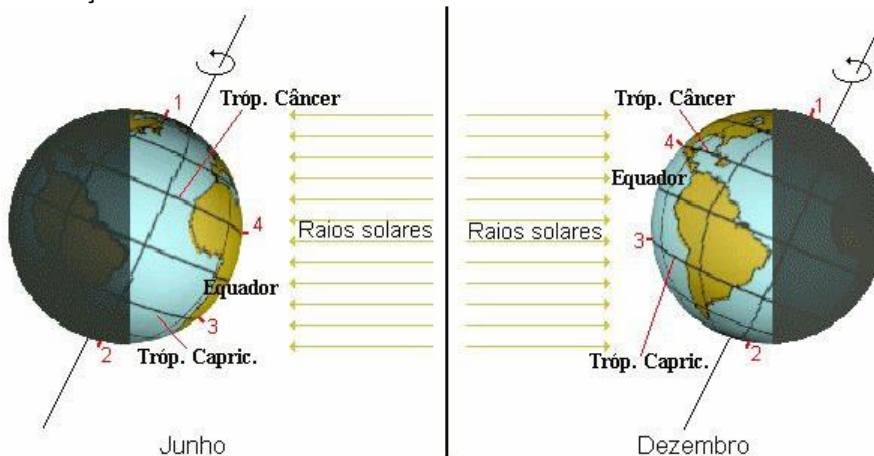


Essa inclinação é que provoca a diferença na duração do dia e da noite e faz com que os raios solares atinjam a Terra mais diretamente ou obliquamente, o que causa as diferenças na forma de aquecimento das diversas regiões da Terra.

Na região equatorial os raios são mais diretos e, por isso, os trópicos são mais aquecidos.

À medida que caminhamos para os polos, os raios solares passam a incidir mais oblíquos, também pela curvatura da Terra, tornando essas regiões polares mais frias.

As diferenças na forma de aquecimento das regiões da Terra, associadas ao movimento de translação, resultam nas estações do ano.



ESTAÇÕES DO ANO

Climatologicamente, as condições atmosféricas se caracterizam de modo muito especial durante o movimento de translação da Terra ao longo do ano.

Se considerarmos, inicialmente, a Terra partindo de um ponto espacial, determinado pelo nosso calendário oficial, verificaremos que, de modo cíclico, essas condições se repetem de maneira semelhante, surgindo, como consequência, as estações do ano, que se iniciam nos instantes denominados "Solstícios" e "Equinócios".

- Solstícios de verão inverno ocorrem no afélio (posição mais afastada do sol).
- Quando a inclinação da terra proporciona a maior exposição do hemisfério norte, é verão no hemisfério norte e quando a inclinação expõe mais o hemisfério sul é verão no hemisfério sul e consequentemente inverno no hemisfério norte.
- Equinócio Outonal e Equinócio Vernal ocorrem no periélio (posição mais próxima do sol).

Equinócio Vernal

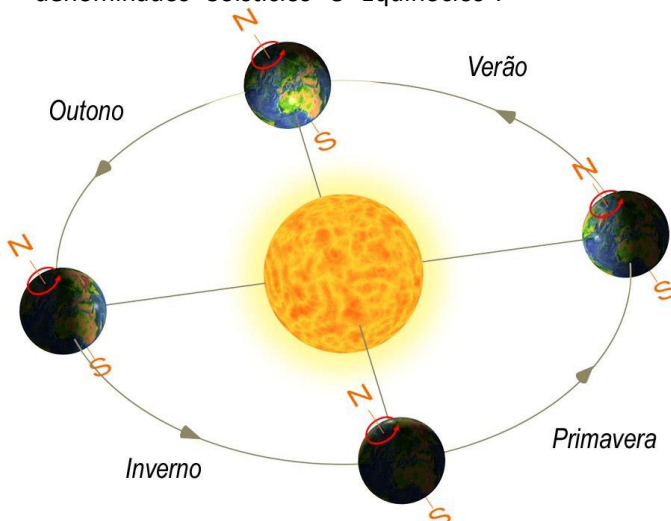
A 21 de março ocorre o Equinócio Vernal ou de Primavera porque, no Hemisfério Norte, está iniciando a primavera.

Ao mesmo tempo, no Hemisfério Sul, está iniciando o Outono, que é a estação de transição para o Inverno.

Equinócio Outonal

A 23 de setembro ocorre o Equinócio Outonal porque, no Hemisfério Norte, está iniciando o Outono.

Simultaneamente, no Hemisfério Sul, tem início à primavera, que é a estação de transição para o Verão.





CALOR

É a energia cinética das moléculas de um corpo. Quanto maior a agitação das moléculas maior é o calor do corpo.

EQUILIBRIO TÉRMICO

Significa que o corpo aquecido transfere calor ao menos aquecido.

*Radiação
Condução
Convecção
Advecção*

Radiação

É o processo de propagação através do espaço que é responsável pelo aquecimento diurno e o resfriamento noturno.

Condução

É a propagação de calor de molécula a molécula. Neste, temos exemplos os metais.

Convecção

É o processo de calor através de movimentos ascendentes do ar atmosférico (VERTICAIS) que forma as nuvens e as correntes convectivas muito boas para os voos de planadores.

Advecção

É o processo de calor por movimentos HORIZONTAIS. O mais significativo é o transporte através dos ventos.

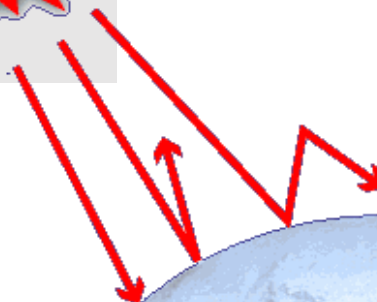
Efeito Estufa

É um efeito NATURAL do planeta.

Quando a terra recebe luz e calor do sol, ela reflete grande parte desta energia de volta ao espaço.

Quando temos uma cobertura de nuvens no céu, elas atuam como um espelho, prendendo o calor irradiado pela terra próximo a superfície, criando o que chamamos de efeito estufa.

“Greenhouse Effect”





TERMOMETRIA

Para medir a temperatura de um corpo utilizam-se termômetros e para se registrar a temperatura utilizam-se termógrafos.

Existem 4 escalas termométricas:

Celsius
Fahrenheit
Kelvin
Rankine

Temperatura de fervura da água:

0 zero grau Celsius
32 graus Fahrenheit
273 Kelvin

Temperatura na superfície

Psicrômetro

Está localizado no solo no interior do abrigo meteorológico situado em um centro meteorológico e fornece a temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho.

Telepsicrômetro

Instalados do lado das pistas são termômetros elétricos.

Radiossondagem

Consiste em um balão de sondagem lançado do solo transportando um equipamento eletrônico que consiste em elementos sensíveis à temperatura e à umidade. Ele emite sinais captados por receptor em terra localizado na estação de radiossonda.

Dropsondagem

É a sondagem feita de cima para baixo de altitude para superfície, a bordo de aeronaves.

Lança-se a sonda de aeronaves em altitude.

PRESSÃO ATMOSFÉRICA

O ar tem um peso, assim como todos os líquidos, portanto o ar exerce uma força em todas as direções e sobre todos os objetos e seres vivos que se encontram mergulhados nele.

Calculando a força exercida por unidade de superfície, obtém-se o valor da pressão.

Essa pressão é denominada Pressão Atmosférica.

Em Meteorologia Aeronáutica, a unidade de pressão utilizada é o hectopascal (hPa).

Pressão Atmosférica Padrão - ISA

- Estática (Em repouso)
- Sem poeira
- Sem vapor d'água
- 1013 hPa (AMSL)
- 29.92 polHg (AMSL)

Variação da Pressão com a Altitude

- A pressão diminui na razão de 1 hPa para cada 30 pés.
- No nível do mar, a pressão é maior porque há maior coluna de ar.
- Quando se sobe menos ar haverá e, por isso, menos pressão ele exerce.

Variação com a Temperatura

- É inversamente proporcional à temperatura.
- O ar frio é mais pesado que o ar quente e, portanto, quanto maior a massa, maior a densidade e, portanto, mais pressão.

Exemplo:

Ar quente do chuveiro → Sobe → Menos denso → Menor Pressão

Ar frio do freezer → Desce → Mais denso → Maior pressão

Variação Diária

A variação diária pode ser considerada como uma maré barométrica que é bastante forte nas latitudes equatoriais. Porém, desaparece nas latitudes acima de 60 graus.

A pressão é mais elevada às 10hs e às 22hs (hora local) e mais baixa às 4hs e 16hs (hora local).

Reduções da Pressão

Como as estações meteorológicas não estão todas localizadas a uma mesma altitude, faz-se necessário corrigir as pressões para as diferenças de altitudes, rebatendo todas para um nível de referência comum, o do mar.

QFE

Pressão da Estação ou da Pista – Nível da Pista

QFF

Pressão ao nível do mar – Para fins meteorológicos

QNH

Pressão reduzida ao nível do mar

QNE

Pressão padrão no nível médio do mar 1013.29 (estabelecido pela ICAO).

*as pressões serão estudadas em detalhes nas próximas aulas.



SISTEMAS DE PRESSÃO

A pressão reduzida ao nível do mar (QFF), das estações meteorológicas, ao serem analisadas, verifica-se um aumento ou um decréscimo uniforme para um ponto, denominado centro.

Sistemas Fechados

Alta
Baixa

Sistemas Abertos

Cristas
Cavados
Colos



SISTEMA FECHADO:

Alta Pressão

É a região que possui a maior pressão em comparação com a vizinhança no mesmo nível horizontal ou mesmo nível de pressão.

Desenho:

* desenha de acordo com as instruções da aula

Baixa Pressão

É a região que possui a menor pressão em comparação com a vizinhança no mesmo nível horizontal ou mesmo nível de pressão.

Desenho:

SISTEMA ABERTO:

Crista ou Cunha

Área alongada, ou sistema aberto de alta pressão. A partir dele as pressões diminuem.

Desenho:

Cavado

Área alongada de baixa pressão, ou sistema aberto de baixa pressão. A partir dele as pressões aumentam para a periferia do sistema.

Desenho:



ESTADOS FÍSICOS DA ÁGUA

- Sólido
- Líquido
- Gasoso

Evaporação → _____
 Condensação → _____
 Solidificação ou Congelamento → _____
 Sublimação → _____



UMIDADE RELATIVA

É a quantidade de vapor de água no ar relativamente comparado com o máximo que ele consegue reter à mesma temperatura e é expressa em porcentagem variando de 0% a 100%.

A umidade relativa é medida diretamente pelo higrômetro, indiretamente pelo psicrômetro e registrada pelo higrógrafo.

Vapor de Água	0%	1%	2%	3%	4%
Umidade Relativa	0%	25%	50%	75%	100%

UMIDADE RELATIVA

Temperatura na qual uma determinada quantidade de ar se torna saturada quando resfriada.

Ar quente → Pode reter muito vapor d'água

Ar frio → Pode reter pouco vapor d'água

Se houver saturação, haverá formação de nuvem/nevoeiro.

UMIDADE ABSOLUTA

É a relação entre a massa de vapor de água contida no ar e o volume e é expressa em gramas de vapor de água por metro cúbico de ar

UMIDADE ESPECÍFICA

É a relação entre a massa de vapor de água e a massa do ar úmido e é expressa em gramas de vapor por quilograma de ar úmido.

REVISÃO

Camada atmosférica onde ocorrem a maioria dos fenômenos meteorológicos? _____

Temperatura na Tropopausa: _____

Definição de gradiente térmico positivo;

Elemento da terra responsável pela incidência de raios solares na terra de forma diferente

_____.

Movimento da terra que gera os dias e as noites:

_____.

Processo em que o vapor vira sólido:

_____.

Valor da pressão em HPA no nível médio do mar

_____.

Características básicas da troposfera:



REVISÃO (CONTINUAÇÃO)

Definição de condução:

Percentual de Oxigênio/Nitrogênio e Outros Gases na atmosfera:

Diferença entre observação e coleta de informações meteorológicas:

Horários da pressão mais elevada durante o dia:

Horários de pressão mais baixa durante o dia:

Definição de ponto de orvalho:

*Com essa breve revisão,
vamos em frente!*





NUVENS

São formadas pela condensação ou sublimação do vapor de água na atmosfera.

O ar é forçado a subir (montanha, convecção...), resfria até o ponto de orvalho e forma-se a nuvem.

São constituídas por gotículas de água (líquidas) ou de cristais de gelo (sólidas) ou ambos (mistas), dependendo da altitude de formação.



CLASSIFICAÇÃO DAS NUVENS

- 1) TIPO/GÊNERO (formato e altura da base),
- 2) ALTURA (peculiaridades nas formas e diferenças nas estruturas internas)
- 3) ASPECTO (arranjos dos elementos e grau de transparência).
- 4) ESTRUTURA FÍSICA

1) TIPOS DE NUVENS SÃO 10 GÊNEROS.

- Cirrus
- Cirrustratus
- Cirruncumulus
- Altocumulus
- Nimbostratus
- Stratus
- Altostratus
- Stratocumulus
- Cumulus
- Cumulonimbus

2) ALTURA

3 estágios de formação:

- Altos (cristais de gelo)
- Médios (cristais de gelo e água)
- Baixos (água)

3) ASPECTO

- Cumuliforme – Desenvolvimento vertical (Instável)
- Estratiforme – Desenvolvimento Horizontal (Estável)
- Cirriiforme – Aspecto fibroso (Ventos Fortes)

4) ESTRUTURA FÍSICA

Sólidas: Cristais de gelo – nuvens altas

Mistas: Cristais de gelo e água – nuvens médias

Sólidas e líquidas: Apenas gotículas de água – nuvens baixas

Nuvens Altas

CABEÇA

- C irrus (Ci)
- C irruncumulus (Cc)
- C irrustratus (Cs)

Nuvens Médias

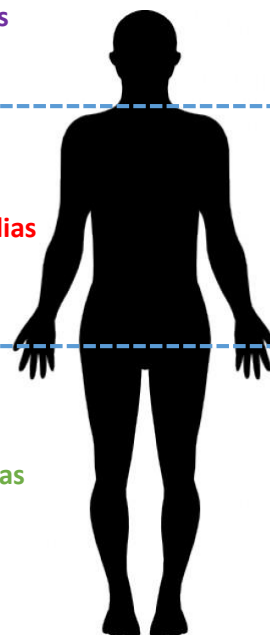
ABDÔMEN

- A ltostratus (As)
- A ltocumulus (Ac)
- N imbostratus (Ns)

Nuvens Baixas

SAPATO

- S tratus (St)
- S tratocumulus (Sc)



Cirrocumulus (CC)

- Banco, lençol ou camada delgada de nuvens brancas, sem sombra própria, compostas de elementos muito pequenos, em forma de grânulos, rugas, etc., soldados ou não, dispostos mais ou menos regularmente.
- São constituídos, quase que exclusivamente por cristais de gelo, podendo conter água super resfriada em algumas ocasiões.





Cirrustratus (CS)

- Véu transparente, fino e esbranquiçado, sem ocultar o sol ou a lua.
- São constituídos quase que exclusivamente por cristais de gelo podendo conter água super resfriada em algumas ocasiões.
- Apresentam o fenômeno do "halo" em volta da lua.
- Às vezes, o véu dos Cirrustratus é tão tênue que o único indício de sua presença é o "halo".



Altostratus (AS)

- Lençol ou camada de nuvens cinzentas ou azuladas, de aspecto estriado, fibroso ou uniforme, cobrindo inteira ou parcialmente o céu e apresentando partes suficientemente delgadas para que se possa ver o sol, pelo menos vagamente, como se fosse através de um vidro despolido.
- São constituídos por gotículas de água e cristais de gelo, podendo conter flocos de neve no inverno.



Alto Cumulus (AC)

- Banco, lençol ou camada de nuvens brancas ou cinzentas ou ainda, simultaneamente, brancas e cinzentas, tendo geralmente sombra própria; tem forma de laminulas, seixos, rolos, etc., de aspecto às vezes parcialmente fibroso ou difuso, soldados ou não.
- Os Altocumulus são quase invariavelmente constituídos por gotículas de água. Contudo, a temperaturas muito baixas, podem formar cristais de gelo.
- A transparência do Altocumulus é muito variável, podendo ele às vezes ser suficientemente denso para esconder completamente o sol.



Nimbostratus (NS)

- Camada de nuvens cinzentas, muitas vezes de aspecto sombrio.
- A espessura dos Nimbostratus é suficientemente densa para ocultar completamente o sol.
- São constituídos por gotículas de água e cristais de gelo, podendo conter flocos de neve no inverno.
- O "NS" diferencia-se do "AS" por ser completamente opaco, de cor mais escura e ainda poder ser encontrado no Estágio Baixo.





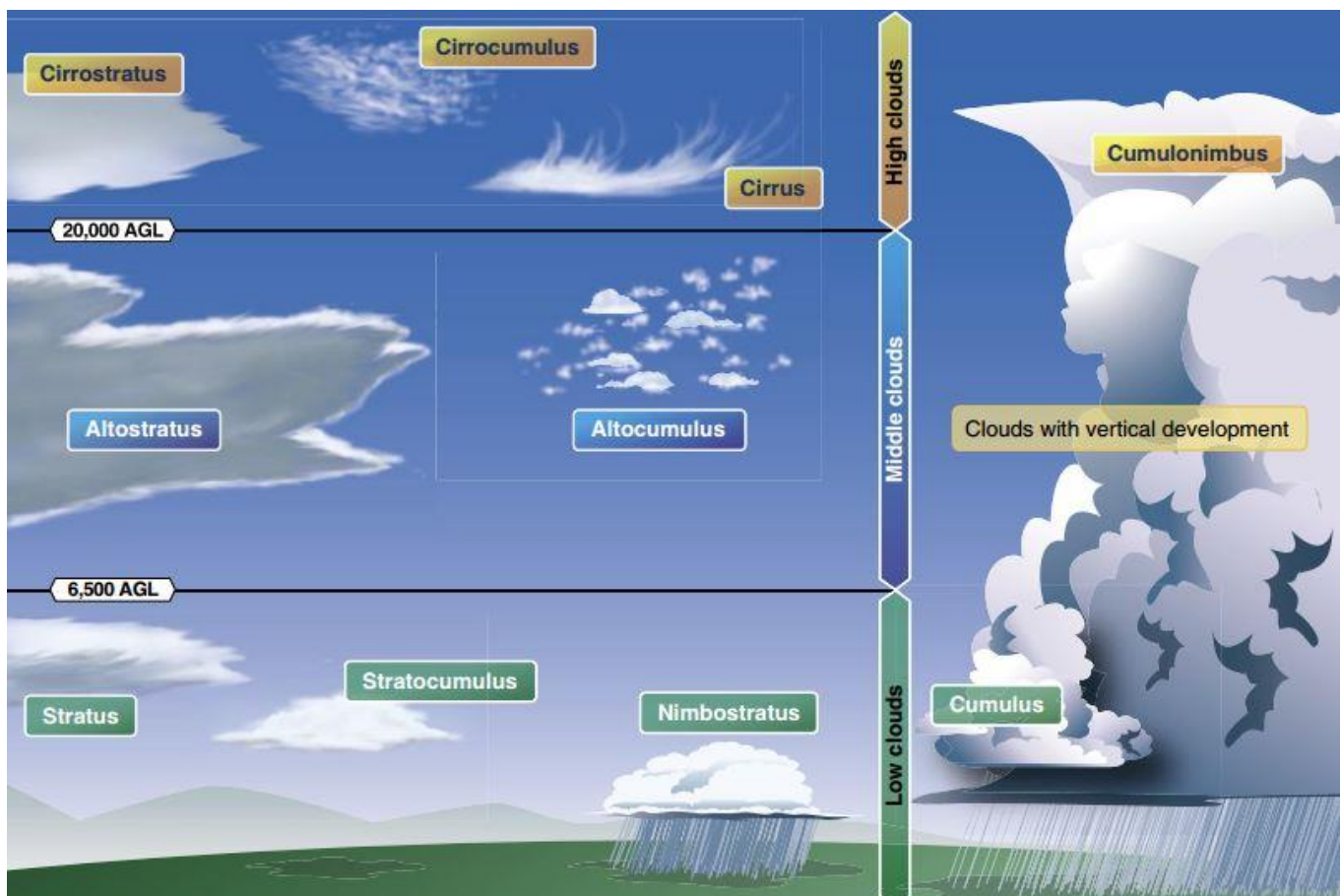
Stratocumulus (SC)

- Banco, lençol ou camada de nuvens cinzentas ou, ao mesmo tempo, cinzentas e esbranquiçadas, tendo quase sempre partes escuras em forma de lajes, seixos, rolos, etc., de aspecto não fibroso, soldadas ou não.
- Os Stratocumulus são constituídos de gotículas de água principalmente na região tropical, podendo conter cristais de gelo e flocos de neve em regiões frias.



Stratus (ST)

- Camada de nuvens geralmente cinzentas, com base bastante uniforme, podendo dar lugar a chuviscos, prismas de gelo ou grãos de neve (em regiões muito frias).
- O sol, quando visto através da camada, tem contorno nitidamente visível.





Nuvens de Desenvolvimento Vertical

- Cumulus
- Cumulonimbus
- Tower Cumulus

São nuvens de grande desenvolvimento vertical em que formam-se as tormentas e as trovoadas mais intensas.

Cumulus (CU)

- Nuvens isoladas, geralmente densas e de contornos bem definidos, desenvolvendo-se verticalmente em forma de torres cuja parte superior, cheia de protuberâncias. Assemelha-se muitas vezes a uma "couve-flor".
- Quando iluminadas pelo sol são de um branco brilhante e sua base, relativamente sombria, é sensivelmente horizontal.
- Os Cumulus são constituídos basicamente por gotículas de água e, quando produzem precipitação isoladamente, é semelhante a ação de ducha.
- Na antiga classificação de nuvens em "famílias", ao invés de "estágios", os Cumulus eram classificados como "Nuvens de Desenvolvimento Vertical".



Cumulonimbus (CB)

- Nuvens densas e possantes, de considerável dimensão vertical, em forma de montanha ou de enormes torres. Uma de suas partes, pelo menos da região superior, é lisa, fibrosa ou estriada e quase sempre achatada, podendo desenvolver-se em forma de bigorna ou de um vasto penacho.
- Debaixo da base do CB, frequentemente muito escura. Existem normalmente nuvens esgarçadas, soldadas ou não a ela.
- Os Cumulonimbus são constituídos por gotículas de água e, principalmente, em sua região superior, por cristais de gelo. Podem conter gotas grossas de chuva e flocos de água-neve, granizo ou saraiva. As gotículas de água e as gotas de chuva podem estar super-resfriadas.
- As dimensões horizontal e vertical dos Cumulonimbus são tão grandes, que a forma característica da nuvem só é visível quando observada a uma distância suficientemente grande.





Tower Cumulus

- Estágio intermediário entre cumulus e cumulus nimbus.
- Forte desenvolvimento vertical
- Apresenta atividade convectiva forte.
- Forte instabilidade
- Corresponde a fase de maturidade da trovada.
- Não apresenta bigorna.
- Pode evoluir para um CB ou não.



OUTRAS NUVENS

Nuvens lenticulares

- Lenticulares são nuvens de levantamento orográfico que tem uma aparência de lentes.
- Elas formam-se quando ar úmido passa sobre montanhas. As vezes, este ar forma-se em ondas.
- Nuvens lenticulares formam-se no lado sotavento das montanhas, nas cristas das ondas. Mas os cavados permanecem sem nuvens.
- Elas freqüentemente formam-se uma acima da outra, como uma pilha de panquecas.
- Quando observadas numa distancia, nuvens lenticulares podem ter uma aparência de discos voadores, especialmente à noite.
- A maioria de reportes sobre discos voadores ocorre nas regiões montanhosas, quando nuvens lenticulares são presentes. As nuvens comuns de tipo lenticulares incluem altocumulus lenticulares e stratocumulus lenticulares.



Mammatus

- São protuberâncias redondas luminosas no lado debaixo das nuvens, que tem uma aparência de ubres bovinos.
- Estas nuvens formam-se em ar descendente, em contraste da maioria das nuvens discutidas que se formam em ar ascendente.
- Freqüentemente, mammatus formam-se no lado debaixo de uma nuvem cumulonimbus e são observadas geralmente depois da passagem de uma trovada severa.
- Mammatus também podem desenvolver-se debaixo de nuvens cirrus, cirrocumulus, altostratus, altocumulus, e stratocumulus.



Trilhas de Condensação

- As Trilhas de Condensação são linhas finas de nuvens que se formam nos rastros dos aviões em altitudes altas.
- Estas nuvens são resultado da condensação do vapor de água emitido pelos motores.
- Precisamos mistura suficiente entre as descargas quentes de gás e o ar frio para produzir saturação.
- Rastos de condensação dispersam-se rapidamente quando a umidade relativa do ar ao redor é baixa. Mas, numa atmosfera úmida, podem permanecer por muitas horas.
- Rastos de condensação também podem formar-se pelo processo de resfriamento, ou seja, quando a pressão mais baixa produzida pelo ar fluindo acima da asa causa o resfriamento do ar.
- Freqüentemente, rastros de condensação espalham-se em nuvens cirrus pelos ventos altos.





HIDROMETEOROS E LITOMETEOROS

Os hidrometeoros são os fenômenos atmosféricos formados pelo elemento água. Eles começam na formação do vapor d'água, passam pelas nuvens e nevoeiros, pelas formas de precipitação como chuva, chuveiro, neve e outros, e pelas formas depositadas como o orvalho, a geada, etc.

De um modo geral, os hidrometeoros classificam-se em dois grandes grupos: os que se precipitam e os que se depositam.

Os litometeoros são os fenômenos atmosféricos resultantes do transporte de materiais sólidos, com exceção do **gelo**, através da **atmosfera**.

Precipitação:

A precipitação de um ou de vários hidrometeoros se dá quando em uma nuvem, não podendo mais conter o excesso de umidade condensada ou sublimada, seus elementos caem por ação da gravidade.

Hidrometeoros PRECIPITANTES:

- Chuva
- Chuveiro
- Granizo
- Neve

Chuva

- Gotas de água visivelmente separadas, que caem de certas nuvens, devendo ter um diâmetro mínimo de 0,5 mm.

Chuveiro

- São gotículas de água com diâmetro inferior a 0,5 mm e uniformemente dispersas.
- Ao se precipitarem as gotas parecem flutuar no ar acompanhando o sopro da brisa.
- Precipitam-se de nuvens stratus e muitas vezes são acompanhados de nevoeiro.

Neve

- Grãos brancos, opacos e redondos, de dois a cinco milímetros de diâmetro.
- São quebradiços, compressíveis e, quando caem à superfície, normalmente despedaçam-se.

Granizo

- Grão de gelo geralmente translúcido, redondo ou cônico, que caem das nuvens Cumulonimbus.

Hidrometeoros que se DEPOSITAM:

- Escarcha
- Orvalho
- Geada

Escarcha

- Camadas brancas de cristais de gelo depositadas principalmente em superfícies verticais nas portas e arestas de objetos sólidos.

Orvalho

- Gotas d'água, depositadas por condensação direta do vapor d'água em contato com superfícies horizontais esfriada pela radiação noturna.

Geada

- Cristais de gelo fino, em forma de agulhas ou escamas, depositadas por sublimação direta do vapor d'água, em condições semelhantes às do orvalho, exceto pelas temperaturas da superfície e do ar, que dever estar iguais ou inferiores a 0° C.

TIPOS DE LITOMETEOROS

- Névoa seca
- Fumaça
- Poeira

Névoa seca

- A névoa seca resulta da decomposição da luz solar ao atravessar as camadas com grande concentração de poeira levantada pelo vento, de fumaça lançada por chaminés, ônibus, automóveis ou provenientes das queimadas durante os meses sem chuva.
- A névoa seca reduz a visibilidade horizontal para até 1.000 m. Em geral, produz um véu uniforme sobre a paisagem, modificando-lhe as cores.
- Quando observada em direção a um fundo escuro, como montanhas, a névoa apresenta-se em uma tonalidade avermelhada e com fundo claro. Com o Sol e nuvens no horizonte, apresenta-se em amarelo alaranjado ou vermelho, dependendo do ângulo solar e da concentração das partículas.

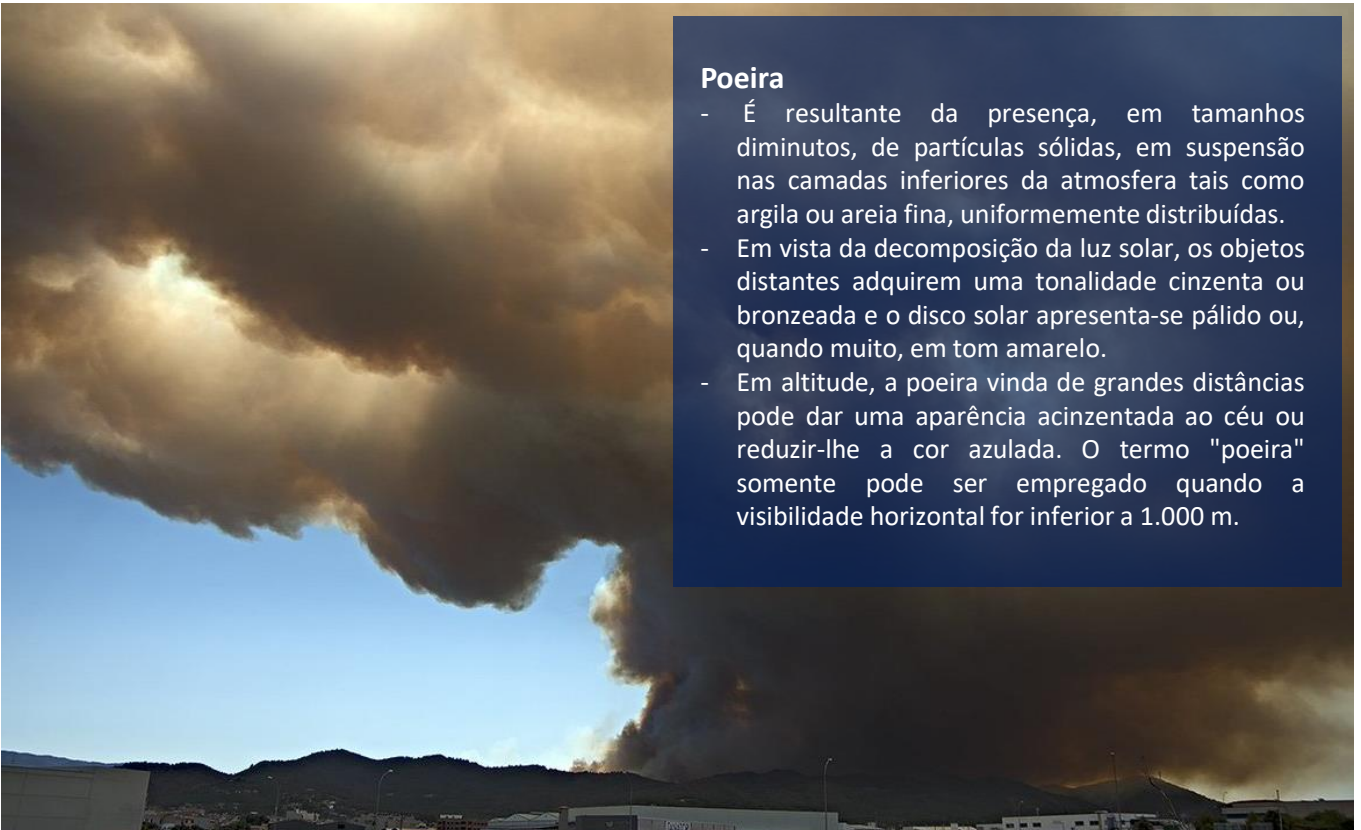
Fumaça

- É a presença no ar, de forma concentrada, de minúsculas partículas resultantes de combustão incompleta.
- Quando perto da origem, pode ser distinguida pelo cheiro característico.
- O disco da Lua ou do Sol, quando próximo ao horizonte e visto através da fumaça, apresenta-se extremamente amarelado.
- Vista de grandes distâncias, a fumaça distribui-se uniformemente pelo ar superior difundindo uma tonalidade cinzenta ou azulada. Nos grandes centros urbanos, no entanto, as cores difundidas pela fumaça podem ser marrom, cinzaescuro ou negro, dependendo do horário e do fundo.
- O termo "fumaça" somente pode ser empregado quando a visibilidade horizontal for inferior a 1.000 m.



Poeira

- É resultante da presença, em tamanhos diminutos, de partículas sólidas, em suspensão nas camadas inferiores da atmosfera tais como argila ou areia fina, uniformemente distribuídas.
- Em vista da decomposição da luz solar, os objetos distantes adquirem uma tonalidade cinzenta ou bronzeada e o disco solar apresenta-se pálido ou, quando muito, em tom amarelo.
- Em altitude, a poeira vinda de grandes distâncias pode dar uma aparência acinzentada ao céu ou reduzir-lhe a cor azulada. O termo "poeira" somente pode ser empregado quando a visibilidade horizontal for inferior a 1.000 m.





NEVOEIRO

TIPOS DE NEVOEIRO

- Nevoeiro de Radiação
- Nevoeiro de Advecção
- Nevoeiro de Evaporação
- Nevoeiro Frontal
- Nevoeiro Orográfico
- Nevoeiro Marítimo.

CARACTERÍSTICAS:

- O nevoeiro é um hidrometeoro formado pela condensação do vapor d'água nos níveis inferiores da atmosfera, colado à superfície e reduzindo-lhe a visibilidade horizontal a valores inferiores a 1.000 m.
- Formado à semelhança da névoa úmida, o nevoeiro diferencia-se pela visibilidade, que é inferior a 1.000 m, e pela umidade relativa, que já se aproxima dos 100%.
- Gotículas de água, extremamente pequenas, parecem flutuar quando o nevoeiro se intensifica. Verticalmente, a visibilidade fica extremamente reduzida, não permitindo a identificação de qualquer nuvem, a torna invisível.
- No entanto, quando a camada de nevoeiro é excessivamente tênue, ocorre o que se denomina "nevoeiro de superfície", ficando o céu em condições visíveis.
- Normalmente, a formação de névoa úmida precede a formação de nevoeiro, reduzindo gradativamente a visibilidade e sucedendo a ele após sua dissipação.
- Os processos físicos responsáveis pela formação do nevoeiro são, basicamente, dois: incorporação de água à atmosfera, por meio da evaporação e/ou redução gradativa da temperatura ambiente, até atingir o ponto de saturação.

Nevoeiro de Radiação

A perda de calor pela radiação da superfície terrestre resulta, frequentemente, na saturação do ar atmosférico que se encontra próximo ao solo. Principalmente nos meses de Outono e Inverno, da saturação do ar atmosférico dos níveis mais baixos, que ocorre mais comumente à noite ou de madrugada, resulta o desenvolvimento de nevoeiros de radiação.

Nevoeiro de Advecção

Um outro processo de desenvolvimento do nevoeiro é o que resulta do movimento horizontal do ar quente e úmido sobre superfícies frias. Evidentemente, os elementos determinantes desse processo são os núcleos higroscópicos e a umidade do ar que sofrerá a saturação. Quando o ar quente e úmido de uma região advectivamente passar por sobre uma superfície mais fria, esta o saturará e, provavelmente, o nevoeiro de advecção se formará. Quando a camada quente e úmida estiver ligeiramente turbulenta, devido:

Ao movimento mais intenso do ar, a camada de nevoeiro será bastante espessa, o que caracterizará esta formação como um tipo muito persistente e

de difícil dissipação, inclusive podendo conviver com camadas de nuvens estratificadas.

Nevoeiro Marítimo:

Nas regiões litorâneas, o ar marinho, quente e úmido, sopra e incrementa a umidade no continente, provocando a formação de nevoeiro de advecção à noite, quando o solo se resfria suficientemente.

Sobre os oceanos, o nevoeiro de advecção ocorre quando correntes marítimas quentes estão adjacentes a correntes marítimas muito frias, provocando o Nevoeiro de Evaporação érmico, capaz de condensar a umidade do ar.

Nevoeiro de Evaporação

Geralmente nas tardes de verão, após uma tempestade repentina, a chuva fria sobre superfícies quentes provoca evaporação súbita e o conseqüente resfriamento do solo.

A saturação resultante da queda de temperatura pode dar origem a esta espécie de nevoeiro.



Se o ar da superfície estiver fluindo em movimento laminar, o nevoeiro poderá ocorrer; se, por outro lado, o movimento for turbulento, o mais provável será a formação de nuvens estratiformes.

Nevoeiro Frontal

A superfície fria de uma região afetada por um sistema frontal poderá, em ação conjunta com a precipitação saturar e condensar o meio ambiente e dar origem a esta espécie de nevoeiro. Se o sistema for do tipo frio, o Nevoeiro formado será denominado "pós-frontal"; se do Tipo quente, "pré-frontal", por ocorrerem somente no interior da massa polar.

Nevoeiro Orográfico.

Numa atmosfera estável, o ar úmido pode ser forçado a ascender por encostas de montanhas e dar origem ao nevoeiro de encosta.

Obs: "orográfico", cuja saturação tem como causa o resfriamento adiabático do ar ascendente.

Nuvem caracterizada pelo aparecimento de halo:

Nuvem de estágio alto que indica ventos fortes e instabilidade

Diferença entre nuvem e nevoeiro

Percentual de umidade em névoa seca

Nuvens encontradas em encostas de montanhas que revelam instabilidade

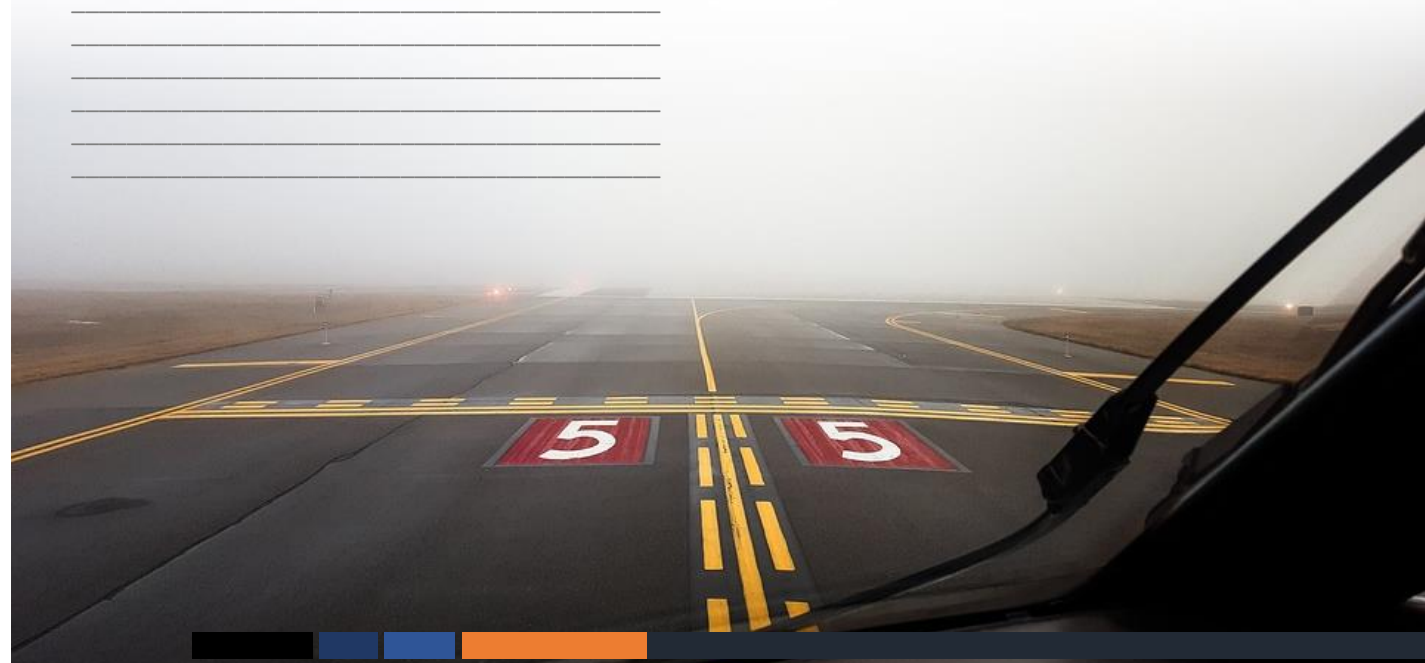
Nuvem de caráter acinzentado que pode ser encontrada em estágio médio ou baixo

Voando em regiões com CBs, o que se pode esperar do voo?

REVISÃO

Características de nuvens de desenvolvimento horizontal e vertical:

Composição de nuvens de estado médio:





RESTRIÇÕES À VISIBILIDADE

Para a aviação, o grau de transparência da atmosfera é, ainda hoje, fator fundamental de segurança das operações de pouso e decolagem.

Não que o fenômeno em si possa colocar em risco o pouso ou a decolagem, mas as limitações dos equipamentos existentes a bordo da maioria das aeronaves e nos principais aeródromos ainda exigem do piloto manobras manuais, dependentes da visibilidade.

Fenômenos que Restringem a Visibilidade

Apesar de alguns poucos fenômenos meteorológicos, de interesse aeronáutico, ocorrerem sem afetar a visibilidade do ar, a maioria deles restringe essa visibilidade, são os hidrometeoros ou higrometeoros e os litometeoros.

Tipos de Visibilidade

- Visibilidade Horizontal
- Visibilidade Oblíqua
- Visibilidade Vertical
- Alcance visual da Pista (RVR)

Visibilidade Horizontal

Para as operações de pouso e decolagem, as informações da visibilidade horizontal, em superfície, são fornecidas pelo Serviço de Meteorologia. Considera-se o "menor valor" observado, em incrementos de 100 em 100 m, até 5.000 m.

A partir daí, em incrementos de 1.000 em 1.000 m. A visibilidade em superfície será considerada "zero", quando for menor que 100 m. Em aeródromos de maior importância operacional, a visibilidade sobre o eixo da pista de pouso poderá ser medida por meio do "visibilômetro" ou "RVR" (Runway Visual Range), desde que inferior a 2.000 m.

Visibilidade Oblíqua

É a visibilidade experimentada por um piloto quando, na trajetória de planeio de aproximação para pouso por instrumentos, ele pode ver os auxílios de aterrissagem no umbral da pista. Esta informação não é fornecida pelo Serviço de Meteorologia.

Visibilidade Vertical

Visibilidade vertical é dada de 30 em 30 metros até um máximo de 300 metros. Ex: VV003= visibilidade vertical de 300 pés ou 90 metros.

Alcance visual da pista

É mais conhecido como **RVR** ou **AVP** é a visibilidade que é fornecida no momento do pouso ou no momento da decolagem quando a aeronave encontra-se sobre a pista. Este valor é incluído no boletim meteorológico (METAR) que é uma observação meteorológica.

Obtenção da visibilidade pode ser: **visualmente** ou eletronicamente:

Visibilidade visual

É estimada com auxílio de cartas de visibilidade. EX: a observação feita pelo meteorologista de hora em hora para confeccionar o código Metar.

Visibilidade Eletrônica

É obtida pelo um instrumento chamado de visibilômetro que está instalado próximo da cabeceira dos aeroportos e também é usada para medir a visibilidade predominante de cada pista. AVP ou RVR (runway visual Range): Este equipamento manda raio de luz um para o outro de uma cabeceira a outra.

FATORES AGRAVANTES DA VISIBILIDADE

A estabilidade do ar é o fator determinante da intensidade e do tipo de restrição da visibilidade. O ar estável dificulta a dispersão das partículas sólidas (litometeoros) diluídas no ar, facilitando, portanto, a sua concentração nos níveis inferiores. Logo, a redução da visibilidade do ar será tanto maior, quanto mais estável estiver a camada atmosférica considerada.

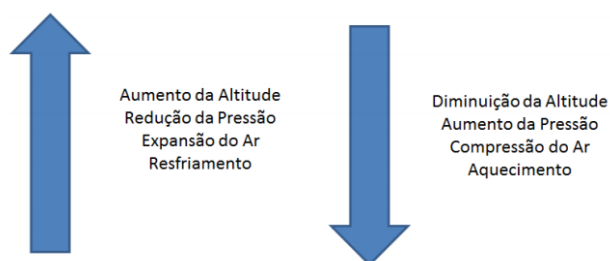




PROCESSO ADIABÁTICO

Na atmosfera, à medida em que uma parcela de ar se eleva, vai encontrando pressões atmosféricas externas cada vez menores e, conseqüentemente, irá se expandindo proporcionalmente à variação dessa pressão, provocando resfriamento por expansão. Se esta parcela desce, encontra pressões maiores e ocorre a compressão.

Se a expansão e a compressão ocorrerem sem troca de calor com o meio ambiente, se diz processo adiabático.



TRANSFORMAÇÕES ADIABÁTICAS

Razão Adiabática Seca (fora da nuvem) – RAS

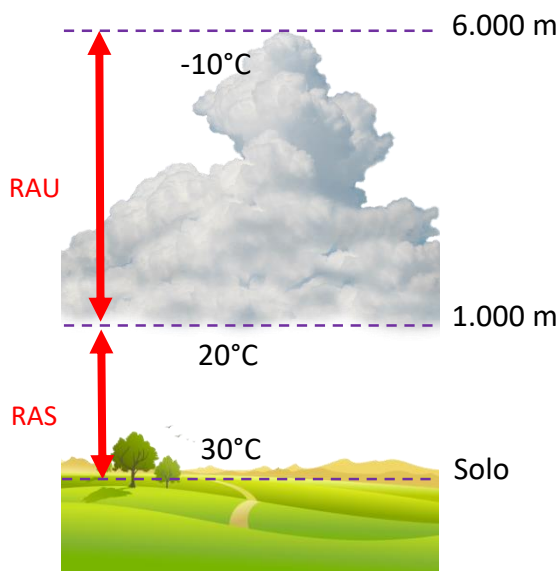
Variação da temperatura sofrida por uma parcela de ar seco (da superfície até a base da nuvem), onde a variação da temperatura é de 1°C para cada 100 metros.

Razão Adiabática Úmida (dentro da nuvem) – RAU

É o processo adiabático de uma parcela de ar saturada (da base ao topo da nuvem), onde a variação da temperatura é de $0,6^{\circ}\text{C}$ para cada 100 metros. O valor da razão adiabática úmida é menor porque quando há condensação do vapor de água há a liberação de calor.

Dessa forma a temperatura não sofre uma queda de $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ pois parte do calor liberado pela condensação é somado, o que resulta em uma variação menor. Gradientes térmicos com valores superiores a $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, isto é, maiores que a razão adiabática seca são chamados “superadiabáticos”.

O valor máximo é de $3,42^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ e recebe o nome de gradiente autoconvectivo. Da mesma forma que a temperatura resfria $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ou $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ a temperatura do ponto de orvalho resfria na razão de $0,2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.



Nível de Condensação Convectiva - NCC

À medida que uma parcela de ar se eleva, vai se resfriando adiabaticamente e a diferença entre sua temperatura e a temperatura do ponto de orvalho irá diminuindo de modo gradual.

Da mesma forma que a temperatura decresce na razão de $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, a temperatura do ponto de orvalho decresce na razão de $0,2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Quando a diferença dos dois valores torna-se nula, isto é, quando as duas temperaturas se igualam, a parcela de ar se satura e, a partir daí, começa a condensação do vapor de água e a conseqüente formação de nebulosidade convectiva.

Sabendo que:

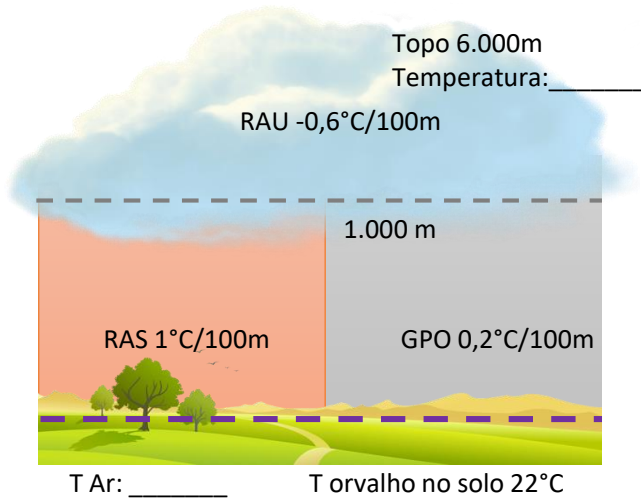
- Adiabaticamente Seco – $1^{\circ}/100\text{m}$
- Adiabaticamente Úmido - $0,6^{\circ}/100\text{m}$
- Ponto de Orvalho – $0,2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$

É possível calcular!

Para resolução de exercícios, considerar:

- Fora da nuvem – adiabaticamente seco (1:100)
- Dentro da nuvem – adiabaticamente úmido (0,6:100)

Exemplo 1: Exercício Resolvido



Nível de Condensação Convectiva - NCC

CÁLCULO DA TEMPERATURA DO ORVALHO NA BASE

$$1000 \times 0.2/100 = 2^\circ\text{C}$$

$$22 - 2^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$$

$$T \text{ orvalho na nuvem: } 20^\circ\text{C}$$

$$T \text{ ar na nuvem: } 20^\circ\text{C}$$

CÁLCULO DA TEMPERATURA DO AR NO SOLO

$$1 \times 1000/100 = 10^\circ\text{C}$$

$$20^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$$

$$T \text{ Ar no solo} = 30^\circ\text{C}$$

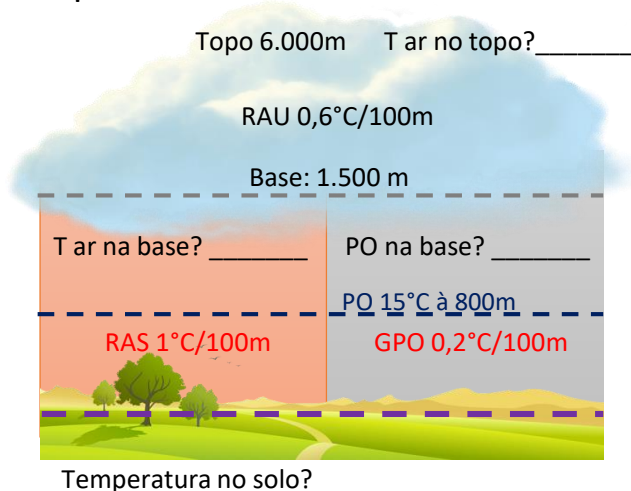
CÁLCULO DA TEMPERATURA NO TOPO

$$6000 - 1000 = 5000 \times 0.6/100 = 30$$

$$20 - 30 = -10^\circ\text{C}$$

É IMPORTANTE SEMPRE DESENHAR O EXERCÍCIO E SINALIZAR A RAU/RAS/GPO E ESTABELECEER UM PADRÃO PARA RESOLUÇÃO!

Exemplo 2: Exercício Resolvido



QUAL O PONTO DE ORVALHO NA BASE DA NUVEM:

$$1500 - 800 = 700\text{m}$$

$$\text{Variação em } 700\text{m} - 0,2(700:100)$$

$$0,2 \times 7 = 1.4^\circ$$

$$15 - 1,4 = 13.6^\circ\text{C}$$

TEMPERATURA DO PO NA BASE: 13,6°C

Temperatura no solo:

$$\text{Variação } 1 (1500:100) = 15^\circ\text{C}$$

$$13,6 + 15^\circ = 28,6^\circ$$

TEMPERATURA A 4.000M DENTRO DA NUVEM:

$$4000 - 1500 = 2.500\text{m}$$

$$\text{Variação} = 0,6 (2500:100)$$

$$0,6 \times 25$$

$$15 \times 0,6 = 9^\circ$$

É POSSÍVEL A PARTIR DESSES VALORES, GERAR UMA FÓRMULA PARA CÁLCULO DE BASE DE NUVEM!

A Altura deste nível será aquela da nebulosidade convectiva.

Fórmula:

$$H = 125 (T - T_d)$$

H = Altura da base da nuvem em metros

T = temperatura à superfície

Td = temperatura do ponto de orvalho à superfície

Exemplo: Temperatura de 30°C e ponto de orvalho de 22°C, ou seja 30/22. A base da nebulosidade convectiva estará:

$$H = 125 (30 - 22)$$

$$H = 125 \times 8$$

$$H = 1.000 \text{ m}$$

Este método somente é aplicado às nuvens de correntes convectivas

EQUILÍBRIO DA ATMOSFERA

A atmosfera real possui gradiente térmico que varia desde valores negativos (inversão térmica) até um valor máximo de 3,42°C/100m. A comparação do valor do gradiente térmico da atmosfera com o valor da razão adiabática determinará a condição de equilíbrio.

Equilíbrio Instável

Gradiente térmico do ar ambiente é maior que a razão adiabática seca. Ex.: 1,5°C/100m.

Equilíbrio Estável

Gradiente térmico do ar ambiente é menor que a razão adiabática seca. Ex.: 0,5°C/100m.

Equilíbrio Neutro ou indiferente

Gradiente térmico do ar ambiente é igual à razão adiabática seca. Ex.: 1°C/100m.



Estabilidade ou Instabilidade Condicional

Quando o gradiente térmico for maior que a razão adiabática seca, o ar será instável. Da mesma forma, quando for menor que a razão adiabática úmida, o ar será estável.

O equilíbrio condicional é determinado quando uma parcela de ar se eleva dentro de um ar com gradiente entre a razão adiabática úmida e a razão adiabática seca.

Exemplo:

Gradiente térmico do ar ambiente desde a superfície até o topo da nuvem é de $0,8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.

Neste exemplo, da superfície até a base da nuvem o gradiente de $0,8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ é menor que a razão adiabática seca, caracterizando o equilíbrio estável. Dentro da nuvem o gradiente de $0,8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ é maior que a razão adiabática úmida, caracterizando o equilíbrio instável.

A principal característica deste tipo de atmosfera é a formação de nuvens stratocumulus.

Instabilidade Absoluta ou Mecânica

Quanto maior for o gradiente térmico do ar ambiente maior será o grau de instabilidade da atmosfera.

A instabilidade que ocorre com o gradiente autoconvectivo ($3,42^{\circ}\text{C}/100\text{m}$), considerado o gradiente máximo, provoca o maior grau de instabilidade denominada instabilidade absoluta.

Com o gradiente autoconvectivo o ar torna-se muito mais frio acima da superfície provocando afundamento pelo peso e o ar superaquecido e bem mais leve à superfície sobre com violência originando fenômenos meteorológicos violentos, tais como: tornado tromba-d'água, etc.

Para resolução de exercícios, considerar:

- Ar Seco → Estável → Mais denso
- Ar úmido → Instável → Menos denso

CONDIÇÕES DE TEMPO ASSOCIADAS AO EQUILÍBRIO

INSTABILIDADE

- Correntes ascendentes
- Nuvens cumuliformes
- Precipitação de caráter de pancadas
- Visibilidade irrestrita
- Turbulência Pressão baixa

ESTABILIDADE

- Nuvens estratificadas
- Precipitação leve e contínua
- Visibilidade restrita
- Ausência de turbulência
- Pressão alta





1) Sabendo-se que a nuvem encontra-se a 1000m do solo e que temperatura do ponto de orvalho no solo é 13°C. Qual a temperatura na base da nuvem?

Gabarito: 11°C

2) Sabendo-se que a temperatura no solo é 18°C e que há uma nuvem a 1000m, qual a temperatura na base da nuvem?

Gabarito: 8°C

3) Sabendo-se que a temperatura na base de uma nuvem a 2000 pés é 3°C, qual a temperatura do ar no solo?

Gabarito: 9°C

4) O METAR informa que a temperatura do ponto de orvalho em uma determinada região é 20°C e que a base da nuvem se encontra a 900m de altura. Qual a temperatura do ponto de orvalho na base da nuvem? Qual a temperatura no solo? Sabendo que a nuvem possui 1500m de espessura, qual a temperatura no topo?

Gabarito: Importante lembrar para a resolução do exercício que a temperatura do orvalho dada no metar se refere a temperatura no orvalho no solo; na pista. Temperatura do orvalho na base da nuvem: 18.2°C Temperatura do ar no solo: 27,2°C Temperatura no topo 9.2°C

5) Sabendo-se que no topo da nuvem a temperatura é de -15°C e que a nuvem possui 600m de espessura e está a uma altura de 2000 pés, qual a temperatura na base da nuvem e no solo?

**Atenção: o exercício está dando a altura da nuvem em pés, é preciso transformar em metros para incluir na regra de três; ou seja, 2000 pés = 600m
Temperatura na base da nuvem: -11.4°C
Temperatura no solo: -5.4°C**

6) Sabendo-se que a temperatura na base da nuvem é -2°C e que a nuvem possui 1500m de espessura. Qual a temperatura no topo da nuvem? Qual a temperatura no solo?! E qual a temperatura do ponto de orvalho no solo?! Considere a altura da nuvem de 800m.

Gabarito Temperatura no topo -11°C Temperatura no solo 6°C Temperatura do orvalho no solo - 0.4°C





Faça os exercícios acima sem olhar a resolução

Consulte a resolução APENAS se não encontrar o gabarito correto.

Se ainda assim restarem dúvidas, basta enviar a sua dúvida pelo botão da plataforma!

RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS

1) Usando-se a regra de 3 básica, usando a variação do ponto de orvalho, descobre-se a temperatura do orvalho na base da nuvem. Sabe-se que na base, o ponto de orvalho é igual a temperatura do ar, portanto, descobre-se o que o exercício pede.

Obs: -2 porque estamos subindo, logo a variação precisa ser diminuída.

$$\begin{aligned} 0.2 & \text{ ---- } 100\text{m} \\ X & \text{ ----- } 1000\text{m} \\ X & = 2 \\ 13 - 2 & = 11^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

2) Usando-se a regra de 3 básica, usando a variação RAS chega-se na variação da temperatura do ar, a qual deve ser reduzida do valor do ar no solo, obtendo-se o resultado.

$$\begin{aligned} 1 & \text{ --- } 100\text{m} \\ X & \text{ ---- } 1000\text{m} \\ X & = 10 \\ 18 - 10 & = 8^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

3) Aqui, antes de tudo, precisa perceber que a altitude da nuvem está em PÉS, logo, antes de tudo precisa-se transformar os 2000 pés em metros, sabemos que 1000 pés são 300m, logo, 2000 pés são 600m. A partir dessa resolução, basta aplicar a fórmula; lembrando de SOMAR o valor, pois agora está se partindo da base da nuvem para o solo, ou seja, descendo, logo, a temperatura aumenta pelo padrão.

$$2000 \text{ pés } \text{ ---- } 600\text{m}$$

Logo:

$$\begin{aligned} 1 & \text{ ----- } 100\text{m} \\ X & \text{ ----- } 600\text{m} \\ X & = 6 \\ 3 + 6 & = 9^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

4) Aqui precisa se atentar que a temperatura do METAR é sempre a temperatura no SOLO, logo a temperatura do orvalho no solo é de 20°C. Para descobrir os demais dados, é preciso primeiro, descobrir a temperatura do orvalho na base da nuvem.

$$\begin{aligned} 0.2 & \text{ ---- } 100\text{m} \\ X & \text{ ---- } 900\text{m} \\ X & = 1.8 \\ 20 - 1.8 & = 18.2 \text{ (temperatura do ponto de orvalho na base da nuvem)} \end{aligned}$$

Essa também é a temperatura do ar, pois sabemos que na base da nuvem a temperatura do orvalho é sempre IGUAL a temperatura do ar, não é mesmo?

Agora, vamos descobrir a temperatura no topo da nuvem e no solo:

Topo da nuvem – a nuvem possui 1500m de espessura, então, basta-se aplicar a RAU (lembre-se de usar a úmida pois agora você está DENTRO da nuvem)

$$\begin{aligned} 0.6 & \text{ ---- } 100\text{m} \\ X & \text{ ---- } 1500\text{m} \end{aligned}$$

$$X = 1500 \times 0.6 / 100 = 9$$

$$18.2 - 9 = 9.2^{\circ}\text{C} \text{ (temperatura no topo da nuvem)}$$

Agora vamos a temperatura no solo. Voltamos a temperatura encontrada na base da nuvem de 18.2, aplicamos a RAS (porque estamos agora FORA da nuvem) e somamos esse valor (pois estamos descendo) para obter a temperatura do ar no solo:

$$\begin{aligned} 1 & \text{ ---- } 100\text{m} \\ X & \text{ ---- } 900\text{m} \\ X & = 900 \times 1 / 100 = 9 \end{aligned}$$

$$18.2 + 9 = 27.2$$

5) Neste problema temos novamente o mesmo pega ratão anterior, a altura da nuvem está em PÉS, então, logo de cara, precisamos transformar isso em METROS para aplicar as regras de três, antes que esqueçamos desse detalhe!

Sabemos que 1000 pés são 300m, logo 2000 pés são 600m. Então, no seu desenho, já substitua 2000 pés por 600m.

AULA 11 – Processo Adiabático – Exercícios



Vamos começar pelo dado que temos que é a temperatura do topo; aplicar a RAU (dentro da nuvem) e descobrir a temperatura na base da nuvem.

0.6 ---- 100m

X ---- 600m

$$X = 0.6 \times 600 / 100 = 3.6$$

Agora cuidado, a temperatura no topo é – (MENOS) 15, então somando-se 3.6, chega-se ao valor de – 11,4 °C na base da nuvem, ok?!

1 ---- 100m

X ---- 600m

$$X = 6$$

Agora cuidado novamente com os sinais!!!

A temperatura da base é – 11,4 + 6 = - 5,4!!!

6) Começamos aqui resolvendo com os dados que possuímos, logo, se temos a temperatura na base da nuvem, podemos descobrir no topo. Novamente CUIDADO COM OS SINAIS.

0.6 --- 100m

X ---- 1500m

$$X = 9$$

$$-2 - 9 = -11$$

Perceba que a temperatura era -2 e temos que reduzir 9 graus, pois estamos subindo, logo temos - 11.

Temperatura no solo: usando-se a RAS

1 ---- 100m

X ---- 800m

$$X = 8$$

- 2 + 8 = 6 (SOMA-SE porque estamos descendo, logo a temperatura aumenta)

Temperatura do orvalho no solo, usando-se a variação do ponto de orvalho:

0.2 ---- 100m

X ---- 800m

$$X = 1.6$$

- 2 + 1.6 = 0.4 (SOMA-SE porque estamos descendo, logo a temperatura aumenta)





TURBULÊNCIAS

Conforme sabemos, a atmosfera da Terra é uma mistura gasosa que acompanha a esfera sólida em todos os seus movimentos. Por se tratar de um sistema dinâmico, a atmosfera apresenta-se variável em muitos de seus aspectos.

Um deles é a irregularidade do movimento do fluxo de ar, resultante de vários fatores, tais como aquecimento diferenciado do solo e obstáculos naturais da topografia.

Esse movimento irregular do fluxo do ar, mais conhecido por turbulência, exerce efeito significativo no voo. As reações de uma aeronave à turbulência dependem das diferenças da velocidade do vento adjacente, do tamanho e peso da aeronave, da superfície das asas e da altitude de voo.

Quando passa rapidamente de um fluxo para outro, a aeronave sofre intensa mudança de velocidade. Obviamente, se o tempo de mudança for maior, a variação da velocidade da aeronave será menor, proporcionando maior suavidade aos "solavancos".

No entanto, o conhecimento antecipado das áreas de turbulência ajudará a evitar ou minimizar o desconforto e os perigos da turbulência.

CAUSAS DA TURBULÊNCIA:

Sob o ponto de vista hidrodinâmico, o movimento de um fluido pode ser "laminar" ou "turbulento".

Todavia, na atmosfera, é muito raro o movimento puramente laminar. Em realidade, por menor que seja, sempre haverá oscilações no movimento do ar, o que significa dizer que a turbulência é fator comum para a aviação.

Correntes Convectivas ou Termal, Turbulência Convectiva.

O gradiente térmico vertical da atmosfera, quando superior a $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, faz surgir, dentro e fora das nuvens, correntes verticais significativas capazes de interferir no movimento horizontal das aeronaves; quando no intervalo $0,6$ a $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, as correntes aparecem somente dentro das nuvens.



Evidentemente, quanto maior o gradiente, mais intensos serão os movimentos verticais, provocando efeitos de turbulência nos níveis mais baixos da Troposfera. A turbulência resultante desse processo recebe o nome de Turbulência Convectiva.

O topo das nuvens Cumulus define, aproximadamente, o limite superior dessas correntes. O voo à baixa altura, principalmente nas aproximações para pouso, pode ser perigosamente afetado por turbulência convectiva, capaz de alterar a trajetória de aterrissagem e causar acidentes graves.

Turbulência mecânica ou de Solo

Tanto a topografia acidentada quanto as edificações podem provocar desvios no fluxo horizontal do ar atmosférico. Em geral, os efeitos dependem da altura desses obstáculos e da intensidade do vento pois, quanto mais acidentada a topografia e quanto mais forte o fluxo, mais intensa e mais alta será a Turbulência Mecânica ou de Solo.

Este tipo de turbulência é resultado da fricção do fluxo de ar sobre a superfície irregular, fazendo surgir remoinhos capazes de afetar níveis de até 1.000 metros de altura.





Ondas de Montanha (Turbulência Orográfica)

As ondas de montanha são fenômenos turbulentos resultantes da regularidade e da alta intensidade do fluxo de ar que sopra perpendicularmente a uma cordilheira.

A barlavento das montanhas, o ar é forçado a ascender enquanto que, a sotavento, é forçado a descer estendendo seus efeitos sobre o vale, em forma de ondas.

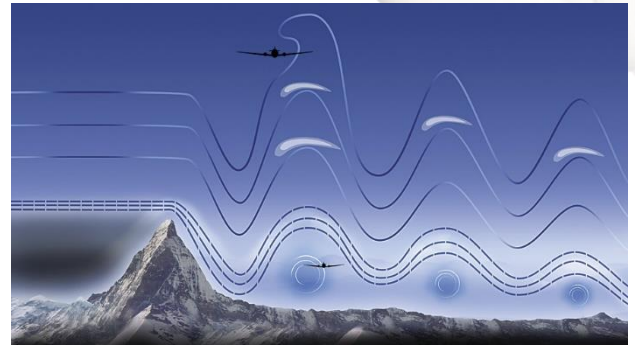
A turbulência resultante deste fenômeno é conhecida por Turbulência Orográfica.

Para existir ondas de montanhas são necessários alguns requisitos:

- componente do vento perpendicular à montanha de, pelo menos, 15 nós;
- intensa variação vertical do vento;
- intensa inversão da temperatura acima do topo das montanhas.
- Se essas condições ocorrerem simultaneamente a atmosfera, sobre a cordilheira, estará propícia à formação de ondas de montanha.

A turbulência orográfica se caracteriza pelos seguintes aspectos:

- tendência a debilitar-se a partir dos 10.000 pés acima do topo da cordilheira;
- possibilidade de formação de nuvens Nimbostratus ou Cumulonimbus a barlavento da cordilheira;
- possibilidade de formação de nuvens em forma de rolo no interior das cristas das ondas, indicando forte turbulência.
- possibilidade de formação de nuvens em forma de lente na parte superior das cristas, indicando turbulência moderada ou forte.

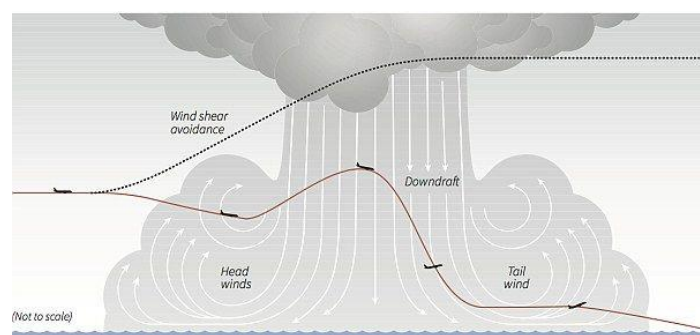


Cortante do Vento (Windshear)

Variações verticais ou horizontais do vento fazem aparecer forças de cortante capazes de provocar turbulência naqueles níveis.

Em geral, as variações mais importantes do vento, capazes de provocar turbulências muito fortes, são encontradas no interior da corrente de jato, na Tropopausa, e conhecidas por Turbulência em Ar Claro (CAT).

Nos níveis inferiores, todavia, as mais perigosas estão relacionadas com a presença de nuvens Cumulonimbus, provocando efeitos de cortante conhecidos por "Wind Shear" (tesoura de vento).

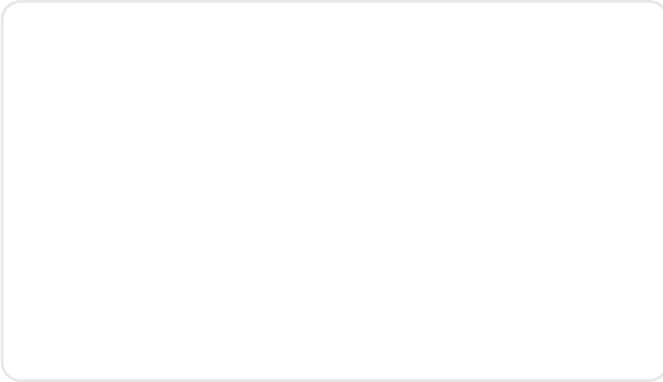




VENTOS

Deslocamento da ALTA para a BAIXA pressão → EQUILIBRIO!

Desenho:



Pressões diferentes são causadas por aquecimento desigual

POR QUE HÁ AQUECIMENTO DESIGUAL?

- Aquecimento diferente em latitudes diferentes
- Absorção desigual do calor
- Centros de Alta/Baixa
- Entrada de frentes

FORÇAS QUE ATUAM SOBRE OS VENTOS

- Força Gradiente de Pressão
- Força Centrífuga
- Força de Atrito
- Força Coriolis

FORÇA GRADIENTE DE PRESSÃO:

→ A variação da pressão no sentido horizontal, considerada sobre uma determinada distância, é chamada GRADIENTE DE PRESSÃO.

→ A força que desloca o ar no sentido das pressões mais baixas é denominada de FORÇA DO GRADIENTE DE PRESSÃO.

→ Essa força é que determina a velocidade com que o ar vai fluir. Essa força é diretamente proporcional à diferença de pressão e inversamente proporcional à distância entre as isóbaras.

Relembrando, no hemisfério SUL

ALTA PRESSÃO

Divergente
Anti-ciclone
Anti-horária
NOSE
Bom tempo
Vento Fraco
Estável

BAIXA PRESSÃO

Convergente
Ciclone
Horária
NESO
Mau tempo
Vento forte
Instável

- Os ventos que fluem equilibrados pela força do gradiente de pressão denominam-se **VENTOS BAROSTRÓFICOS**.
- A Força do Gradiente de Pressão é considerada a força motriz dos ventos.

FORÇA CENTRÍFUGA

→ Força que existe em função da **rotação DE QUALQUER CORPO**.

FORÇA DE ATRITO

→ Mudança da velocidade e direção do fluxo de vento próximo da superfície devido ao atrito com esta.

→ O atrito é influente até 600m (2.000 pés) denominado Nível de Gradiente.

Nível de Gradiente

Camada Limite → Solo até 100m → Vento de Superfície
Camada de transição → 100m a 600m → Vento Barostrófico
Camada Livre → Acima de 600m → Vento Geostrófico





FORÇA CORIOLIS

É uma força que desvia os ventos, devido a ROTAÇÃO TERRESTRE.

Como a Terra possui uma forma mais ou menos esférica, achatada nos pólos e dilatada no Equador e gira em torno de seu eixo norte-sul, todos os objetos na sua superfície estão sujeitos a uma força centrífuga.

Se não houvesse rotação, os ventos fluiriam horizontalmente apenas, mas como há rotação, a força centrífuga desvia o vento.

Coriolis → Desvia o fluxo de ar de formas diferentes nos hemisférios.

ESQUERDA no Hemisfério Sul
DIREITA no Hemisfério Norte

Devido a essas peculiaridades → Ventos adquirem características próprias em cada hemisfério.

DERIVAS

→ Voando de um centro de alta para um centro de baixa no hemisfério sul a deriva será para: **ESQUERDA**

→ Voando de um centro de alta para um centro de baixa no hemisfério norte a deriva será para **DIREITA**

Desenho:





CIRCULAÇÃO GERAL DOS VENTOS

Existe um grande centro de baixa pressão nas regiões equatoriais, em função do aquecimento.

Fluxo de ar:

Polos para o Equador → Superfície

Equador para os polos → Altitude

A circulação geral apresenta três aspectos:

- 1) Zona de convergência intertropical (ITCZ)
- 2) Circulação inferior até 20.000 pés
- 3) Circulação superior (acima de 20.000 pés)

ALISIOS PREDOMINANTES

Sudeste no Hemisfério Sul

Nordeste no Hemisfério Norte

3) Circulação Superior (Acima de 20.000)

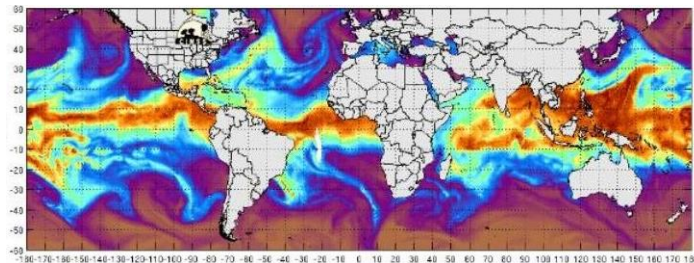
Apresentam direção predominante de Oeste devido a coriolis; podem ser destacados os seguintes ventos:

- 1) Corrente de Jato
- 2) Contra-alísios
- 3) Jatos de Leste
- 4) Vento Krakatoa
- 5) Vórtices Polares

1) Zona de Convergência Intertropical

É um cinturão de atividades convectivas, onde há muitos cbs e linhas de instabilidade de alta intensidade.

Na escala planetária, tem a função de transmitir calor e umidade dos níveis inferiores para os níveis superiores.



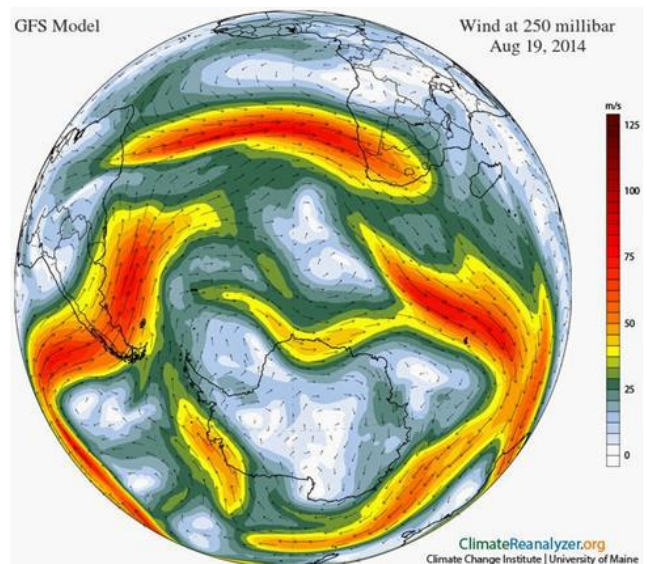
2) Circulação inferior (até 20.000 pés)

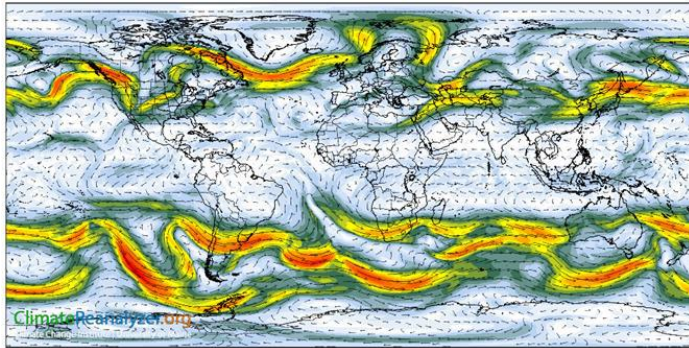
No paralelo 30° de cada hemisfério existem centros de alta pressão estacionários, chamados anticiclones. As altas pressões desse cinturão fazem com que os ventos fluam para o equador – criando um fluxo de ar constante chamados ALISIOS.



CORRENTES DE JATO

- Corredores de fortes ventos.
- Semelhante às correntes marítimas, porém de vento.
- Ocorre nas quebras da tropopausa com a troposfera.
- Flui praticamente na mesma região de Oeste para Leste.
- Formado por diferença de temperatura do ar polar frio que se move para o equador que encontra o ar equatorial que está se movendo para os polos.





Características das correntes de jato:

- Largura: 400km a 500km podendo atingir até 7km.
- Velocidade: Mínima 50kt, representada na SIGWX a partir de 80kt.
- Intensidade: Mais intensa no outono e inverno e no inverno sobre os continentes.
- Direção: Oeste
- Ocorrência: Quabras da tropopausa
- Nebulosidade: nuvem mais associada é a cirrus e na base cirrucumulus.
- Turbulência: CAT

CONTRA ALISIOS

- São o retorno dos alísios, sobre as latitudes 5º e 15º.
- Hemisfério Norte: Sudoeste
- Hemisfério Sul: Noroeste

JATOS DE LESTE

- Ocorrem acima de 40.000 pés sobre latitudes equatoriais e tropicais e se propagam até 20º de latitude em cada hemisfério.
- Maior intensidade no verão (até 60kt).

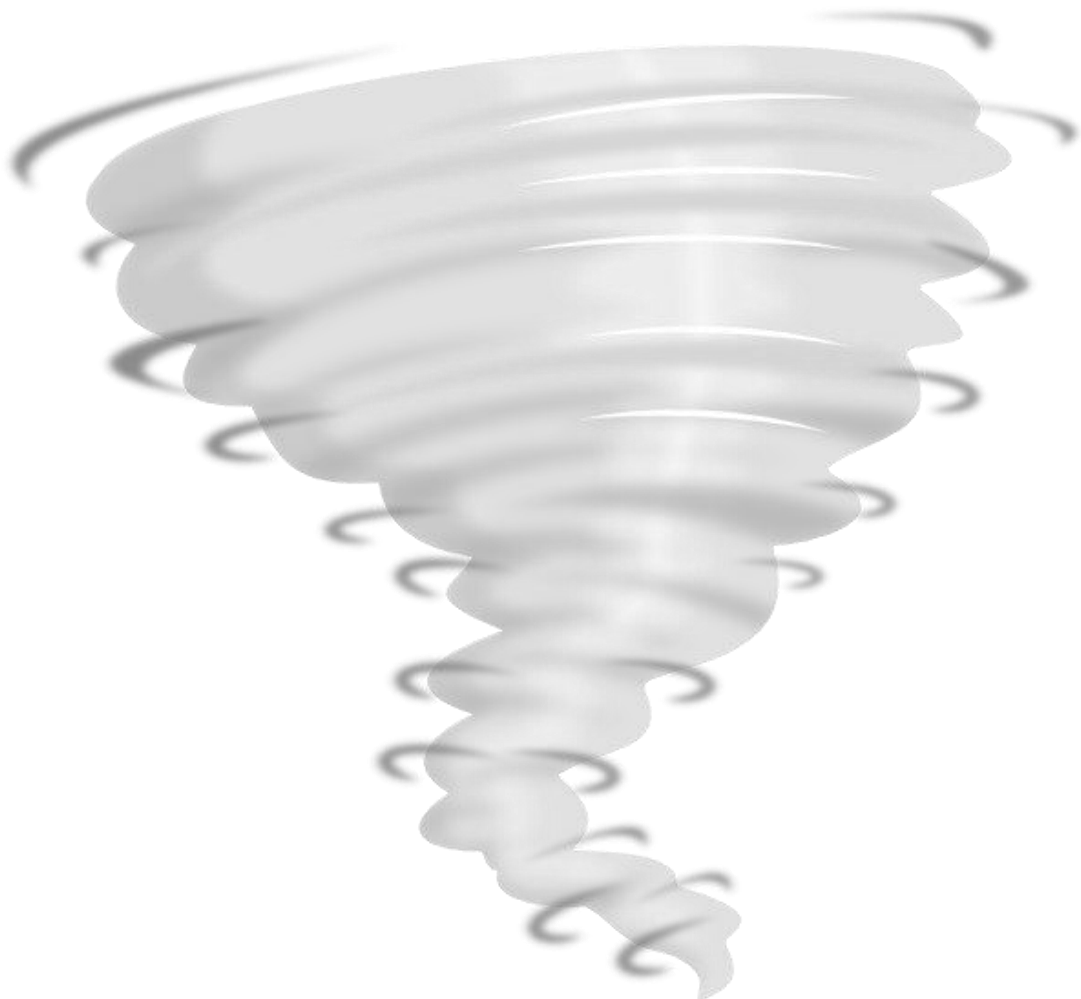
VENTOS KRAKATOA

Predominantes de Leste, acima da tropopausa com velocidades que podem ultrapassar 100kt.

VÓRTICES POLARES

A circulação nas latitudes maiores de ambos os hemisférios, acompanha a rotação da terra, de oeste para leste.

Movimento circular cria vórtices que geralmente acabam nos polos.



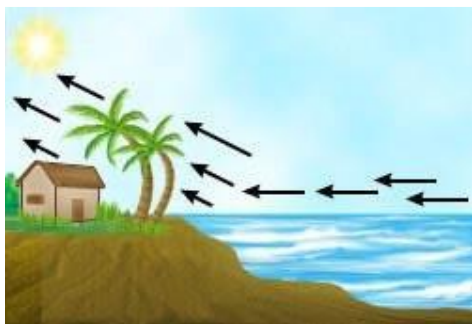


CIRCULAÇÃO SECUNDÁRIA OU REGIONAL DE VENTOS:

São perturbações de menor intensidade, dentro da circulação geral.

BRISA MARÍTIMA

- (Sopra do mar para a terra)
- Causada pelo aquecimento diurno
- Terra aquece mais rápido que o mar → Diferença de Temperatura → Diferença de Pressão → Brisa



BRISA TERRESTRE

- Causada pelo resfriamento noturno
- Terra resfria mais rápido que o mar
- Diferença de Temperatura → Diferença de Pressão → Brisa



Lembre-se: Diferença básica entre brisa marítima e brisa terrestre!

Brisa Marítima: do mar para terra de dia e é mais forte no verão do que no inverno.

Brisa Terrestre: da terra para o mar durante a noite e mais forte no inverno do que no verão.

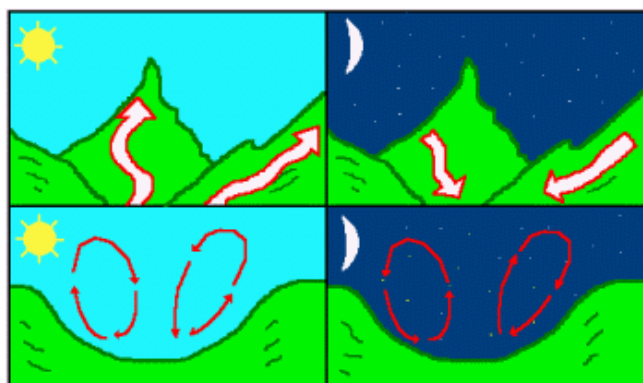
Brisas são ventos Barostróficos ou seja ventos de pequena distância.

VENTO DE VALE E MONTANHA

A origem destes ventos é ocasionada pela radiação solar diurna e pela radiação terrestre noturna.

VALE: O aquecimento diurno do fundo de vales e suas encostas, provoca o aquecimento do ar por contato, formando fluxos ascendentes de ar nas encostas, denominados de ventos de vales.

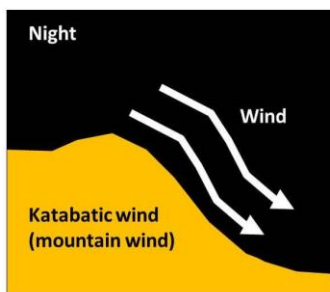
MONTANHA: O resfriamento noturno das montanhas e suas encostas, com o ar mais frio e mais denso, obriga o ar a descer as encostas, caracterizando assim, os ventos de montanhas.



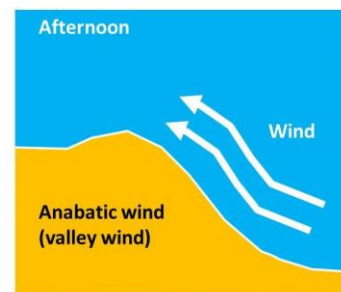
VENTOS ANABÁTICOS E CATABÁTICOS

ANABÁTICOS: sobem as encostas das montanhas de dia. – Ar quente que sobe (diurno)

CATABÁTICOS: descem as encostas durante as noites. – Ar frio que desce (noturno)



The mountain cools down, the air becomes heavier so it descends.



The sun warms the mountain, the air is lighter and ascends

MONÇÕES

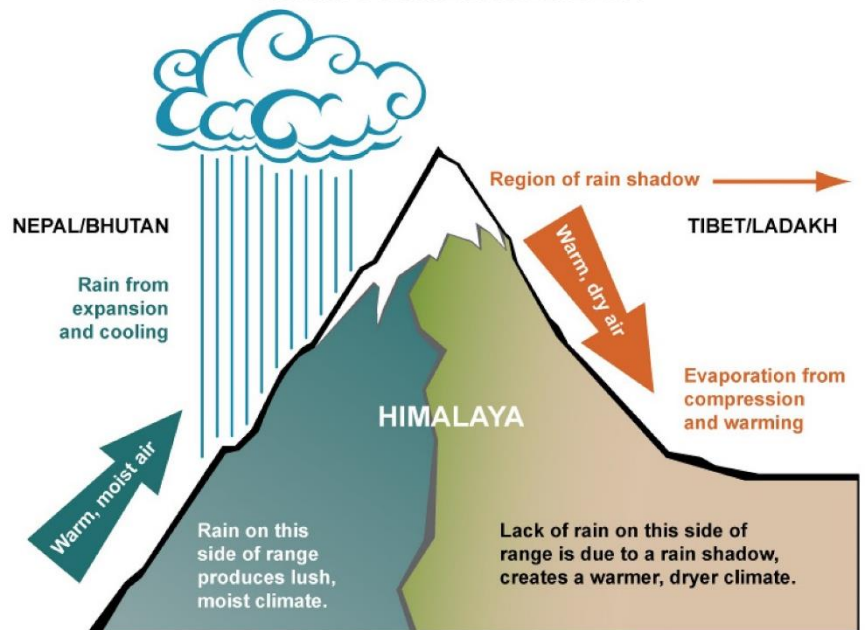
- São circulações termais que ocorrem em determinadas regiões do globo provocadas pela diferença de temperatura e entre o mar e o continente.
- Idênticas as brisas, porém em larga escala.



ASIAN SUMMER MONSOON

- **DE VERÃO:** Mar para a terra.
Devido ao aquecimento, o continente aquece mais que o mar e cria o movimento de ar úmido.

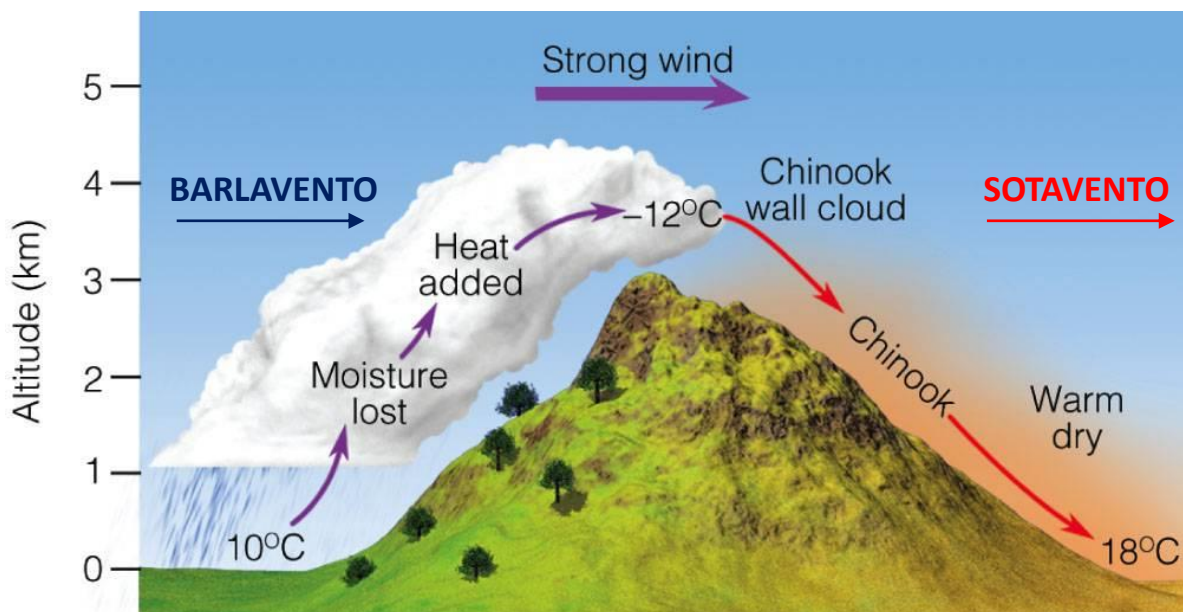
- **DE INVERNO:** Terra para o mar.
Devido ao resfriamento, o continente possui uma temperatura menor em relação a água, cria um movimento de ar seco.



VENTO FOHN

A origem destes ventos é ocasionada pela radiação solar diurna e pela radiação terrestre noturna.

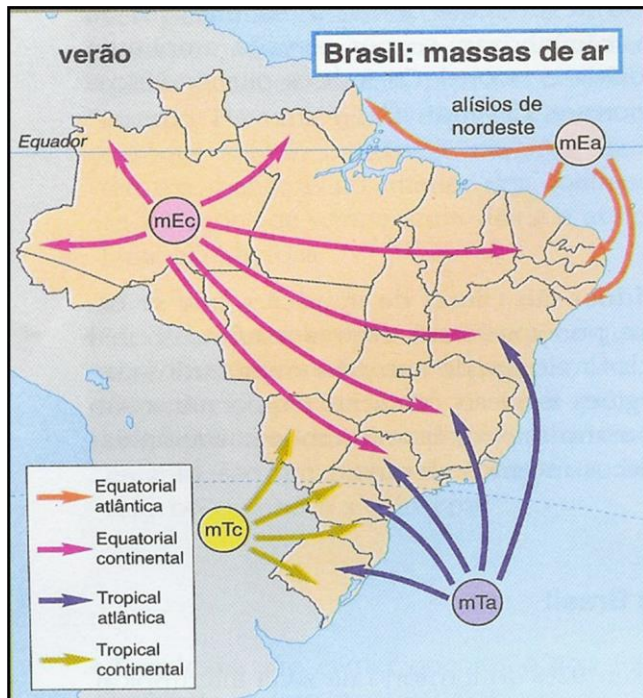
- Ventos que sopram perpendicularmente a uma montanha, são forçados a subir a barlavento e descem a sotavento.
- São ventos secos, pois geralmente a precipitação ocorre a barlavento.
- Turbulência e nuvens lenticulares a sotavento.





MASSAS DE AR

- Massa de ar em repouso adquire as características do local onde ela se encontra.
- Características homogêneas de temperatura, pressão, umidade.
- Essa grande bolha desloca-se de acordo com os centros de pressão.



Temperatura – quando se desloca para uma outra região apresenta diferença de temperatura.

- Se deslocando sobre uma região + fria → Massa de ar quente Letra w

- Se deslocando sobre uma região + quente → Massa de ar fria Letra k

Exemplos:

- **mPk** – marítima polar e fria
- **cTw** – continental tropical quente
- **cA** – continental antártica

Os fenômenos meteorológicos produzidos no interior de determinada massa de ar dependem das características dessas massas, isto é, das condições de temperatura, umidade e gradiente térmico vertical.

IMPORTANTE

As massas quentes, ao se deslocarem sobre regiões frias, tenderão a resfriar-se e, conseqüentemente, tornar-se-ão estáveis, o que propicia a formação de névoa e nevoeiros, reduzindo, significativamente, a visibilidade; As massas frias, ao se deslocarem sobre regiões quentes, tenderão a se aquecer e, conseqüentemente, tornar-se-ão instáveis, o que facilita a dispersão das partículas em suspensão, proporcionando boa visibilidade; As massas continentais possuem baixo índice de umidade, o que dificulta a formação de nuvens.

IMPORTANTE:

- As massas marítimas possuem alto índice de umidade, o que facilita a formação de nuvens e outros fenômenos meteorológicos;
- As massas quentes, úmidas e estáveis tendem a produzir má visibilidade, grande quantidade de nuvens estratiformes e chuva leve e contínua;
- As massas frias, secas e instáveis tendem a proporcionar boa visibilidade e pequena quantidade de nuvens; porém há grande probabilidade de CAT.
- As massas instáveis, quando úmidas, produzem grande quantidade de nuvens Cumuliformes e, conseqüentemente, chuvas fortes e trovoadas.

CLASSIFICAÇÃO

Natureza
Origem
Temperatura

As massas de ar são designadas por uma letra minúscula, que define a

- **Natureza** - se marítima (m) ou continental (c)
- **Origem** - Equatorial (E), Tropical (T), Polar (P), Ártica (A) e Antártica (A).



Uma massa de ar deslocando-se em direção a outro, provoca uma região onde características diferentes se encontram; essa região é chamada de frente. Haverá formação de vários fenômenos meteorológicos nesse encontro.

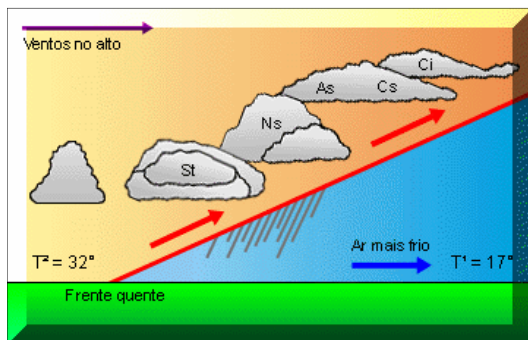
FRENTES

O QUE É UMA FRENTE??

- Uma frente é uma zona de transição entre duas massas de ar com características diferentes.
- É o ponto que toca o solo e divide duas regiões com características diferentes de temperatura, pressão e umidade.

ONDE ELA SE FORMA?

- Sempre se formam em cavados (linhas isóbaras de baixa pressão de um sistema aberto) localizados entre dois anticilones.
- Frente fria ☐ Se desloca em uma superfície mais quente.
- Frente quente ☐ Se desloca em uma superfície mais fria.



CARACTERÍSTICAS

- A precipitação é fraca e contínua.
- A faixa de nebulosidade é ampla.
- Deslocamento é lento.
- Visibilidade é muito baixa.
- Declive 1:150, podendo chegar a 1:200 e 1:300 (para cada km na vertical existem x km na horizontal)
- Representação na SIGWX -> Semi círculos

AR QUENTE TROPICAL ESTAVEL

Predomina nebulosidade STF (CI, CS, AS, NS, ST)

Gelo Escarcha

Não é previsto turbulência

AR QUENTE TROPICAL INSTAVEL

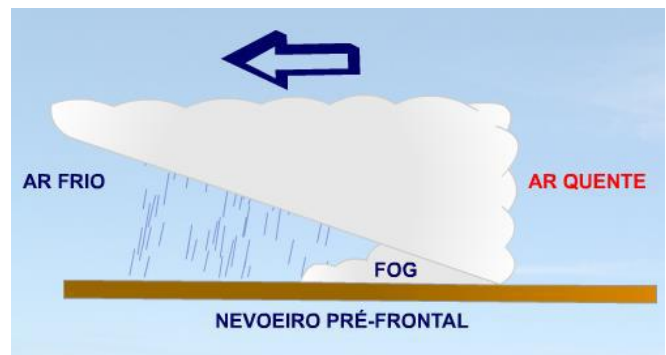
Aparece nebulosidade CMF (CI, CS, AC, NS, ST +CB/TCU de forma Eembutido)

Gelo misto

Turbulência quando nas nuvens CB e TCU.

FATORES PRÉ-FRONTAIS:

- Surgimento de **CI** e sobretudo de **CS** (Halo)
- A faixa de nebulosidade é muito mais ampla (mais larga) do que a das frentes frias
- São mais lentas do que as frentes frias.
- Visibilidade **RUIM**, reduzida por névoa, precipitações e por nevoeiro pré frontal
- Ventos de SE e SW.



FATORES PÓS-FRONTAIS

- Quando uma frente quente passa, as temperaturas e umidade aumentam, a pressão atmosférica sobe.
- As mudanças de tempo com a passagem de uma frente quente não são tão pronunciadas quanto à passagem de uma frente fria.
- As precipitações cessam e geralmente, o ar fica claro depois de passagem da frente.
- Ventos de NW e NE.

Ventos Frente Quente (Hemisfério Sul):

- Pré frontal: SE e SW
- Frontal: W
- Pós frontal: NW e NE



FRENTES

FRENTE FRIA

Características:

- Hemisfério Sul se desloca geralmente de SW para NE
- Faixa de nebulosidade mais estreita
- São muito ativas – trovoadas, pancadas de chuva forte...
- Na SIGWX → vetores triangulares

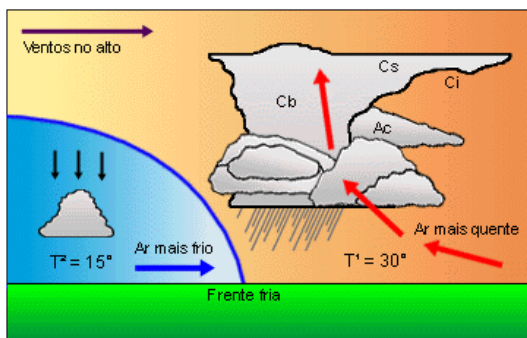
SE O AR QUENTE LEVANTADO É ÚMIDO E INSTÁVEL

Condensa em uma série de nuvens Cumulus (CU) e Cumulonimbus (CB). Ventos fortes nos níveis altos assopram os cristais de gelo formados perto dos topos das nuvens Cumulonimbus em nuvens Cirrostratus (CS) e Cirrus (CI).

QUANDO O AR LEVANTADO É QUENTE E ESTÁVEL

As nuvens predominantes são stratus e Nimbostratus, e nevoeiro pode formar-se na área de chuva.

- As nuvens Cumulonimbus formam um bando estreito de trovoadas que produzem pancadas de chuvas fortes com rajadas de vento.
- Frentes frias são mais ativas (chuva forte em pancadas) e mais rápidas que frentes quentes.
- A velocidade média de movimento de uma frente fria é de 35 km/h.



INDICADORES PRÉ-FRONTAIS:

- Um aumento da temperatura na superfície
- Uma queda da pressão atmosférica na superfície e nos níveis inferiores
- Surgimento de CI e, eventualmente, de CS e posteriormente CBs.
- Vento no HS de N e NW

INDICADORES PÓS-FRONTAIS:

- Uma queda da temperatura
- Um aumento da pressão atmosférica
- Ausência de precipitação
- Pode haver nevoeiro (apenas em frentes frias de deslocamento lento)
- Vento de SW e SE

VENTOS NO HEMISFÉRIO SUL

- Pré frontal: N e NW
- Frontal: W
- Pós frontal: SW e SE



Frente Fria de Deslocamento Rápido:

- É o tipo mais importante, pois ocasiona condições de tempos mais perigosas.
- Grande diferença de pressão → Velocidade alta
- Forma uma linha de TSRA ao longo da rampa frontal.
- Nebulosidade predominante CB e TCU.
- Ventos fortes com rajadas antes e após a passagem da frente com grande mudança de direção (mudança para esquerda no hem S e direita no hem N).
- Turbulência moderada e forte
- Ar tropical Instável → nebulosidade CUM
- Gelo CLARO
- Rampa muito acentuada
- Pode haver uma linha de instabilidade de 50 a 150Nm a frente da frente, principalmente no inverno quando essa frente acontece com maior frequência.

Frente Fria de Deslocamento Lento:

- Pequena diferença de pressão → Velocidade baixa.
- Ar tropical estável → nebulosidade STF com CUB embutida.
- Gelo MISTO
- Rampa menos acentuada



Comparações	FRETE QUENTE	FRENTE FRIA
Precipitações		
Redução de Visibilidade		
Formação de Gelo		
Turbulência		
Nebulosidade		

Frente Semi-Estacionária

- Pode ser fria ou quente.
- Apresenta deslocamento lento (<5KT)
- Localização na SIGWX ☐ Vetores triangulares e semi-circulares localizados em lados opostos.

Frente Oclusa

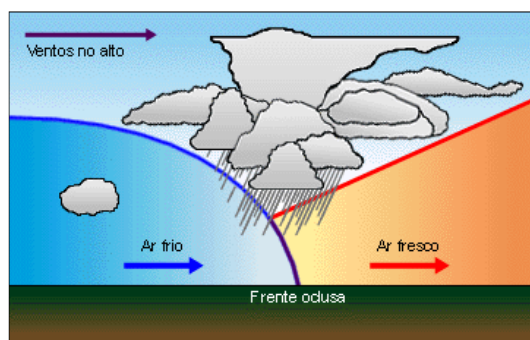
- Sobreposição de duas ou mais frentes.
- Pode ser oclusão do tipo quente ou do tipo frio.
- Possui as características de frente mais forte.
- Nebulosidade mista de frente fria/frente quente (CUB/STF).

FRENTE OCLUSA

MASSA ESTACIONÁRIA SECA → pode existir céu claro sem precipitação.

MASSA ESTACIONÁRIA ÚMIDA → nebulosidade com precipitações leves podem cobrir uma vasta área.

Uma frente estacionária pode tornar-se uma frente fria ou uma frente quente dependendo que massa de ar avança.



FRONTOGÊNESE E FRONTÓLISE

Como todo sistema sinótico, as frentes, ao se deslocarem na atmosfera, passam pelas fases de desenvolvimento, maturidade e dissipação.

FRONTOGÊNESE → Identifica um sistema frontal em crescimento ou intensificação, isto é, a área de contraste entre as duas massas de ar, mais conhecida por frente, está se intensificando.

FRONTÓLISE → indica que essa superfície de contraste está se dissipando ou enfraquecendo.

LINHA DE INSTABILIDADE

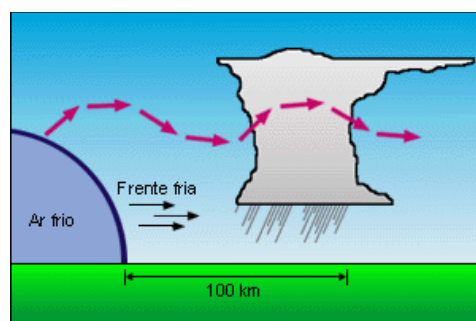
- É uma linha de TSTM'S mais ou menos interrompida, produzindo +TSHRA, com/sem saraiva e com relâmpagos de grande intensidade. Em outras palavras, é uma estreita faixa (ou linha) - não frontal - de trovoadas muito ativas

- As Squall Lines desenvolvem-se sobretudo nas regiões continentais das latitudes sub-tropicais, ora distantes de qualquer frente (SQ de massas de ar), sobretudo no verão, ora à frente de frentes frias rápidas, sobretudo no inverno, quando as frentes frias são mais intensas

- Costumam formar-se rapidamente e geralmente alcançam intensidade máxima na parte final da tarde e ao cair da noite

- CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS: Pancadas de chuva forte (+TSHRA, +SHRA), podendo originar:

- Windshear nas OPR de APCH → arremetidas
- VIS ZERO na pista ☐ arremetidas
- Aquaplanagem ☐ acidentes
- Vento na superfície variando de calmo a c/RJD de 20 a 30KT ou mais → Wind Shear → acidentes
- Turbulência forte





TROVOADAS

O que é uma trovoada?

Trovoada é o conjunto de fenômenos que se produzem associados a uma nuvem Cumulonimbus.

Este tipo de fenômeno meteorológico constitui-se em um dos maiores riscos para a atividade aérea, pois é responsável por uma série de fatores capazes de comprometer a segurança de voo → ventos fortes, granizo, relâmpagos, turbulência, formação de gelo e chuva intensa.

Estágios de uma trovoada:

O ciclo de vida de uma trovoada passa por três estágios consecutivos, cuja duração e intensidade dependerão dos fatores que deram origem ao fenômeno.

CUMULUS MATURIDADE DISSIPAÇÃO

ESTÁGIO CUMULOS (FORMAÇÃO)

- Predominância de correntes ascendentes que vão até o topo da nuvem.
- Diâmetro da nuvem varia entre 3 a 8 km e o topo situa-se entre 5 e 8 km.

ESTÁGIO DE MATURIDADE

- Correntes ascendentes e descendentes ;
- Os cristais de gelo dentro da nuvem são mais numerosos;
- Início da precipitação;
- Diâmetro típico da nuvem é de 10km.
- O topo atinge alturas que variam de 8 a 20 km.

ESTÁGIO DE DISSIPAÇÃO

- Correntes descendentes;
- Ventos fortes do topo transformam a nuvem em Cirrus em forma de bigorna.

TIPOS DE TROVOADA

a) MASSAS DE AR

Ocorrem no interior de uma mesma massa de ar.

b) FRONTAIS OU DINÂMICAS

Ocorrem associadas a sistemas frontais

Nas linhas de instabilidade são mais violentas.

40,000 ft / 12.2 km

32°F / 0°C

32°F / 0°C

32°F / 0°C

Towering Cumulus Stage

Mature Stage

Dissipating Stage





a) MASSAS DE AR

As trovoadas de Massas de Ar dividem-se em:

- a.1) Convectivas
- a.2) Orográficas
- a.3) Advectivas

a.1) CONVECTIVAS OU TERMAIS

- Estas formam por convecção.
- O aquecimento da superfície produz o aquecimento do ar por contato e o ar saturado se eleva formando as nuvens cumulus que podem evoluir até chegarem ao cumulonimbus.
- São mais frequentes durante o dia no verão sobre a terra e à noite no inverno sobre o mar.

a.2) OROGRAFICA

- Tem origem nos movimentos verticais por ação mecânica das elevações montanhosas.
- São intensas e persistentes dependendo somente da velocidade do ar úmido em choque com as montanhas e da instabilidade local.
- Esse tipo de trovoada ocorre a barlavento das montanhas.

a.3) ADVECTIVAS

- Ocorrem pela advecção do ar frio sobre áreas quentes quase sempre correntes marítimas quentes.
- A parte inferior da camada se aquecerá por contato elevando-se e iniciando a formação das trovoadas.
- Também ocorrem devido ao fluxo de ar úmido e aquecido por baixo de ar instável.
- Ocorrem à noite, no inverno e são chamadas de noturnas.
- São menos intensas menos comuns.

CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ASSOCIADAS A TROVOADAS

Turbulência

- Combinação de intensas correntes ascendentes e descendentes.

Granizo

- Fortes correntes ascendentes que atuam acima do nível de 0°.
- Coloração esverdeada.

Formação de Gelo

- Não oferecem tanto perigo à aviação porém está sempre associada à formação de cumulonimbus

Relâmpagos

- Descargas elétricas devido ao acúmulo de cargas elétricas dentro da nuvem.

Técnicas de Voo → Evitar a trovoada!!

Caso não seja possível:

- Verificar o estágio que se encontra. Nos estágios de cumulus e dissipação, o voo é praticável porém desagradável.
- Se o Cb for isolado circunde-o pela esquerda (se for no HS) e pela direita (se for no HN) pois é uma área de baixa pressão.
- Manter uma distância de 30km da tempestade
- Nas trovoadas dinâmicas, se a base for alta e o relevo favorável, passar pelas formações a uma altura mínima de 1.000m das maiores elevações e evitar precipitações.
- Manter-se em níveis maiores de FL300.
- Não voar entre 0°C e -10°C para evitar turbulência, gelo e granizo.



GELO

A formação de gelo é um dos maiores riscos que o conteúdo de água líquida contida na atmosfera pode representar para a aviação.

Ela afeta uma aeronave tanto interna quanto externamente.

INTERNAMENTE → o gelo se forma no tubo de Pitot, nos carburadores e nas tomadas de ar, reduzindo a circulação do ar para os instrumentos e motores.

EXTERNAMENTE → o acúmulo de gelo ocorre nas superfícies expostas do avião, aumentando o seu peso e a sua resistência ao avanço.

Obs: Quando ocorre nas partes móveis, como rotor e hélices, afeta o controle da aeronave, produzindo fortes vibrações.

O tipo de gelo que se forma numa aeronave depende basicamente do TAMANHO das gotas d'água existentes nas nuvens e da temperatura ambiente.

Características:

-GELO CLARO OU LISO

Este tipo de formação é o que oferece maior perigo às aeronaves em voo. É denso, transparente, desprende-se com dificuldade e altera significativamente o perfil aerodinâmico do avião.

Além disso, as gotas não se congelam instantaneamente e sua formação mais lenta permite a acomodação do corpo líquido antes da solidificação total.

A faixa térmica compreendida entre 0 e -10°C, associada às grandes gotas d'água das nuvens Cumuliformes, em ar instável.

É a área mais favorável à formação e à acumulação de gelo cristalino, logo, nessas condições, o voo deve ser evitado.

-GELO ESCARCHA OU OPACO

Este tipo de formação ocorre mais frequentemente em nuvens estratiformes, em atmosfera estável, na faixa térmica compreendida entre -10 e -20°C.

Devido a sua formação instantânea prende em seu interior pequena quantidade de ar atmosférico responsável pela sua aparência leitosa. Por desprender-se facilmente, ser mais leve e, ainda, acumular-se mais lentamente, não oferece tanto perigo.

Todavia, quando combinado com o tipo cristalino, altera demasiadamente a superfície aerodinâmica da aeronave se nenhuma providência for tomada por parte do piloto.

-GEADA

Este tipo de gelo, que se deposita em fina camada adere aos bordos de ataque, pára-brisas e janelas da aeronave em voo.

Nos mapas de previsão meteorológica e nas mensagens operacionais de interesse aeronáutico, a formação de gelo é classificada segundo sua razão de acúmulo sobre a aeronave, isto é, a quantidade de gelo formada na unidade de tempo.

Intensidade da Formação de Gelo

Por este critério, a formação de gelo pode ser:

LEVE

MODERADO

FORTE (SEVERA)

Não pesa nem altera os perfis, mas afeta a visibilidade do piloto.

Sua formação ocorre mais frequentemente quando a aeronave, após passar muito tempo em área muito fria, cruzar regiões com alto teor de umidade.

A quase instantânea sublimação do vapor d'água dá origem à geada.





METAR – Meteorological Airdrome Report é nome do código utilizado para a descrição completa das condições meteorológicas observadas num dado aeródromo. É, portanto, o resultado de uma observação realizada à superfície, de rotina, para a aviação

SPECI é também uma observação meteorológica de superfície para fins aeronáuticos, só que feita em hora não cheia, com a finalidade de reportar variações significativas que tenham ocorrido entre os intervalos das observações meteorológicas regulares

Planejamento Meteorológico de Voo:

- Importante conhecer as condições meteorológicas!
- METAR de todos os aeroportos envolvidos
- METAR de todos os aeroportos próximos
- Montar o “Cenário Meteorológico”

**METAR SBFL 101600Z 31012KT 9999
SCT033TCU 33/24 Q1001**

Localidade
Dia e Hora UTC
Direção/Velocidade do Vento
Visibilidades
Condição de Tempo
Nebulosidade
Temperatura do Ar/Ponto de Orvalho
QNH (Pressão)
Informações Suplementares

LOCALIDADE:

–Indicador de localidade (ICAO) a que se refere o METAR. Ex.: SBPA, SBFL, SAEZ

DIA E HORA:

–Dia e hora (minutos se SPECI) da observação em UTC, seguido da letra Z. Ex.: METAR SBPA 031000Z

DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO DE SUP:

DIREÇÃO:

A direção é informada DE ONDE VEM o vento e, nas informações meteorológicas, sempre com relação ao norte verdadeiro (norte geográfico) e com 3 algarismos. Ex.: 36010KT

Vento calmo tem a sua direção indicada por **000**
Vento norte tem a sua direção indicada por **360**

Uso do **VRB**: Quando a variação da direção for de 60° ou mais e a velocidade média for de apenas 01KT ou 02KT, registra-se o que estiver ocorrendo, sem direções extremas.

Todavia, se durante o período de observação a direção do vento variar de 60° ou mais porém menor do que 180° mas com a velocidade média do vento sendo ≥ 3KT, as duas direções extremas são informadas, com a letra **V** inserida entre as duas direções.

Exemplos:

- 1) VRB03KT 100V170
- 2) VRB10KT 170V340

Porém, se a variação da direção for de 180° ou mais registra-se VRB com qualquer valor de velocidade mas, desta vez, sem a informação das direções extremas.

Ex: VRB10KT - VRB25KT.

VELOCIDADE:

A critério de cada país, é facultado que a velocidade do vento seja dada em **m/s**, **km/h** ou em “**nós**”. No Brasil foi adotado o **nó (KT)**

A velocidade do vento é informada com 2 algarismos para velocidade de **até 99 KT**. Velocidades > 99KT terão a velocidade codificada por **P99KT**

Vento **calmo** é informado **00KT**
Vento **fraco** é 01 ou 02 KT

Se durante o período da observação for observado ocorrer “picos” de velocidade (rajadas) que excedam a velocidade média de 10 KT ou mais, essa rajada será reportada inserindo-se a letra **G** (*Gust* = rajada) seguida do valor da rajada.

VISIBILIDADES:

Informado até 800m de 50 em 50m ; 800 a 5000m de 100 em 100m; 5.000m a 9.999m de 1000m em 1000m.

Sempre será reportada a **MENOR** visibilidade em 4 algarismos.
Acima de 10km → código 9999



RVR – RUNWAY VISUAL RANGE

Utilizadas em aeródromos que operem com pouso de precisão.

Informada quando a visibilidade ou o alcance visual na pista for menor que 1500m

Alcance visual na pista RVR –
R(cabeceira)/visibilidade
U = aumentando
D = diminuindo
P1500 = maior que 1500m

Exemplos:
R08/1200D
R12/1300U
R05R/900

CONDIÇÕES DE TEMPO:

-Este grupo informa as condições de tempo reinantes na hora da observação.

-Em geral é composto de um único fenômeno.

-Pode, contudo, ser relatado até um máximo de 3

-Os fenômenos de tempo podem ser precedidos por qualificadores que os descrevem e que revelam também a sua intensidade ou proximidade

Preencha o significado das siglas abaixo de acordo com a aula:

NEBULOSIDADE:

Este grupo informa, em ordem crescente de **altura**, a quantidade de nuvens e a altura da base da camada em unidades de 100 pés (\cong 30 metros)

Sob circunstâncias normais os grupos de nebulosidade são formados por 6 dígitos, com os 3 primeiros indicando a quantidade de nuvens em oitavos de céu coberto e os 3 últimos a **altura** da base da respectiva camada até 10.000FT (\cong 3.000m)

Quando o termo **CAVOK** não for apropriado, mas não houver nenhuma nuvem de significado operacional, será usada a sigla **NSC** (No Significant Cloud)

- 1 e 2 oitavos serão informados como **FEW** – Poucas Nuvens
- 3 e 4 oitavos serão informados como **SCT** – Parcialmente Nublado
- FEW e SCT – Predominam os claros. Não constituem TETO
- 5 a 7 oitavos serão informados como BKN – Nublado
- 8 oitavos será informado como OVC – Encoberto. BKN e OVC constituem TETO

Os tipo de nuvens não identificados, exceto as nuvens convectivas significativas CB e TCU, as quais terão as suas abreviaturas explicitadas caso façam parte na nebulosidade existente sobre o aeródromo.

Qualificador		Fenômeno Meteorológico		
Intensidade	Características	Precipitação	Obscurecimento	Outros
Fraco - Moderado Forte +	MI-	DZ –	BR –	SS –
	BC -	RA –	FG –	DS –
	PR -	SN –	FU –	
	DR -	GR –	VA –	
	BL -	GS-	PU –	
	SH -		SA –	
	TS -			
	FZ -			



TEMPERATURA DO AR E PONTO DE ORVALHO:

As temperaturas do ar e do Ponto de Orvalho são sempre dadas em graus Celsius inteiros, com 2 algarismos, separadas por uma “/”
Temperaturas negativas serão precedidas pela letra “M”

PRESSÃO ATMOSFÉRICA:

É o **QNH**, arredondada para o hectopascal inteiro inferior
Virá sempre precedido pela letra Q quando a unidade for hPa ou por A quando a unidade for PolHg

INFORMAÇÕES SUPLEMENTARES:

Constituídas por informações sobre fenômenos de tempo recente (**RE**) de significado operacional e por informações de cortante de vento (Windshear) nos níveis inferiores

Informações de SBMT

Nome: Aeroporto Campo de Marte
Cidade: São Paulo/SP
Dia: 21 **Hora:** 02:00(UTC) **Localização:** 23°30'32"S / 46°38'1"
Visibilidade: 5000m **Teto:** Não há formação de teto
Céu: claro **Condições do tempo:** Chuva
Temperatura: 21°C **Umidade relativa:** 88% **Vento:** 230° com 2kt ou 4km/h



METAR

METAR SBMT 210200Z 23002KT 5000 -RA BR NSC 21/19 Q1018=

TAF

TAF SBMT 212000Z 2100/2112 00000KT 8000 FEW015 TN22/2109Z TX25/2111Z
PROB40 2109/2111 BKN014 RMK PGM=





Leitura x Interpretação

METAR SBFL 101600Z 31012KT 9999 SCT033TCU 33/24 Q1001

Tipo de Reporte	Estação/ Data e Horas	Vento	Visibilidade	Tempo Presente	Condições do Céu	Temperatura/ Ponto de Orvalho	Pressão (QNH)	Observações (Remarks)
METAR	LPLA 131900Z	20022G36KT	4000	RA	SCT012 BKN018 OVC080	21/17	Q1007	GRN
METAR	LPMA 131930Z	02004KT 350V060	9999		SCT018	19/13	Q1022	RS3405KT 053604KT 230103KT

CAVOK – “Ceiling and Visibility OK”

A sigla CAVOK virá no METAR ou SPECI substituindo os grupos de visibilidade horizontal, alcance visual da pista, condições de tempo e de nuvens sempre que as seguintes condições ocorrerem simultaneamente

- ✓ A visibilidade horizontal for ≥ 10 km
- ✓ Nenhuma nuvem de significado operacional (não houver nenhuma nuvem abaixo de 5.000ft ou abaixo da MSA) a que for maior, e sem CB e/ou TCU em qualquer altura
- ✓ Não estiver ocorrendo nenhum fenômeno de tempo significativo

Interpretação do METAR:

SBPA 071700Z 19006KT 9999 BKN018 OVC090
15/11 Q1013

SBCX 061600Z 10002KT 0000 FOG 1012

SBPA 0617Z 14005KT 3000 BR OVC007 17/16 Q1010

SBGR 0617Z 00000KT 5000 –RA BR FEW013 SCT023
OVC070 19/18 1016



SBCT 061700Z 32004KT 9999 FEW012 BN070 20/16 1012

METAR SBCX 261900Z 22006KT 0400 -DZ FG VV001 17/17 Q1016=

METAR SBPA 211900Z 28005KT 0500 +TSRA 10/08 Q1003

METAR SBCT 221400Z 27010KT CAVOK 20/15 Q1016

METAR SBGR 240800Z 12003KT 1000 -VCRA FEW020 SCT040 0300 BR 05/01 Q1010

METAR SBFL 280900Z 11012KT 0200 VCVA -TSRA FEW001 BKN 0200 20/10 Q1003

METAR SBSP 190500Z 01010KT 0400 + RETSRA FEW040 BKN 090 20/12 Q1014 Q1015

Windsock

METARTAF

KLBFNorth Platte Regional ...MVFR/TS/RA

KLBF 030106Z AUTO 09007G26KT 3SM +TSRA
BR OVC039 17/16 A3015 RMK AO2 PK WND
11027/0055 LTG DSNT ALQDS P0030 T01670156
18 minutes old

KCDRChadron Municipal AirportVFR/TS

KCDR 030119Z AUTO 05016G29KT 10SM TS
FEW055 FEW075 SCT100 26/09 A2996 RMK AO2 PK
WND 03032/0057 LTG DSNT ALQDS TSE0057B13
T02610089
5 minutes old

KCIDThe Eastern Iowa AirportVFR

KCID 030052Z 21004KT 10SM CLR 24/20 A2997
RMK AO2 SLP145 T02440200
32 minutes old

KSUXSioux Gateway Col. Bud Day FieldVFR

KSUX 030052Z AUTO 21004KT 10SM CLR 28/09
A2996 RMK AO2 SLP136 T02830211
32 minutes old



TAF

Terminal Aerodrome Forecast ou
Previsão Terminal de Aeródromo

Previsão das condições meteorológicas significativas que são previstas virem ocorrer num dado aeródromo durante o período de validade da previsão, incluindo-se qualquer mudança considerada significativa para as operações aéreas no aeródromo em questão. Esta previsão, destinada ao planejamento de voo, refere-se ao um aeródromo específico e é válida para a área operacional ao redor do mesmo ($\cong 5$ NM) Instabilidade absoluta.

METAR É UMA OBSERVAÇÃO

TAF É UMA PREVISÃO

As TAF's elaboradas para aeródromos domésticos têm validade de 12 horas e os elaborados para aeródromos internacionais têm validade de 24 horas, sendo renovadas a cada 6 horas

Obs: Pelo TAF é possível saber se o aeroporto é internacional ou nacional.

Os TAF's deverão estar à disposição dos usuários 2 horas antes de sua validade

- Grupo de Identificação (TAF + Localidade + Período de validade)
- Vento de Superfície previsto
- Visibilidade Horizontal
- Condições de Tempo Significativo Previsto
- Nebulosidade
- Visibilidade Vertical
- Cavok
- Previsão de Temperatura
- Grupo de Mudanças Significativas (FM, BECMG, TEMPO, PROB)

SBBR 211200 221200 13004KT 9999 SCT032
Tx24/2118Z Tn10/2210Z TEMPO 2118/2122
VRB08G20KT

GRUPO DE IDENTIFICAÇÃO:

–Período de Validade: Pode ser de 12 horas ou de 24 horas

CONDIÇÕES DE TEMPO SIGNIFICATIVO PREVISTO

- Se nenhum tempo significativo for esperado ocorrer, o grupo será omitido. Todavia, se a condição de tempo “deixar” de ser significativa, o grupo indicativo da “condição de tempo previsto” será substituído por NSW (No Significant Weather)
- NO SIG – Quando não é esperado mudanças significativas das condições meteorológicas apresentadas.

Qual a diferença de NSC, NSW e NO SIG?

NSC – quando CAVOK não é apropriado, mas não há nenhuma nuvem significativa (ex: cb)

NSW – quando condição deixa de existir ou deixa de ser significante

NO SIG – ausência de mudanças significativas.

PREVISÃO DE TEMPERATURA:

Dado pelo grupo **TXtp/dia-horaZ** ou **TNtp/dia-horaZ**, onde são fornecidas as temperaturas **máxima e mínima** previstas (ou mínima e máxima, conforme o caso), que deverão ocorrer durante o período de validade da TAF em questão

TX = Temperatura máxima

TN = Temperatura mínima

tp = Temperatura prevista, em °C

dia-horaZ = Dia e hora da temperatura prevista em, UTC

FROM = FM:

– Indicador **FM** (From) **+dia+h+min** (data, hora e minutos da ocorrência) é usado quando um conjunto de condições meteorológicas for esperado mudar “significativamente” para “outro” conjunto de condições meteorológicas.

– Assim, o indicador **FM** será usado para indicar o “início” de uma parte independente da previsão e na qual estão previstas mudanças significativas nas condições meteorológicas.



–Em termos de interpretação, significa que “Todas” as condições meteorológicas previstas antes deste grupo serão substituídas pelas novas condições previstas.

TAF SBBR 211200 221200 13004KT 9999
SCT032 Tx24/2118Z Tn10/2210Z TEMPO
2118/2122 VRB08G20KT 1000 +TSRA
BKN020CB FM212200 VRB03KT CAVOK

BECMG:

Na forma “BECMG hiht” serve para indicar mudanças das condições meteorológicas que são previstas ocorrer de forma “gradual” no período definido por hiht (hi=hora de início e ht=hora de término do período de variação)

O grupo BECMG - à exceção da informação sobre nebulosidade - será seguido somente pelos grupos que são previstos mudar significativamente.

Assim, quando um elemento meteorológico constante da parte anterior ao grupo BECMG “não for repetido” deverá ser entendido como “*ainda permanecendo em vigor*”

TAF SBPA 100000 102400 00000KT 0500 FG
VV003 BECMG 1012/1014 3000 BR OVC005

TEMPO:

Na forma de “TEMPO hiht” indica a previsão de “flutuações temporárias” nas condições meteorológicas e que podem ocorrer a qualquer momento durante o período compreendido entre **hi** e **ht**

Em termos de interpretação significa que as condições previstas por este grupo são esperadas que durem menos do que uma hora em cada situação e que, somados os períodos de ocorrência, perfazam **menos da metade** do período compreendido entre **hi** e **ht**

Ainda, em termos de interpretação, cumpre salientar que uma vez terminado o período de validade do grupo **TEMPO (hiht)**, as condições meteorológicas previstas por aquele grupo de variação deixarão de existir e voltar-se-á à condição meteorológica anterior a **TEMPO**.

TAF SBMN 201200 211200 00000KT 9999
BKN033 Tx35/2019Z Tn25/2109Z TEMPO
2016/2020 VRB10G22KT 0500 +TSHRA
BKN025CB

PROB:

Quando o previsor não tiver suficiente segurança para a utilização dos grupos **FM**, **BECMG** ou **TEMPO**, mas as condições meteorológicas previstas sejam significativas para as operações aéreas, far-se-á uso do grupo **PROB**, seguido do percentual de probabilidade de ocorrência das condições meteorológicas passíveis de ocorrer.

O grupo PROB tanto poderá ser usado “sozinho” como junto com os indicadores de mudança BECMG ou TEMPO

TAF SBPK 240600 241800 11005KT 5000 BR
OVC012 PROB 40 TEMPO 2412/2416 1000
RADZ OVC009

Emendas do TAF

Se o TAF precisar de uma correção, pode ser emitida uma emenda que seja identificada pela abreviatura AMD.

TAF SBPA 081500Z 0818/0918 32006KT 9999
SCT040 TX21/0818Z TN09/0909Z PROB40
TEMPO 0908/0912 3000 BR BKN010

Desenhe a linha do tempo:



PRATIQUE A INTERPRETAÇÃO:

1) TAF SBPA 061500Z 0618/0718 10010KT 9999
SCT008 BKN015 TX19/0618Z TN16/0708Z PROB40
0618/0620 BKN010 PROB40 0622/0709 3000 DZ BR
BKN004 BKN007 PROB40 0709/0714 4000 RA BR
BKN005 BKN012 RMK PDJ=

2) TAF SBSM 061500Z 0618/0706 08007KT 8000
SCT008 BKN020 TX18/0618Z TN15/0705Z PROB40
0618/0620 BKN010 BECMG 0702/0704 BKN004 RMK
PDJ=

3) TAF SBGR 061600Z 0618/0724 35010KT 9999
BKN035 TN20/0709Z TX28/0718Z PROB40
0618/0623 20010KT 6000 RA BKN007 BECMG
0700/0702 03005KT CAVOK PROB30 0708/0711
00000KT 0400 FG OVC001 BECMG 0712/0714
33012KT FEW035 BECMG 0715/0717 CAVOK BECMG
0719/0721 30008KT PROB30 0722/0724 05004KT
RMK PHH=

PRATIQUE A INTERPRETAÇÃO:

4) TAF SBCT 061500Z 0618/0718 32008KT 9999
SCT035 TX23/0618Z TN14/0708Z TEMPO 0622/0702
11012KT 4000 TSRA BKN008 BKN020 FEW030CB
TEMPO 0702/0712 3000 RA BR BKN005 BKN012
TEMPO 0712/0716 4000 SHRA BKN008 BKN020
FEW030TCU RMK PDJ=

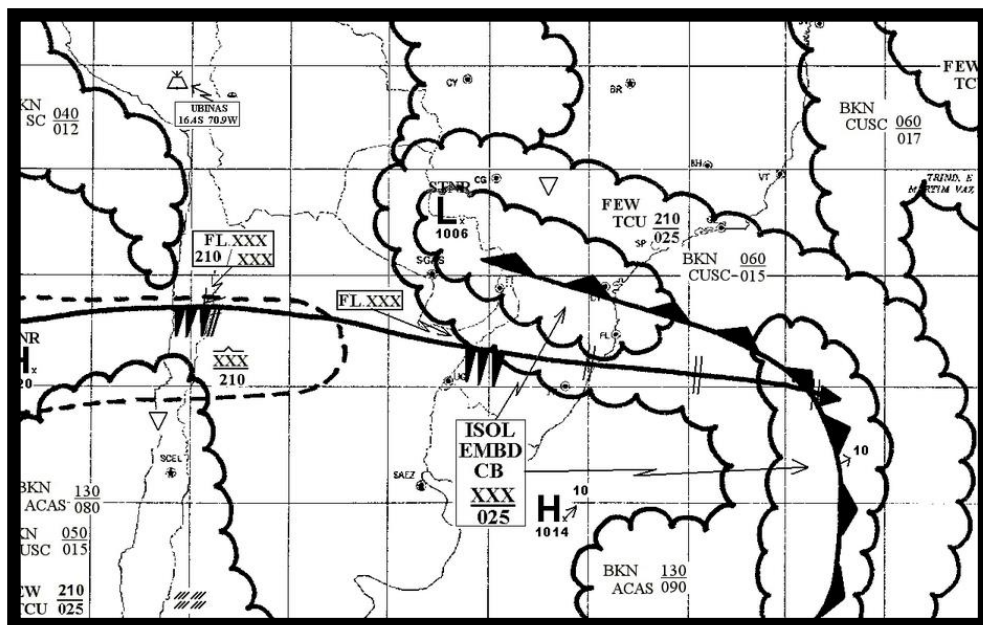




SIGWX

É uma carta onde são incluídos todos os fenômenos e condições meteorológicas consideradas “significativas” previstas desde o NMM e até um determinado nível, de acordo com as necessidades e possibilidades técnicas de cada país e a carta escolhida.

Destina-se a voos em rotas em que o METAR e o TAF seriam insuficientes.



No BRASIL → Duas cartas – NNM/250 (CNMA Brasília) e 250/ 630 (WAFC – washington)

Essas cartas são elaboradas com validade (VT) para as **0000, 0600, 1200 e 1800 UTC**

Os fenômenos meteorológicos considerados **significativos** são encerrados por uma “linha de vieira” ou por uma delimitação apropriada na área onde são previstos vir a ocorrer e representados por símbolos ou abreviaturas internacionais

Onde não há linha de vieira, não há fenômenos significativos, mas não significa que não haja nada ou esteja céu azul.

Como utilizar?

Analisar a carta com validade mais próxima ao horário do voo. No caso do voo ultrapassar a validade da carta, a sigwx subsequente deve ser considerada.

NEBULOSIDADE:

FEW, SCT, BKN e OVC

TCU's e CB's:

ISOL – Isolados
OCNL – Ocasionais, Bem separados
FREQ – Frequentes, Pouca separação
EMBD – Embutidos, Dentro de uma outra massa de nebulosidade

CAT

Turbulência em ar claro

JTST(JT) (J)

Corrente de jato

STNRY

Estacionário

QSTNRY

Quase-estacionário

WX

Tempo (meteorológico)

6 CICLONE TROPICAL	9 CHUVISCO
/// LINHA DE INSTABILIDADE	/// CHUVA
~ TURBULÊNCIA MODERADA	★ NEVE
^ TURBULÊNCIA SEVERA	▽ PANCADA
○ ONDAS OROGRÁFICAS	△ GRANIZO
⌋ GELO MODERADO EM AERONAVES	
≡ NEVOEIRO EM ÁREA EXTENSA	☄ TEMPESTADE DE AREIA OU POEIRA EM ÁREA EXTENSA
☢ MATERIAIS RADIOATIVOS NA ATMOSFERA	∞ NÉVOA SECA EM ÁREA EXTENSA
☀ ERUPÇÃO VULCÂNICA	≡ NÉVOA ÚMIDA EM ÁREA EXTENSA
S NÉVOA FORTE DE AREIA OU POEIRA	~ FUMAÇA EM ÁREA EXTENSA



	FRENTE FRIA
	FRONTOGÊNESIS DE FRENTE FRIA
	FRONTÓLISIS DE FRENTE FRIA
	FRENTE QUENTE
	FRONTOGÊNESIS DE FRENTE QUENTE
	FRONTÓLISIS DE FRENTE QUENTE
	ALTURA MÁXIMA DA TROPOPAUSA
	ALTURA MÍNIMA DA TROPOPAUSA
	NÍVEL DA TROPOPAUSA
	LINHA DE CONVERGÊNCIA
	NÍVEL DE CONGELAMENTO
	FRENTE OCLUSA À SUPERFÍCIE
	FRENTE SEMI-ESTACIONÁRIA
	FRONTOGÊNESIS DE FRENTE SEMI-ESTACIONÁRIA
	FRONTÓLISIS DE FRENTE SEMI-ESTACIONÁRIA
	ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL
	TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR
	VENTO FORTE À SUPERFÍCIE

H - Centro de Alta Pressão

L - Centro de Baixa Pressão

	Frente Fria
	Frontogênese
	Frontólise
	Frente Oclusa
	Frente Quente
	Frontogênese
	Frontólise
	Frente Estacionária
	Linha de Instabilidade
	ITCZ

WIND ALOFT PROG

ELABORAÇÃO: Centro de Previsão de Área (CPA),
HORÁRIOS: 0000 e 1200 UTC

INFORMAÇÕES: dados de radiossonda, radar-vento e fotografias de satélites meteorológicos

CONTEÚDO: temperatura, direção e velocidade dos ventos em pontos pré-determinados. As informações dos níveis superiores são divulgadas por níveis de pressão selecionados e serão utilizadas pelos aeronavegantes segundo o seu plano de voo.

Níveis de Pressão Níveis de Vão

850 FL050
700 FL100
500 FL180
400 FL240
300 FL300
250 FL340
200 FL390
150 (quando solicitada) FL450
100 (quando solicitada) FL530

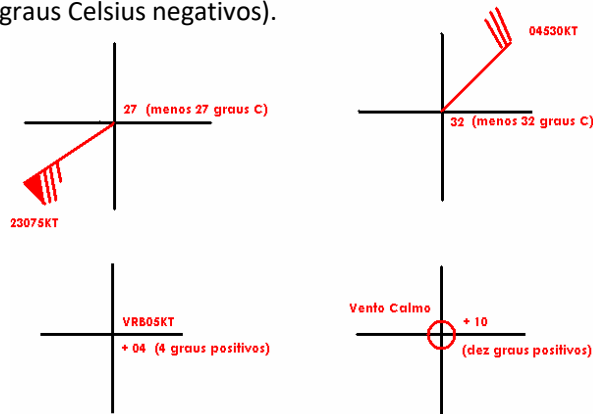
DIREÇÃO DO VENTO: graus verdadeiros, "de onde o vento vem", isto é, a direção do vento, estimada em múltiplos de 10 graus.

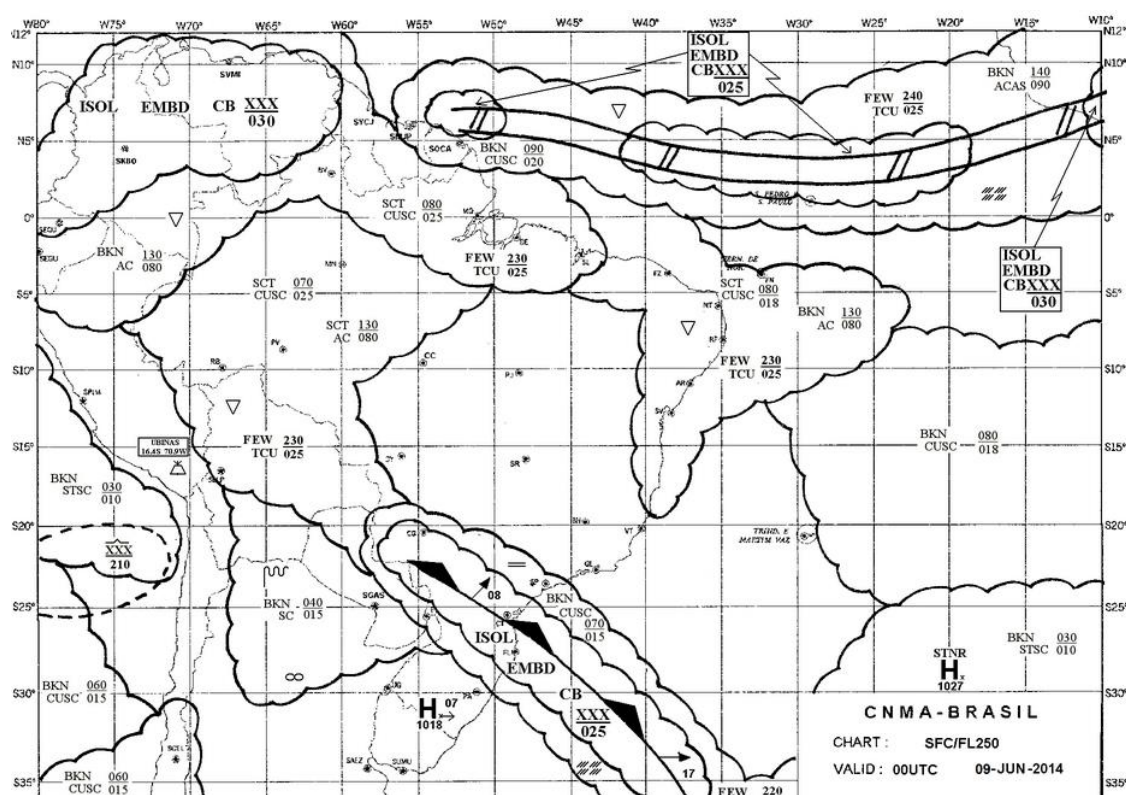
VELOCIDADE DO VENTO: uma haste pequena que indica 5 nós; uma grande, 10 nós; e uma bandeira cheia, 50 nós, repetidas conforme a combinação.

TEMPERATURA DO VENTO: Graus Celsius inteiros. Se positiva, é acompanhada do sinal "+"; se negativa, nenhum sinal a acompanha.

DEFINIÇÃO DOS CENTROS DE ALTA OU BAIXA: Pelo sentido dos ventos é possível definir os centros e a partir deles chegar a outras conclusões.

EXEMPLO: +10 (dez graus Celsius positivos); 10 (dez graus Celsius negativos).







ALTIMETRIA

Conceitos Iniciais (complete de acordo com o que você compreendeu na aula)

Altímetro pressão → _____

Rádio Altímetro → _____

Ajuste QFE → _____

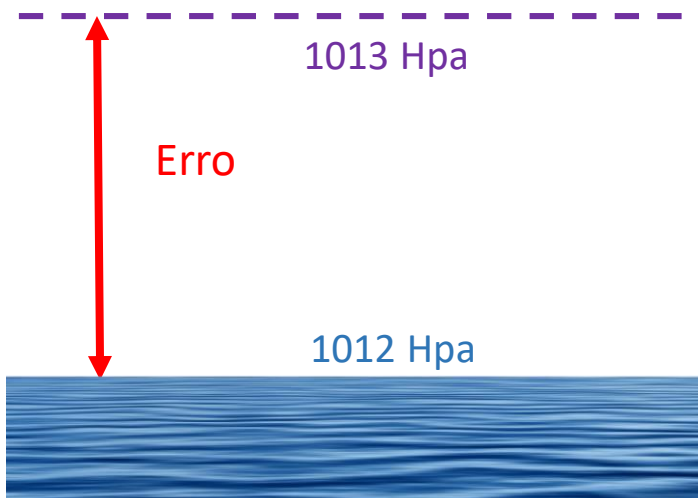
Ajuste QNH → _____

Ajuste QNE → _____

Qual a diferença de ALTURA e ALTITUDE?

ERROS DE PRESSÃO

Ocorrerão sempre que o QNH for diferente do QNE; entretanto, aeronaves que voam na mesma região com o mesmo ajuste, terão sempre o mesmo erro; consequentemente as distâncias verticais de separação entre as aeronaves irão ficar corretas, apesar do erro de indicação que ambas estarão expostas.



Altitude de Transição → Subindo, ajusta-se o altímetro QNH para QNE para ter a correta separação vertical entre as aeronaves.

Nível de Transição → Em descida, ajusta-se o altímetro de QNE para QNH para ter a correta separação com os obstáculos próximos ao solo, os quais constam nas cartas.

IMPORTANTE:

Voando-se ajustado QNH → Voa-se ALTITUDE → Próximo ao solo

Voando-se ajustado QNE → Voa-se NÍVEL DE VOO (FL) → Em altitude



IMPORTANTE:

Para calcular altura de nuvem tendo a temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho, use a seguinte fórmula:

$$H = 125 (T - PO)$$

H = altura

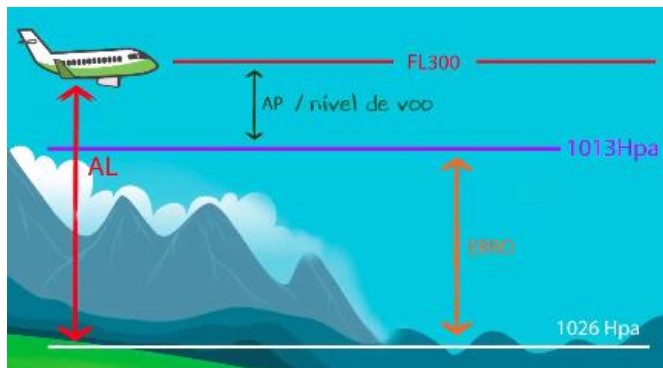
T = temperatura do ar

Po = temperatura do ponto de orvalho

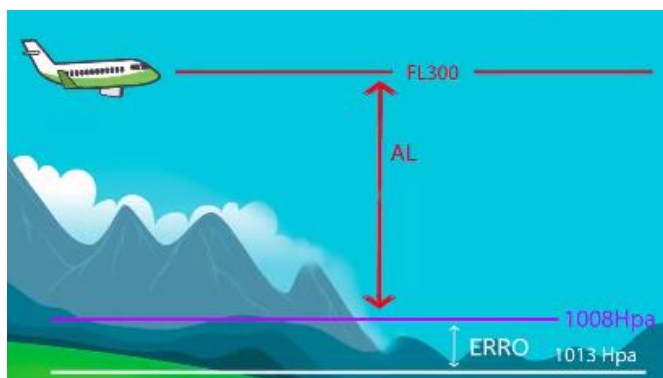


ERROS DE PRESSÃO

a) Pressão maior do que a padrão



a) Pressão menor do que a padrão



QNH > QNE → Soma-se o erro +
QNH < QNE → Subtrai-se o erro -

1 HP – 28,6 pés – 9m

Para fins de calculo 30 pés equivalem a 1 Hpa

Se subir → Reduz a pressão

Se descer → Aumenta a pressão

Qual o erro de uma aeronave que voa no FL100 com o QNH do dia 1023?

$$1023 - 1013 = 10$$

$$1 \text{ Hpa} - 30 \text{ pés}$$

$$10 \text{ Hpa} - X$$

$$X = 300 \text{ Pés}$$

$$10.000 (\text{FL } 100) + 300 = 10.300$$

IMPORTANTE!!

QNH > QNE

ERRO para MAIS

INDICAÇÃO para MENOS

QNH < QNE

ERRO para menos

INDICAÇÃO para mais

OBS: A INDICAÇÃO É SEMPRE O CONTRÁRIO DO ERRO!

Exercícios de Altimetria II:

1) Uma aeronave no FL100 sobrevoa uma região cuja pressão no nível médio do mar é 1020. O altímetro estará com erro de indicação:

- a) Para menos
- b) Para ISA
- c) Para mais

2) Uma aeronave sobrevoa um aeródromo em uma altitude pressão de 8000 pés. O QNH no momento do sobrevoo é 1007Hpa. A elevação do aeródromo é de 2700 pés. Com base nessas informações, pode-se afirmar que a altura do voo é aproximadamente, em pés:

- a) 4740
- b) 5120
- c) 7820
- d) 8000

3) O nível padrão encontra-se a 270 pés acima do nível médio do mar num dado momento. A pressão ao nível médio do mar no referido momento é de:

- a) 1022Hpa
- b) 1012Hpa
- c) 1004Hpa
- d) NDA

MAIS ALGUNS CONCEITOS (complete de acordo com a sua compreensão da aula)

Altitude Absoluta (AA) →

Altitude Pressão (AP) →

Altitude Indicada (AI) →

Altitude Calibrada (AC) →

Altitude Verdadeira (AV) →

Erro de Fricção →

Erro de Escala →

Erro de Histerese →

Erro de temperatura →

Erro de vedação →

Efeito Canyon →



ERRO DE TEMPERATURA

Se $TV=ISA$, não há erro altimétrico por temperatura.
Se TV é diferente da ISA , há erro altimétrico

ERRO DE: 4% da AP para cada $10^{\circ}C$ de variação entre a temperatura padrão e a temperatura no nível.

Temperatura real $> ISA$ = erro para mais –
indicação para menos - segurança
Temperatura real $< ISA$ = erro para menos –
indicação para mais - insegurança

ERROS COMBINADOS (Pressão e Temperatura)

Pressão

Se o $QNH > QNE = AL > AP$ (Pressão Alta) = Segurança
Se o $QNH < QNE = AL < AP$ (Pressão Baixa) =
Insegurança

Se no FL , $TV > ISA$ = Temperatura Alta = Segurança
Se no FL , $TV < ISA$ = Temperatura Baixa = Insegurança

Exercícios resolvidos em aula:



1) No $FL070$ a temperatura é de $10^{\circ}C$. Nesse caso teremos altitude:

- a) 6748
- b) 7252
- c) 7000
- d) 8252

2) Considerando-se a elevação do aeródromo de 3.000 pés e a temperatura do ar de $20^{\circ}C$ positivos, temos altitude corrigida, em pés, de:

- a) 4.130 pés
- b) 4.122 pés
- c) 4.000 pés
- d) 3.130 pés

3) Uma aeronave no $FL100$ sobrevoa uma região cuja temperatura externa é de zero graus Celsius. Nestas condições a referida aeronave estará voando:

- a) Ajustado QNH
- b) Dentro das condições ISA
- c) Com altitude-verdadeira maior que a AP
- d) Com altitude-verdadeira menor que a AP

REVISANDO

Pressão:

Se o $QNH > QNE = AL > AP$ (Pressão Alta) = Segurança
Se o $QNH < QNE = AL < AP$ (Pressão Baixa) =
Insegurança

Temperatura:

Se no FL , $TV > ISA$ = Temperatura Alta = Segurança
Se no FL , $TV < ISA$ = Temperatura Baixa = Insegurança

PTA x PTB

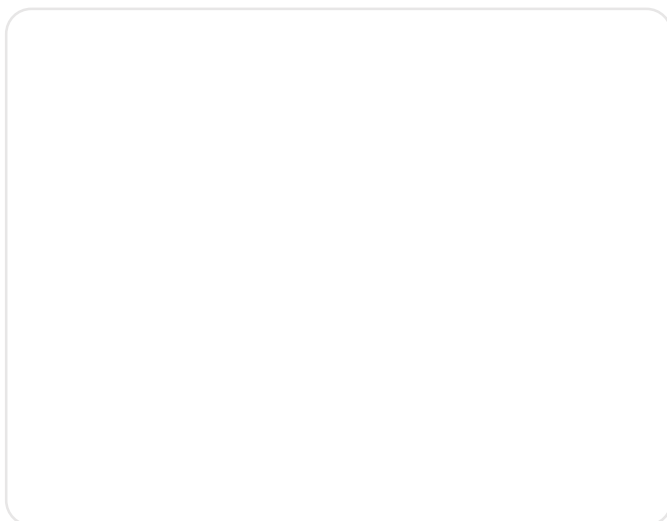
PTA → Pressão e temperatura alta → segurança

PTB → Pressão e temperatura baixa → Insegurança



Exercício Combinado resolvidos em aula:

1) Sabendo-se que a pressão em um sobrevoo de 5000 pés é de 1005 HPA, e que a temperatura no mesmo nível é $12^{\circ}C$, qual a altitude verdadeira?





ALTITUDE VERDADEIRA

Altitude que a acft realmente voa com a correção dos erros altimétricos mais influências; pressão e temperatura.

- Altitude verdadeira = AP + Erro pressão + Erro de temperatura

ALTITUDE DENSIDADE

Em outras palavras, é a altitude pressão AP corrigida para os erros de densidade do ar.

Em termos práticos e para uma aeronave, a Altitude Densidade revela para ela, acft, onde ela "acha que está".

Cumpre aqui salientar que a Altitude Densidade não é propriamente uma referência à "altitude" que voa a aeronave e sim uma referência à "performance" da aeronave.

Parâmetros que afetam a Densidade do Ar:

- Altitude
- Temperatura
- Umidade

Cálculo da Altitude Densidade

$$AD = AP + 100 (TV - ISA)$$

OBS: Alguns exercícios podem escrever a temperatura da seguinte forma:

FL 100 ISA + 4
FL 050 ISA -3

Entenda que não basta somar 4 ou diminuir 3 de 15°C, que seria a temperatura no nível médio do mar; é preciso calcular a temperatura no FL 100 e então somar 4, ou calcular a temperatura no FL050 e então reduzir 3°C; veja:

FL 100 ISA + 4

2° C - 1000 pés
X - 10.000 pés

X = 20°C (variação)

Considerando 15°C no solo, então +15°C - 20°C = -5°C

Apenas AGORA, soma-se os 4, então a temperatura que o exercício quer mostrar é que no FL 100 está -5°C + 4 = -1°C

FL 050 ISA - 3

2°C - 1000 pés

X - 5000 pés

X = 10°C

Considerando 15°C no solo, então +15°C - 10°C = 5°C

Apenas AGORA, diminui-se 3°C, então a temperatura que o exercício quer mostrar é que no FL 050 está 5°C - 3 = 2°C

Parabéns por ter chegado até aqui!
Grande abraço
Karen

*Dream
HARD
Work
HARDER*

**BLOCO 1.**

01. Distância vertical que separa um ponto no espaço da superfície do solo, conhecido como Altitude Absoluta ou altura:

- A) QFF
- B) QFE
- C) QNH
- D) QNE

02. Distância vertical que separa um ponto no espaço do nível do mar, conhecido como Altitude Indicada:

- A) QFF
- B) QFE
- C) QNH
- D) QNE

03. Distância que separa um ponto no espaço do nível padrão, conhecido como Nível Padrão, FL, Altitude Pressão:

- A) QFF
- B) QFE
- C) QNH
- D) QNE

04. A elevação de um aeródromo pode ser determinada por:

- A) QNE-QNH
- B) QNH-QNE
- C) QNE-QFE
- D) QNH-QFE

05. Uma aeronave pousada em um aeródromo e ajustada QNH no altímetro estará indicando:

- A) Altitude Indicada
- B) Altitude Pressão
- C) Altura do AD
- D) Altitude Absoluta

06. De acordo com os parâmetros estabelecidos pela atmosfera padrão (ISA), para cada 30 pés de altitude a pressão decresce em média:

- A) 1 hPa
- B) 2 hPa
- C) 3 hPa
- D) 4hPa

07. Pressão atmosférica determinada ao nível da pista de um AD, também conhecida como ajuste a zero:

- A) QNE
- B) QNH
- C) QFF
- D) QFE

BLOCO 2.

01. Uma aeronave sobrevoa a 3.000 pés de altura um aeródromo cuja elevação é de 1.140 pés, com o QFE no momento do sobrevôo de 968,2 hPa, sabe-se que a referida aeronave estará na altitude pressão de:

- A) 4.350 pés
- B) 3.000 pés
- C) 3.930 pés
- D) 4.140 pés

02. Uma aeronave encontra-se estacionada numa pista, cuja elevação é de 2.500 pés. A pressão reduzida ao nível do mar é de 1003,2 hPa. Com tais informações, pode-se afirmar que altitude indicada da aeronave é de:

- A) 2.200 pés
- B) 2.500 pés
- C) 2.800 pés
- D) 3.100 pés

03. Uma aeronave encontra-se pousada numa pista, cuja elevação é de 3.200 pés. A pressão reduzida ao nível do mar é de 1003,2 hPa. Com tais informações, pode-se afirmar que altitude de pressão aeronave é de:

- A) 3.000 pés
- B) 2.500 pés
- C) 2.800 pés
- D) 3.500 pés

04. Uma aeronave encontra-se pousada num determinado aeródromo, cuja elevação da pista é de 3.850 pés o QNH do local no momento, é de 1009,2 hPa. Qual a AP da aeronave em pés.

- A) 3.730
- B) 3.850
- C) 3.970
- D) 4.090

05. Uma aeronave sobrevoa uma região no FL070, onde o QNH no momento é de 1020,2 hPa. Com estas informações pode-se afirmar que a aeronave encontra-se na altitude:

- A) real de 6.679 pés
- B) real de 7.210 pés
- C) pressão de 6.790 pés
- D) pressão de 7.210 pés



06. Uma aeronave sobrevoa Brasília no FL060. A elevação da pista é de 3.450 pés, o QNH no momento do sobrevôo é de 1008,2 hPa. Com todas estas informações, tem-se que a altitude pressão da aeronave é de:

- A) 6.000 pés
- B) 6.150 pés
- C) 6.090 pés
- D) 5.850 pés

07. Uma aeronave encontra-se pousada num aeródromo cuja elevação é de 2.400 pés e o QNH no momento de 1017,2 hPa com as informações conclui-se que a altitude pressão aeronave é de:

- A) 2.520 pés
- B) 2.280 pés
- C) 2.100 pés
- D) 1.800 pés

08. Uma aeronave sobrevoa Brasília no FL075. A elevação da pista é de 2.450 pés, o QNH no momento do sobrevôo é de 1008,2 hPa. Com estas informações, tem-se que a altitude da aeronave é de:

- A) 7.350 pés
- B) 7.500 pés
- C) 7.650 pés
- D) 8.000 pés

09. Uma aeronave voando no FL140 sobre o aeroporto de Congonhas, o piloto constatou que a temperatura de 20°C positivos, e com a ATIS verificou que o QNH no momento é de 1023,3 hPa. A altitude verdadeira da aeronave é:

- A) 14.300 pés
- B) 16.198 pés
- C) 16.148 pés
- D) 12.452 pés

10. Considerando: altitude-pressão de 6000 ft, temperatura do ar de 08°C e QNH 1006,2 hPa. A altitude verdadeira da ACFT será de:

- A) 6.090 pés
- B) 5.910 pés
- C) 5.670 pés
- D) 6.330 pés

11. Considerando que a elevação de um aeródromo é de 1.000 pés e a temperatura do ar é de 25° Celsius, a altitude densidade será de:

- A) 1.900 pés
- B) 2.200 pés
- C) 2.500 pés
- D) 2.800 pés

12. Uma aeronave sobrevoa Brasília no FL090. A elevação da pista é de 3.450 pés o QNH no momento do sobrevôo é de 1008,2 hPa. Com todas estas informações, tem-se que a altitude pressão da aeronave é de:

- A) 9.000 pés
- B) 9.150 pés
- C) 9.090 pés
- D) 8.850 pés

13. Uma aeronave voando no FL060, com temperatura verdadeira de 07°C negativos, estará:

- A) Sem erro de pressão
- B) Voando acima da altitude pressão
- C) Voando abaixo da altitude pressão
- D) Voando na própria altitude pressão

14. Uma aeronave sobrevoa uma região no FL100, com QNH no momento de 1018,2 hPa, estará:

- A) Na altitude pressão de 9.850 pés
- B) Na altitude indicada de 10.150 pés
- C) Na altitude pressão de 10.150 pés
- D) Na altitude indicada de 9.850 pés

15. Uma aeronave sobrevoa um aeródromo, na altitude pressão de 8.000 pés, o QNH no momento é de 1007,2 hPa e a elevação do aeródromo é de 2.700 pés. Com base nestas informações, pode-se afirmar que a altura do voo é aproximadamente, em pés, de:

- A) 4.740
- B) 5.120
- C) 7.820
- D) 8.000

16. Uma aeronave no FL120, com temperatura verdadeira de -10°C, sobrevoa um ponto onde o QNH é de 1010,2 hPa. De acordo com as informações sabe-se que a referida aeronave encontra-se na altitude verdadeira de:

- A) 11.700 pés
- B) 11.862 pés
- C) 11.910 pés
- D) 11.958 pés

17. O piloto de uma aeronave no FL095 constata que a altitude verdadeira é de 9.200 pés. Pode-se concluir que a pressão ao nível do mar é de:

- A) 1003,2 hPa
- B) 1010,2 hPa
- C) 1013,2 hPa
- D) 1023,2 hPa



18. Uma aeronave sobrevoa uma região no FL050, considerando que a umidade do ar é bastante elevada e a pressão ao nível do mar é de 1018,2 hPa, concluiu-se que o altímetro apresenta:

- A) Erro de indicação para mais
- B) Indicação de 4.850 pés
- C) Erro de indicação para menos
- D) Indicação de 5.150 pés

19. Uma aeronave no FL100 sobrevoa uma região cuja pressão ao nível do mar é de 1020,2 hPa. Nestas condições o altímetro a aeronave apresenta:

- A) erro de indicação para menos
- B) erro de pressão para menos
- C) erro de indicação para mais
- D) nenhum erro altimétrico

20. Considerando a elevação de um aeródromo de 3.000 pés e a temperatura do ar de 20°C positivos, temos altitude densidade, em pés, de:

- A) 4.200
- B) 4.100
- C) 4.000
- D) 3.900



Bloco 1:	Bloco 2:	
		10 B
		11 B
01 A	1 A	12 A
02 C	2 B	13 C
03 D	3 D	14 B
04 D	4 C	15 B
05 A	5 B	16 B
06 A	6 A	17 A
07 D	7 B	18 C
	8 A	19 A
	9 C	20 B