

Navegação Aérea

Navegação aérea é a maneira de conduzir um veículo voador de um lugar a outro em segurança, pode ser um balão, um dirigível ou qualquer artefato próprio para voar. A Navegação aérea requer uma orientação constante, seja por conhecimento da região ou no interior das nuvens usando o recurso da agulha magnética ou ainda, à noite, usando como referencial as estrelas. Tendo em constante observação e análise tudo que envolva o trajeto como o consumo de combustível rotas e etc.¹

Tipos de Navegação:

-*Navegação Visual, por Contato ou Praticagem:* é o vôo visual, realizado sem o auxílio de instrumentos e com base nas referências do solo. O navegador desenha sua rota na carta, registrando pontos de destaque para serem sobrevoados. Esses pontos podem ser: rodovias, ferrovias, rios, lagos, pontes, etc.

-*Navegação Estimada:* processo que emprega bússola, relógio, relógio e velocímetro, considerando-se a direção e a distância voada a partir de um ponto de referência conhecido.

-*Navegação Rádio ou Radionavegação:* ondas emitidas por estações de rádio em posição conhecida são captadas pelas aeronaves e registradas por seus instrumentos. Quando o piloto sintoniza a estação desejada, automaticamente ela passa atuar sobre a rádio-bússola orientando o vôo.

-*Navegação Eletrônica:* toma por base equipamentos eletrônicos computadorizados.

-*Navegação Celestial:* o navegador determina a posição geográfica do avião observando os ângulos formados entre duas ou mais estrelas. É feita através de sextante, relógio, carta celeste e tabelas de navegação, quer permitem a realização de cálculos rápidos.

¹ http://pt.wikipedia.org/wiki/Navega%C3%A7%C3%A3o_a%C3%A9rea

-*Navegação por Satélite*: sistema que se baseia em 24 satélites colocados em órbita de 12.900 milhas náuticas, a partir de 1977. Utiliza os princípios da navegação celestial e eletrônica e é o mais moderno sistema de uso. Emprega o **GPS** - *Global Positioning System* que capta simultaneamente o sinal de 4 satélites diferentes e, por processo de triangulação, determina a posição exata da aeronave (latitude, longitude, altitude e hora).

Além da classificação acima, a navegação ainda pode ser classificada como:

-**VFR (*visual Flight Rules*)** - vôo visual, devendo obedecer às seguintes regras:

- Altitude máxima 14.500 pés (4.400m) e visibilidade maior ou igual a 5 km
- Distância horizontal de 400 m e vertical de 300m de qualquer vetor meteorológico.
- Somente vôo diurno ou se noturno, próximo ao aeródromo ou em rota.
- Conhecimento da estrutura do espaço aéreo e Código Brasileiro do Ar.

-**IFR (*Instrument Flight Rules*)** - vôo por instrumentos. É o único que pode ser realizado em vôos a grandes altitudes ou em qualquer tipo de tempo tal como alta nebulosidade. Consiste na emissão de vários sinais de rádio que auxiliam e orientam o vôo.

Termos Empregados na Navegação:

- *Aeródromo*: área de pouso e decolagem de aeronaves, sem infra-estrutura para embarque e desembarque de passageiros e cargas.
- *Aeroporto*: área de pouso e decolagem de aeronaves, com infra-estrutura para embarque e desembarque de passageiros e cargas.
- *Alternativa*: aeródromo especificado no plano de vôo para onde a aeronave segue caso se torne desaconselhável o pouso no aeródromo destino. Dependendo da distância, poderá ser o próprio aeródromo de partida.
- *Heliponto*: área de pouso e decolagem específica de helicópteros, sem estrutura especial para passageiros.
- *Heliporto*: área de pouso e decolagem específica de helicópteros, com estrutura especial para passageiros.
- *Altura* (↓): distância vertical de um ponto na atmosfera até o solo.
- *Altitude* (↓): distância vertical de um ponto na atmosfera até o nível do mar.

- *Teto* (↑): distância vertical entre o solo e as nuvens que cobrem mais da metade do céu. Sempre até 20 mil pés= 6 mil metros.
- *NOTAM*: boletim que indica alterações nas instalações e métodos de operação dos serviços de proteção ao voo.
- *Nível de Voo*: altitude definida para voo. Nas cartas aéreas, o Nível de Voo é designado pelas letras FL (Flight Level) e de maneira simplificada, através do corte dos zeros finais. Ex: nível de voo de 19.500 pés = FL 195.
- *Rota*: projeção na superfície da Terra, da trajetória estabelecida pela aeronave.
- *Rumo*: direção da rota estabelecida expressa em graus (de 000° a 360°), a partir do norte, no sentido do relógio.
- *Autonomia*: é o tempo de voo máximo que uma aeronave tem, de acordo com o volume de combustível abastecido e velocidade que voa. Normalmente esse cálculo é feito da seguinte maneira: Combustível até o destino + Combustível até aeródromo alternativo + 45 minutos de voo.
- *Velocidade de Cruzeiro*: velocidade na qual o consumo de combustível é o mais econômico possível.
- *Plano de Voo*: dados de um voo planejado, enviados e autorizados pelos serviços de controle de tráfego aéreo.
- *Mínimos Meteorológicos de um Aeródromo*: condições climáticas mínimas, estabelecidas por autoridade competente, para que a aproximação, pouso e decolagem IFR possa acontecer (o aeródromo pode estar fechado para VFR, mas aberto para IFR).

Competências do Serviço de Controle de Tráfego Aéreo:

- Prevenir abalroamentos aéreos.
- Prevenir colisões de aeronaves com obstáculos nas áreas próximas aos aeródromos.
- Acelerar e manter ordenado o fluxo de tráfego aéreo.

Estrutura do Espaço Aéreo Brasileiro

O Espaço Aéreo Brasileiro é controlado pelo **CINDACTA - Centro Integrado de Defesa Aérea e de Controle de Tráfego Aéreo**, com sede em Brasília (CI), Curitiba (CII) e Recife (CIII) e está dividido de 3 formas distintas:

1. Quanto ao Nível de Voo (altitude):

- Espaço Aéreo Inferior: da superfície até FL 245 (24.500 pés)
- Espaço Aéreo Superior: acima de FL 245

2. Quanto ao Serviço Prestado:

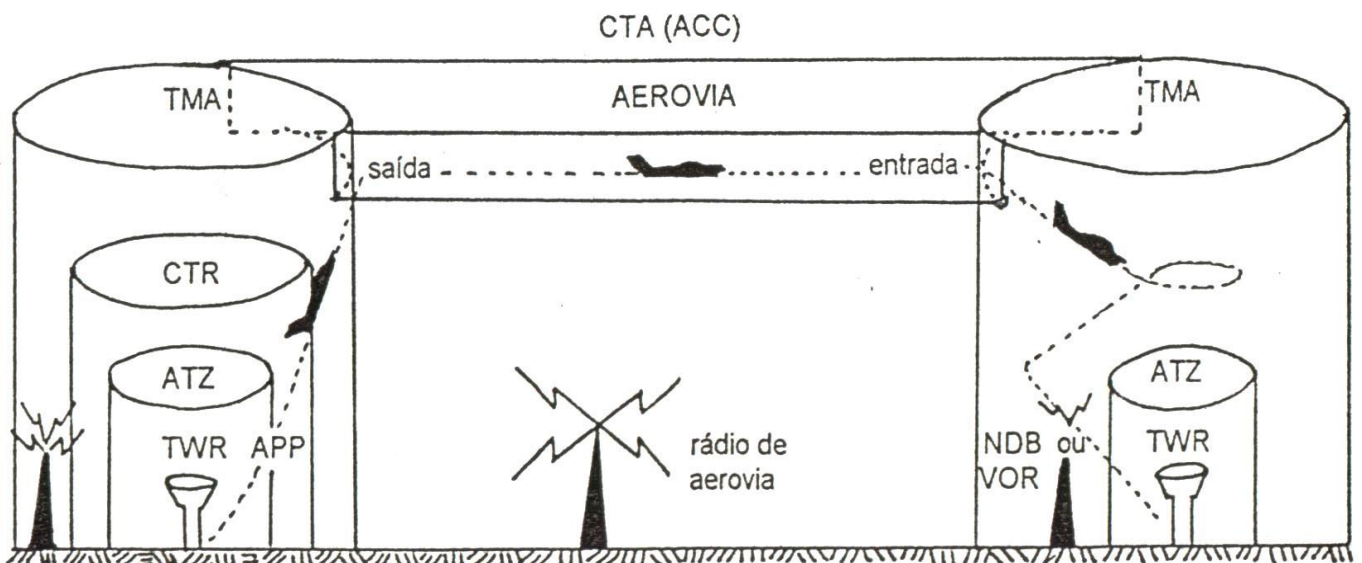
2.1 Espaço Aéreo Controlado:

- Aerovias (CTA)
- Zona de Controle Terminal (TMA)
- Zona de Controle de Aeródromo (CTR)
- Zona de Tráfego de Aeródromo (ATZ)

2.2 Espaço Aéreo não Controlado: áreas fora das aerovias e proximidades dos aeródromos. São chamadas de Regiões de Informação de Vôo (FIR).

3. Espaços Aéreos Condicionados:

- Áreas Proibidas (SBP) - onde o vôo é proibido.
Ex: espaço aéreo sobre a Refinaria de Paulínia;
- Áreas Perigosas (SBD) - onde o vôo é perigoso.
Ex: espaço aéreo sobre a Academia da Força Aérea;
- Áreas Restritas (SBR) - onde o vôo é sujeito a restrições.
Ex: zonas de tiro real sobre a Academia Militar de Agulhas Negras;
- Áreas Livres - onde o vôo é livre.



- **Aerovias:** rotas de vôo definidas e controladas, providas de auxílio navegação. Foram definidas com parâmetros de distância seguros para que não ocorram colisões. Podem ser de mão única ou mão dupla.
- Nelas, nenhuma aeronave pode seguir outra na mesma altitude a uma distância inferior a 80 km ou voar num rumo paralelo com aproximação inferior a 18 km. Na vertical, devem manter ainda uma distância mínima de 300 metros.
- Assim, cada aeronave tem à sua volta um "volume de segurança móvel", de 80 km de comprimento, 18 km de largura e 300 metros de altura.
- Em caso de acidente facilitam o trabalho das equipes de *Busca e Salvamento*.
- **Centro de Controle de Área (ACC):** órgão que auxilia o vôo entre aeródromos controlando por radar as aeronaves nas aerovias e evitando os choques de vôos em direção contrária. Ex: Cindacta I.
- **Zona de Controle (CTA):** área sobre a qual o espaço aéreo é controlado.
- **Área de Controle Terminal (TMA)** área situada na confluência de duas aerovias ou imediações de um aeródromo.
- **Zona de Tráfego de Aeródromo (ATZ):** área sob o controle específico e direto da torre do aeródromo, destinada ao tráfego de suas aeronaves.
- **Circuito de Tráfego de Aeródromo:** conjunto de trajetórias específicas para pouso e decolagem em um aeródromo.
- **Controle de Aproximação das aeronaves (APP):** auxilia no pouso e decolagem. Quando várias aeronaves se aproximam do aeródromo, o controle de aproximação orienta o vôo em círculos e escalonamento vertical próximo à cabeceira da pista. Em seguida, autoriza os pousos individualmente.
- **Torre de Controle (TWR):** controla o vôo nas imediações do aeródromo, manobras de pouso, decolagem e táxi nas pistas.
- **Região de Informação de Vôo (FIR):** regiões onde o espaço aéreo não é controlado.

Invasão do Espaço Aéreo Brasileiro:

Se o vôo de uma aeronave não identificada for detectado pelos radares do CINDACTA, o **GDA** - *Grupo de Defesa Aérea* é acionado e em poucos minutos aeronaves de caça e interceptação, decolam em busca do invasor.

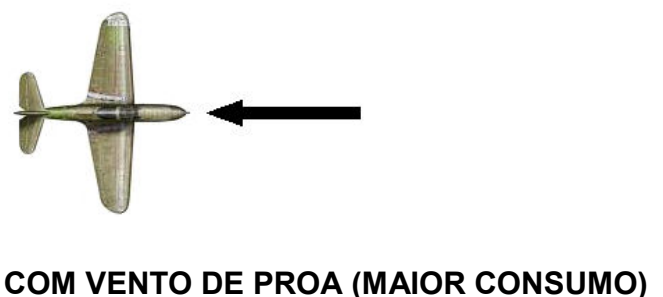
Após a interceptação, a aeronave é conduzida até um aeródromo militar onde fica detida até que preste os esclarecimentos necessários.

Projeção Cônica de Lambert:

Carta na qual o Globo Terrestre foi reproduzido num cone antes de ser passado para um plano (mapa). Esse artifício permite um mínimo de distorção da realidade. A WAC é editada com este tipo de projeção.

Efeitos do Vento:

1. *Neutro*: o piloto não precisa corrigir o curso do avião. Vento calmo (≤ 6 Kt).
2. *Favorável*: quando o vento sopra de cauda, aumentando a velocidade e podendo ou não causar afastamento lateral.
3. *Desfavorável*: quando o vento sopra na frente do avião (de proa), diminuindo a velocidade e podendo ou não causar afastamento lateral.
4. *Indiferente*: quando o vento sopra exatamente de lado (través), sem necessariamente afetar a velocidade, mas causando um pequeno ou grande afastamento lateral.



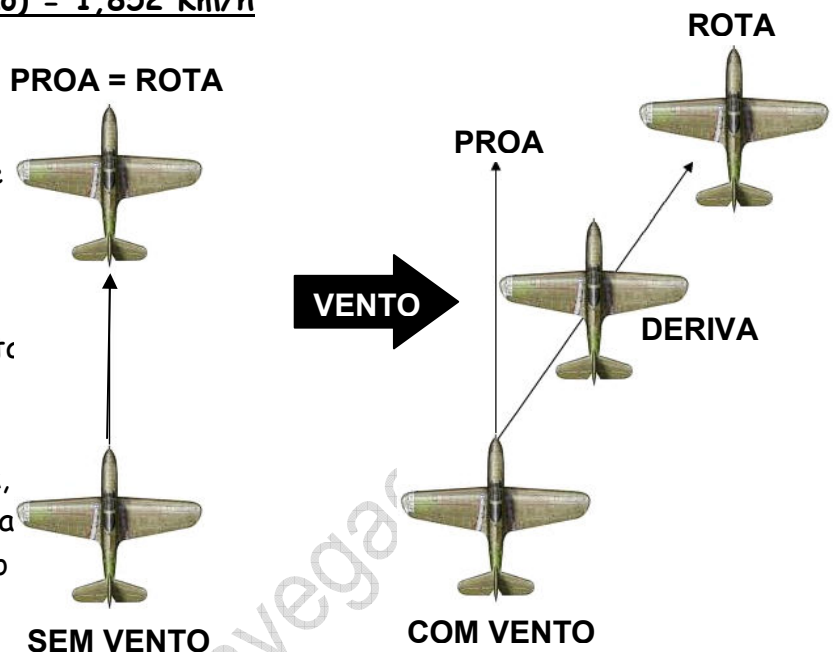
Velocidade do Vento no Pouso de Pequenas Aeronaves

- Se o vento estiver calmo, ou seja, com intensidade igual ou menor que 6 nós (≤ 6 Kt), o piloto poderá pousar em qualquer cabeceira da pista.
- Se o vento estiver acima de 6 nós (> 6 Kt), o piloto deverá pousar na cabeceira que estiver contra o vento.
- Se o vento incidente for de través, ou seja, incidir lateralmente na aeronave ($90^\circ \pm 5^\circ$), e tiver velocidade igual ou superior a 17 nós (≥ 17 Kt), o piloto não deverá pousar.

Observar Importante: 1 kt (nó) = 1,852 Km/h

Deriva:

É o desvio que a aeronave sofre devido à força do vento. Este desvio forma um ângulo entre a proa (para onde o nariz da aeronave está apontado) e a rota (para onde a aeronave voou). Para corrigir este desvio, o piloto tem que somar à sua rota, o mesmo ângulo formado entre a proa e a rota, só que em sentido contrário.

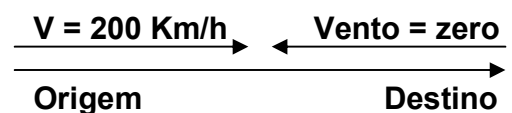


Correção da Deriva em Função

A presença dos ventos durante um vôo não pode ser ignorada. Da mesma forma que podem favorecer "empurrando" a aeronave, podem também prejudicar bastante se estiverem em sentido contrário. Nesse caso a aeronave precisara aumentar a velocidade e consumir mais combustível para cortar essa verdadeira barreira. Uma maneira simples e eficiente para calcular a influencia do vento no vôo, e as correções necessárias é o Diagrama Vetorial. Por exemplo:

Situação 1:

- Velocidade do vento = zero
- Direção do vento = inexistente
- Rumo do vôo = 90° (leste)
- Velocidade da aeronave = 200 km/h
- Distância = 200 km

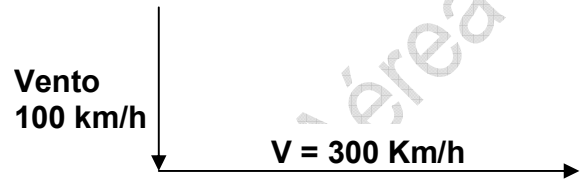


- Nessa situação, o vento não interfere na aeronave e o tempo de vôo será de 1 hora.

- Se houver um vento de direção contrária (oeste), com velocidade igual à velocidade do vôo (200 km/h), a aeronave não teria força para sair do lugar. Para que isso acontecesse, precisaria aumentar a velocidade de vôo. Por exemplo:
 Para v aeronave = 400 km/h, o tempo de vôo seria de 1 hora.
 Para v aeronave = 250 km/h, o tempo de vôo seria de 4 horas.

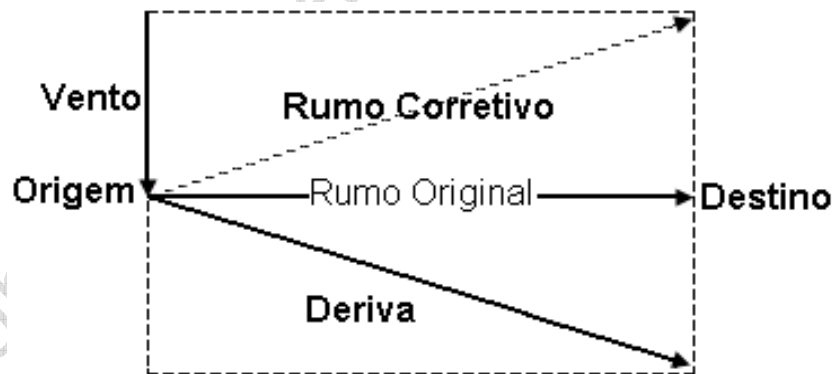
Situação 2:

- Velocidade do vento = 100 km/h
- Direção do vento = 180° sul
- Rumo do vôo = 90° (leste)
- Velocidade da aeronave = 300 km/h
- Distância = 300 km



Método do Diagrama Vetorial:

Consiste em traçar vetores (setas) paralelos aos já existentes. A deriva (direção sem correção) é obtida ligando-se os extremos da figura formada. A partir da determinação da deriva, obtêm-se a correção necessária da velocidade e rumo para que a aeronave chegue ao destino mesmo com a influencia do vento.



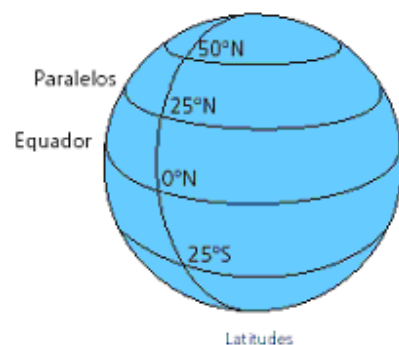
Conceitos Básicos de Trabalho com Bússola:

- *Carta*: representação em escala plana, dos acidentes naturais e artificiais existentes na superfície da Terra.
- *Convenções Cartográficas*: símbolos e cores padronizados, empregados nas cartas para indicar as construções e acidentes existentes no terreno.
- *Curvas de Nível*: representação do relevo (terceira dimensão) na carta. Junto a seu traçado, existe um número (cota) que é o da altitude (em metros) da mesma.
- *Escala*: é a relação existente entre as dimensões representadas na carta e seus valores reais no terreno. Pode ser numérica ou linear.
- *Norte Verdadeiro (NV)*: é onde se encontra os meridianos terrestres.
- *Norte Magnético (NM)*: é o norte indicado pela agulha da bússola. É mais empregado porque é determinado diretamente, por simples leitura da bússola.
- *Norte Quadrícula (NQ)*: é indicado pelas verticais das quadrículas das cartas.
- *Declinação Magnética*: é o ângulo entre o norte magnético (NM) e o norte verdadeiro (NV). Sofre alterações anuais e por isso necessita ser sempre corrigido.
- *Azimute ou Rumo*: ângulo formado entre o objetivo (rumo desejado) e o norte magnético da bússola, no sentido horário (de 000° a 359°).
- *Contra-Azimute*: direção oposta a do azimute, ou seja, o azimute acrescido de 180°.
- *Bússola*: instrumento formado por uma caixa e agulha que aponta sempre para o norte magnético (NM). Sua função é auxiliar na orientação sobre o terreno. Seus valores são expressos em graus e devem ser lidos no sentido horário.
- *Graus, Minutos e Segundos*: relação de equivalência $1^\circ = 60'$ e $1' = 60''$.

Sistema de Coordenadas Esféricas:

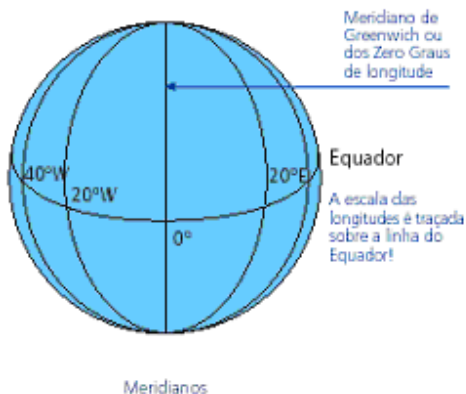
Latitude

A latitude é a distância ao Equador medida ao longo do meridiano de Greenwich. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 90° para Norte ou para Sul. Por exemplo, Lisboa está à latitude de 38° 4' N, o



Rio de Janeiro à latitude de $22^{\circ} 55' S$ e Macau à latitude de $22^{\circ} 27' N$.

Longitude



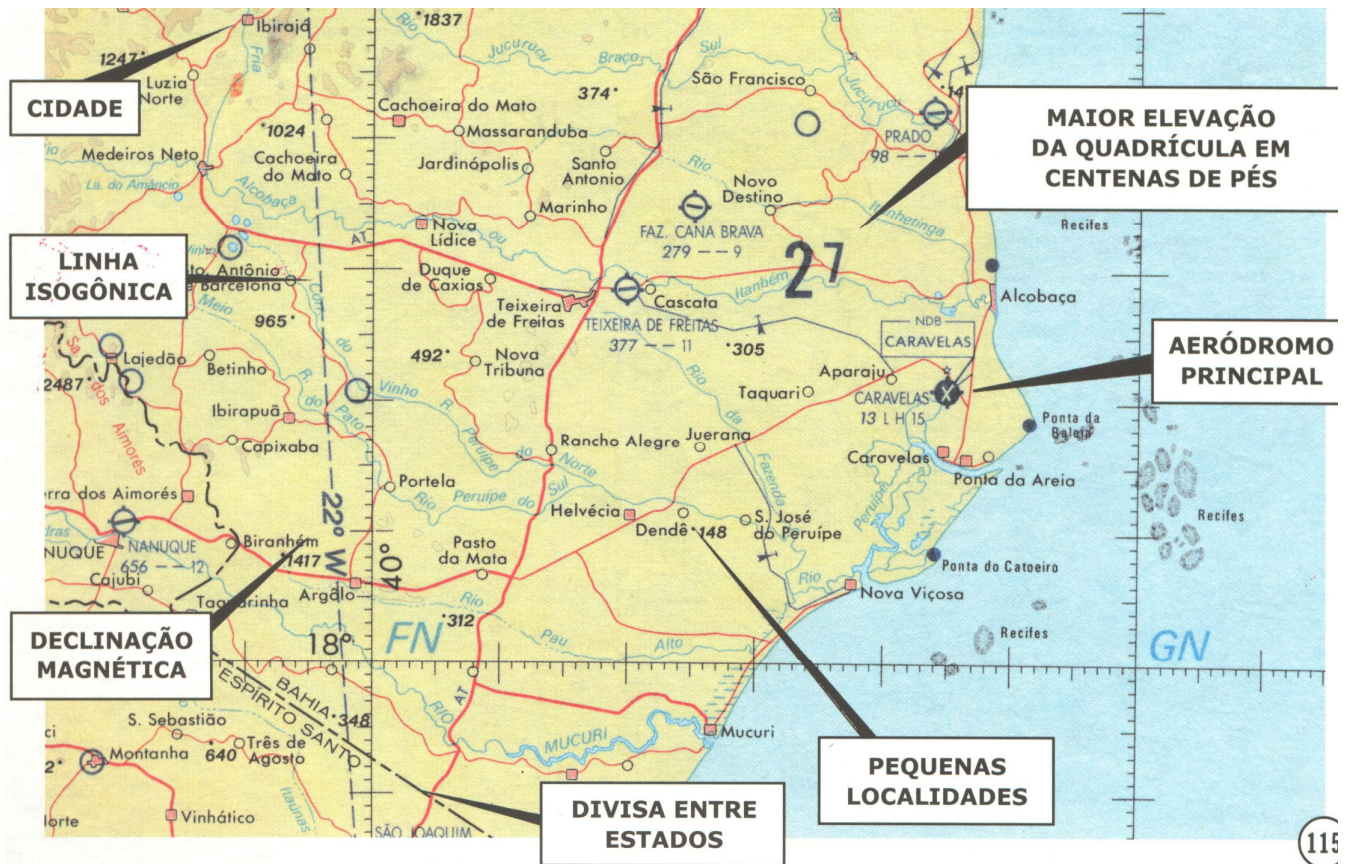
A longitude é a distância ao meridiano de *Greenwich* medida ao longo do Equador. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 180° para Este ou para Oeste.

Por exemplo, Lisboa está à longitude de $9^{\circ} 8' W$, o Rio de Janeiro à longitude de $34^{\circ} 53' W$ e Macau à longitude de $113^{\circ} 56' E$.

Cartas Aeronáuticas: são produzidas e distribuídas pelo Ministério da Aeronáutica. Classificam-se de acordo com o fim a que se destinam. Subdividem-se em:

- *Carta de Planejamento de Vôo:* destina-se a determinação de rotas internacionais e organização de amplos sistemas de transporte aéreo.
- *Carta de Longo Alcance:* destina-se a navegação celestial e por instrumento.
- *Carta Aeronáutica Mundial (WAC):* destina-se a navegação visual. Abrange áreas de terra e água indicado meios auxiliares e perigosos para a navegação.
- *Carta de Aproximação:* destina-se à navegação visual sobre áreas congestionadas. Fornece detalhes relativos à direção da aproximação desejada.
- *Carta de Objetivo:* contém informações esquemáticas que permitem localizar com exatidão um objetivo específico numa área geral.

Decifrando uma WAC (Carta Aeronáutica Mundial):



1. **Escala:** é a relação entre o tamanho real do terreno e sua representação na carta. Existe um macete para determinar a escala, que consistem em cortar os dois últimos zeros à direita para se obter uma relação centímetro (carta) - metro (tamanho real).

Ex: escala de 1:1000.000, tem uma relação de 1cm para 10.000 metros ou passando para quilômetros, 1cm para 10 km.

2. **Milha Náutica (NM):** é a unidade de medida mais empregada em navegação aérea. Foi criada dividindo-se um círculo máximo da Terra (Linha do Equador ou qualquer Meridiano) em 21.600 partes iguais. Cada uma destas partes equivalente a 1NM.

Se o círculo todo tem 360° e se cada 1° equivalente a 60' (minutos), então o círculo todo também tem 21.600' (minutos).

Logo, **1NM = 1' = 1,852 km.**

3. **Quadrículas:** são subdivisões da carta, de 1° por 1° ou, convertendo para quilômetros, $1^\circ = 60' = 60 \times 1,852 \text{ km} = 111,12 \text{ km}$. Logo, cada quadrícula tem aproximadamente 111 por 111 km.
4. **Outras Distâncias:** é bastante simples determinar outras distâncias, basta selecionar os 2 pontos desejados, ligar um ao outro e medir com uma régua ou compasso. Em seguida, transfere-se esta medida para um **meridiano** (linha vertical) qualquer da carta, onde se obtém a distância em minutos ou milhas náuticas. Multiplicando-se esse valor por **1,852** obtemos então a distância em quilômetros.
Obs.: a transferência da medida não pode ocorrer sobre as latitudes porque se excetuando a Linha do Equador, os demais círculos têm tamanhos diferentes.
Ex: distância entre o Aeródromo Guarulhos e Campo Fontenelle (embora pudesse ser qualquer um), temos $99'$ ou 99 NM que equivalem a $183,35 \text{ km}$.
5. **Elevações:** são as altitudes dos acidentes geográficos ou localidades da carta. Nas WAC, geralmente são apresentados em pés. Cada quadrícula apresenta no centro, o valor da Elevação Máxima representado em MILHARES (algarismos grandes) e CENTENAS (algarismos pequenos) de PÉS acima do Nível do Mar.
Ex: $3^\circ = 3600 \text{ pés}$ ou, convertendo para metros, se **1000 pés equivalem a aproximadamente 300 metros**, então $3600 \text{ pés} \approx 1200 \text{ metros}$.
6. **Linhas Isogônicas:** são linhas tracejadas que descrevem pontos de mesma declinação magnética. Variam de ano para ano e, por esse motivo, devem ser corrigidas sempre que for traçada uma nova rota de vôo.
Ex: uma aeronave decolará do Aeródromo Guarulhos (São Paulo) para o Campo de Fontenelle (Pirassununga). Seu rumo verdadeiro seria de 331° . Porém, durante o vôo, cruzará a isogônica $17^\circ W$ de uma carta editada em 1980 e que apresenta uma variação anual de $8' W$. A correção é feita da seguinte forma:
- Diferença entre o ano do vôo e ano de edição da carta: $1998 - 1980 = 18$ anos.
 - Produto do tempo pela variação anual: $18 \times 8 = 144'$.
 - Adequação do resultado obtido: se $60' = 1^\circ$, então $144' = 2^\circ 24'$.



d. Incorporação do resultado obtido à linha isogônica sobrevoada: $17^{\circ}W + 2^{\circ} 24'W$.

Obs.: todos os valores W (oeste) são somados e todos os valores E (leste) são subtraídos.



e. Incorporação da correção ao rumo verdadeiro: $331^{\circ} + 19^{\circ} 24'W = 350^{\circ} 24'$.
Portanto decolando de Guarulhos em 1998, só será possível chegar ao Campo Fontenelle se voarmos com a bússola do avião apontada para $350^{\circ} 24'$.

7. **Informações Aeronáuticas:** são os símbolos, espalhados por toda a da carta que contêm informações sobre as particularidades do terreno. Seguem abaixo, alguns exemplos:

PRINCIPAIS AERÓDROMOS

Civil ou Militar 
Militar 

OUTROS AERÓDROMOS

Civil ou Militar 
Militar 

DETALHAMENTO SOBRE AERÓDROMOS



FAROL AERONÁUTICO OU MARÍTIMO  

OBSTÁCULOS VERTICAIS  **1109**
(260)

ELEVAÇÃO DO TOPO DO OBSTACULO ACIMA DO NÍVEL DO MAR 1109

ALTURA DO OBSTÁCULO ACIMA DO TERRENO (260)

GRUPO DE OBSTÁCULOS  2064
(508)

LINHAS DE ALTA TENSÃO 

ESPAÇOS AÉREOS DE USO ESPECIAL:

PROIBIDO - SBP - 402

PERIGOSO - SBD - 421

RESTRITO - SBR - 317

Voando Mais Alto - Navegação Aérea

WAC (Carta Aeronáutica Mundial):



Radar: equipamento que permite à tripulação identifica e determinar a distância de qualquer obstáculo que exista à sua frente; como por exemplo, outros aviões, torres, montanhas, tempestades, etc. Seu princípio de funcionamento consiste na emissão de ondas. Quando existe um obstáculo, essas ondas refletem e acusam a existência do mesmo na tela de monitoramento do radar.

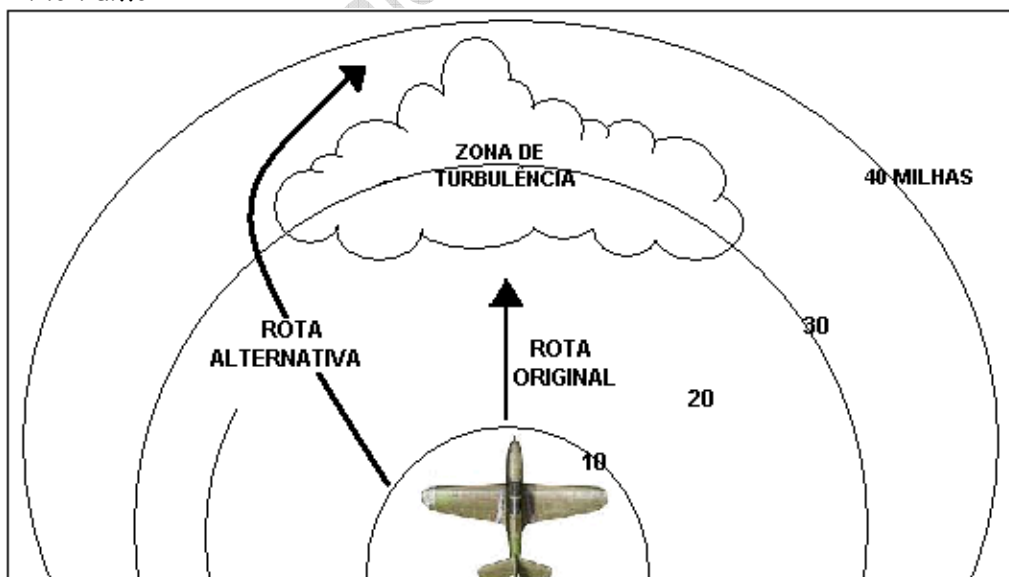
Princípios de Funcionamento do Radar:

Os aviões equipados com radar podem detectar tempestades e alterar sua rota a fim de evitar as turbulentas e perigosas áreas de instabilidade. Essas alterações normalmente são temporárias e podem ocorrer de 2 formas diferentes, conforme as figuras abaixo:

- Na altitude:



- No rumo:



Hora zulu

Como a hora não é a mesma em todos os lugares do mundo, cada país tinha uma hora e nenhum deles usava uma hora padrão que servisse de orientação. Foi necessário um Conferência Meridiana Internacional, reunida para tratar dos fusos horários.

Depois de muita discordância, foi à Inglaterra a escolhida para que ficasse com o meridiano "zero", chamado de "Greenwich", localizado às margens do rio Tâmisa, onde era a sede do Real Colégio Naval Inglês.

Após o primeiro meridiano, a decisão dos participantes da conferência foi de traçar no mapa os 24 demais meridianos. O mundo então, ficou dividido em 24 partes, sendo cada uma dessas partes uma zona de tempo ou fuso horário. Cada fuso horário tem 15 graus de longitude que são linhas imaginárias que passam de um pólo a outro.

O meridiano internacional ou fuso zero, é mais conhecido como meridiano de "Greenwich". Criou-se a hora GMT, ou seja, a hora de "Greenwich Mean Time".

De posse da hora zero, ficou convencionado que toda hora que estivesse à esquerda do meridiano (oeste) seria menos, e a que estivesse à direita (leste) seria mais.

Como as transmissões internacionais tem origem em vários pontos do mundo, isto determina que a maior parte da radiodifusão em ondas curtas seja feita de acordo com o horário padrão internacional, o GMT ou UTC (Universal Coordinated Time), e também conhecido como hora "Zulu" no setor aeronáutica

Nomenclatura

Pistas são nomeadas pela direção de suas cabeceiras, em relação à direção em relação ao polo norte magnético em que elas apontam, em graus, arredondado para o mais próximo múltiplo de 10, e letras, à direita do número: L (left - esquerda), C (central) e R (right - direita), quando o aeroporto possui pistas paralelas (e, neste caso, as letras servindo para a identificação das pistas paralelas, uma vez que a numeração de suas cabeceiras são a mesma). Note que, por serem exatamente opostas entre si (180°), o número de dada cabeceira pode ser encontrada pela adição ou subtração de 18.

Por exemplo, dado duas pistas paralelas 22L/4R e 22R/4L, 22 indica que estas cabeceiras possuem um ângulo de 215 a 225 graus em relação a ao polo norte magnético, tendo como grau 0/360 o sul e 180 o norte, e 4 (35 a 45 graus) indica a cabeceira oposta. Como são duas pistas paralelas, as letras identificam as pistas.

VOANDO MAIS ALTO

Coordenação: Fábio Augusto Giunti Ribeiro

Elaboração: Thales Sarraf Giunti Ribeiro

Revisão: Yasmim Sarraf Giunti Ribeiro

Atibaia - SP - Fevereiro / 2011