
Taubaté, 12/07/14 a 15/07/15

TTEM 003/15

AUTOMAÇÃO DOS SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO NA AVIAÇÃO

AUTOMATION OF NAVIGATION SYSTEMS IN AVIATION

Signatários:

- Bruno Inácio da Luz Ferreira¹
- Giovanni Teles de Paula¹
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP
- Prof. Dr. José Rui Camargo – Universidade de Taubaté

Finalidade: Apresentar a modernização dos sistemas aviônicos na aviação civil e militar

Duração: 12 meses

1 - Aluno do Departamento de Engenharia Aeronáutica da Universidade de Taubaté - UNITAU

Palavras chave: Integração e Modernização, Sistemas Aviônicos, Sistemas de Controle, Automação.

Resumo. Este trabalho tem por objetivo apresentar a modernização dos sistemas aviônicos na aviação civil e militar. Com base em estudos anteriores e nos dados coletados para a elaboração deste trabalho, foi possível entender a importância e a necessidade de se utilizar os sistemas aviônicos, visto que são fundamentais nas aeronaves dos dias atuais. Desde que foram criados, estes equipamentos têm passado por várias evoluções, tanto no que diz respeito aos requisitos de mercado, como em relação à aplicação de novas tecnologias em seu desenvolvimento, com isso a necessidade de modernizar a frota tornou-se iminente no atual cenário de operações.

1. INTRODUÇÃO

Aviação é a área de atividades e pesquisa relacionadas com vôo de aparelhos mais pesados que o ar, chamados aeronaves ou mais leves (os dirigíveis e balões). Muitas vezes a aviação é chamada incorretamente de aeronáutica. A aviação é um dos dois ramos da aeronáutica, sendo o outro a aeroestação. A aviação começou no século XVIII com a construção do primeiro balão de ar quente, sendo um aparelho capaz de se deslocar pela atmosfera por meio da flutuabilidade.

Depois, os avanços mais significativos vieram com *Otto Lilienthal* que manejava pela primeira vez um aparelho mais pesado que o ar e posteriormente com os *irmãos Wright* e *Santos Dumont*, que são creditados como os pioneiros na construção de aeronaves.

As aeronaves começaram a transportar passageiros e cargas quando os projetos aumentaram e ficaram mais confiáveis. Em contraste com pequenos balões, gigantes aeronaves fizeram transporte de passageiros e cargas percorrendo grandes distâncias.

O melhor exemplo de aeronaves deste tipo foram fabricados pela companhia alemã de Zeppelins. O mais bem sucedido Zeppelin foi o Graf Zeppelin, que voou sobre um milhão de milhas (1.600.000 km, aproximadamente) incluindo um vôo de volta ao mundo em agosto de 1929. Um grande progresso foi feito no campo da aviação nos anos 20 e 30, como o vôo transatlântico de *Charles Lindbergh*, em 1927, e o vôo transpacífico de *Charles Kingsford Smith* no ano seguinte (1928). *Richard Byrd* tornou-se o primeiro piloto a pousar com um avião na Antártica continental durante uma expedição realizada entre 1928-1930.

Um dos mais bem sucedidos projetos daquele tempo foi o Douglas DC-3 que veio a ser a primeira aeronave de uso de uma companhia aérea, que foi rentável para o transporte de passageiros, começando assim, a era moderna de aeronaves de transporte de passageiros.

Com o início da 2ª Guerra Mundial, muitas cidades construíram aeroportos, e houve muitos pilotos profissionais disponíveis. A guerra trouxe inúmeras inovações para a aviação, incluindo o primeiro jato e foguetes movidos a combustível líquido.

Depois da 2ª Guerra, especialmente na América do Norte, houve um boom na aviação geral, tal como milhares de pilotos que foram desligados do serviço militar e aeronaves mais baratas

estavam disponíveis. A partir dos anos 1950, o desenvolvimento de jatos civis cresceu, começando com o de Havilland Comet, embora o primeiro jato de grande uso para transporte de passageiros foi o Boeing 707, porque era muito mais econômico do que os outros aviões.

Na mesma época, a turbopropulsão começou a aparecer para aeronaves menores, fazendo ser possível percorrer rotas menores em um amplo leque de condições climáticas.

Desde os anos 1960, motores mais eficientes feitos de células compostas e silenciosos, ficaram disponíveis, e o Concorde prestou grandes serviços de transportes de passageiros supersônicos durante uma faixa de tempo, porém, as mais novas e importantes inovações tiveram lugar na instrumentação e controle. A chegada de aparatos eletrônicos, o Global Positioning System, comunicações por satélite, cada vez menores e mais poderosos computadores e o LED, mudaram significativamente os cockpits das grandes aeronaves e, cada vez mais, de pequenos aviões.

Os pilotos poderiam navegar com muito mais precisão e ainda visualizar o terreno, obstruções, e outras aeronaves próximas num mapa ou através da visão sintética, mesmo à noite ou com baixa visibilidade.

Em 21 de Junho de 2004, a SpaceShipOne veio a ser a primeira aeronave privada financiada a fazer um vôo no espaço, abrindo a possibilidade de mercado de aviação fora da atmosfera terrestre. Esta evolução tecnológica na aviação proporcionou a capacidade de fornecer aos pilotos as informações suficientes para capacitá-los a controlar a aeronave e navegar até o seu destino de maneira segura.

Nos últimos anos, o avanço da eletrônica e instrumentos de bordo influenciou a nova arquitetura do cockpit, principalmente devido aos Sistemas eletrônicos de informação de vôo (EFIS), Sistemas de indicação e alerta à tripulação (EICAS), Integração e “digitalização” dos computadores/processadores e de distribuição de sinais e informações via barramento de dados (RS232, ARINC429, ASDB 573, ASCB-D, Ethernet, LAN, MIL-STD-1553, etc. Em linhas gerais o **sistema aviônico** e os instrumentos de bordo podem ser agrupados em quatro grandes sub-sistemas altamente integrados: Sistemas de Indicação, Sistemas de Comunicação, Sistemas de Alarme e Registro e Sistemas de Navegação;

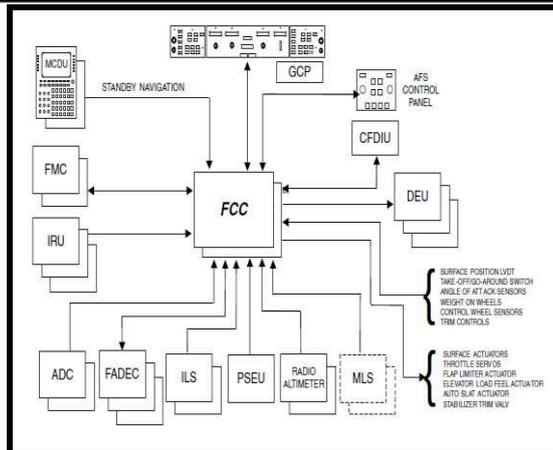


Figura 1 - Típica Arquitetura de Integração de Sistemas

2. SISTEMA DE INDICAÇÃO

Este sistema incorpora todos os indicadores que a aeronave recebe através de seus sensores externos e são visualizados atualmente nos displays das aeronaves ou nos painéis de instrumentação. Os parâmetros obtidos por esses sensores demonstram o comportamento que a aeronave está desenvolvendo em voo e permite que a tripulação possa efetuar os comandos necessários para controlar a aeronave.

Todos os controles e instrumentos para a operação de uma aeronave são acomodados em painéis. A quantidade e disposição variam de acordo com os números de controles, funções e layout da cabine de pilotagem. Os controles e indicadores típicos de cada um destes painéis bem com sua disposição/arranjo podem ser melhor contextualizados analisando-se um cockpit real. Os sistemas de indicação típicos de aeronaves civis podem ser divididos em dois grandes grupos:

- **Indicações Básicas de Voo** : Reúnem as indicações para visualização das condições de voo e controle dos movimentos da aeronave.
- **Indicações de Motor e de Sistemas Diversos** : Grupo de instrumentos requerido para se monitorar a operação dos motores e de outros sistemas vitais à aeronave tais como indicação de quantidade de combustível, sistema elétrico, comandos auxiliares.

Além do arranjo físico e da integração de funções, os instrumentos também evoluíram na tecnologia utilizada para apresentar estas informações de atitude

(arfagem e rolamento) e proa como por exemplo utilizando-se o **ADI** (Attitude Director Indicator) e migrando de um formato mecânico-analógico para um formato eletrônico-digital.



Figura 2 - Instrumentos Básicos de vôo

Os instrumentos básicos de vôo deram lugar ao **EFIS** (Electronic Flight Instrument System) e os indicadores de motor e sistemas diversos se integraram no sistema **EICAS** (Engine Indicating and Crew Alerting System).

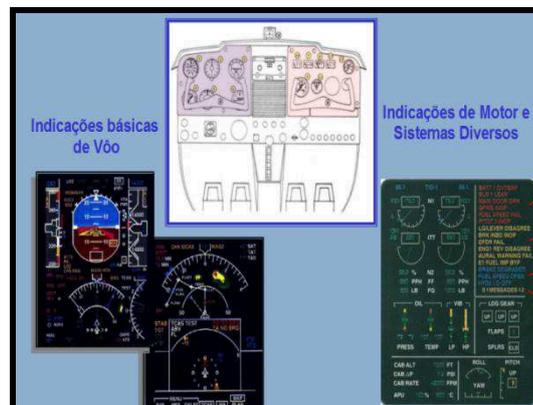


Figura 3 - Sistemas de Indicação (Evolução)

Este sistema (EICAS) é formado por dois grandes blocos :

- **EIS (Engine and Indication Systems)** - Dados do motor, dados de configuração da aeronave: trem de pouso, flapes, compensadores e indicação de sistemas.
- **CAS (Crew Alerting System)** - Indicação de alertas e mensagens.

O sistema de comunicação de uma aeronave pode ser agrupado em dois grandes blocos:

- **Comunicação Interna** - Entre pilotos, através de um sistema de interfone, entre pilotos e os comissários de vôo, entre a tripulação e os passageiros e entre a tripulação e o pessoal de rampa.

- **Comunicação Externa** - aeronave e estações de controle de trafego aéreo, aeronave e estações de apoio no solo e duas ou mais aeronaves.

A comunicação interna consiste de um sistema de áudio que permite o controle e a distribuição de áudio (interfone, microfone) e um sistema de “Passenger Address”, ou seja um sistema de gerenciamento das mensagens internas à aeronave, além do sistema de entretenimento (aeronaves comerciais).

Com o avanço tecnológico e a integração cada vez maior entre os sistemas aviônicos, está cada vez mais difícil identificar estes sistemas e seus componentes de maneira isolada. Na comunicação externa os sistemas mais comuns são HF e VHF (Civil) e UHF (Defesa).

Os principais requisitos de um sistema de comunicação é a de clareza e inteligibilidade da comunicação, o número de usuários por separação dos canais, a imunidade a ruídos e tolerância a falhas e o alcance (potência de transmissão/sensibilidade de recepção).

Na aviação militar adiciona-se o sigilo (codificação e criptografia) e a resistência a contra-medidas e interferências eletrônicas.

Antes da modernização das aeronaves com a integração de computadores e displays, os tipos de sinais de alerta eram de avisos sonoros para chamar a atenção do piloto no caso de alguma anormalidade.

Os alarmes sonoros são classificados em quatro níveis, **Emergency, Anormal, Advisory e Information.**

Com a modernização os displays através da integração dos computadores podem fornecer indicações visuais e auditivas sobre as condições de funcionamento dos sistemas instalados. Existem três níveis básicos de alerta, **Warning (Alarme), Caution (Atenção) e Advisory (Consultivo).**



Figura 4 - Display com Sinais de Alertas

3. ENGINE INDICATING AND CREW ALERTING SYSTEM

O EICAS (Engine Indicating and Crew Alerting System) é um sistema de alerta aos pilotos sobre o comportamento dos motores de uma aeronave. As aeronaves da Airbus utilizam um sistema designado por **ECAM** (Electronic Centralised Aircraft Monitoring - Monitorização Eletrônica Central da Aeronave) que, adicionalmente a outros componentes do EICAS, também fornece informações sobre as ações a serem tomadas.

O EICAS inclui instrumentos de controlo de diversos parâmetros dos motores, como **RPM**, a temperatura, o fluxo e quantidade de combustível e pressão do óleo. Outros sistemas controlados pelo EICAS incluem o hidráulico, o pneumático e o elétrico.



Figura 5 - Exemplo de Informação no EICAS

Os registros e alertas podem ser observadas no EICAS através da simbologia padrão de cores para os alertas, dependendo da relevância para o alerta determinando a prioridade do sistema que será acionado na aeronave, desta forma possibilitando a tripulação tomar as ações de verificação da discrepância. Existem outros tipos de sistemas em que a aeronave utiliza para alertar a tripulação, tais como, **GPWS** (Ground Proximity Warning System), **TCAS** (Traffic Collision Avoidance System), **Radar Altímetro**, **Radar Meteorológico** e **TAWS** (Traffic Awareness and Warning System), etc.

Em todos esses sistemas mencionados a integração dos equipamentos permitirão para a tripulação a apresentação de alguma informação sonora de alerta e/ou uma mensagem no EICAS da aeronave.

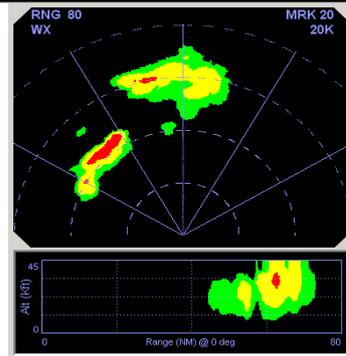


Figura 6 - Típico Radar Metereológico

Dependendo da configuração atualmente os registros da aeronave serão armazenados em equipamentos com a função de gravar em formatos de dados.

Existem dois tipos de registradores :

- Registradores para análise em caso de acidente aeronáutico – armazenam parâmetros de voo.
- Registradores para análise e otimização de procedimentos de manutenção – armazenam informações para manutenção dos sistemas da aeronave.

Os registradores mais comuns são : **FDR** (Flight Data Recorder), **CVR** (Cockpit Voice Recorder), **DVDR** (Digital Voice Data Recorder), **CVDR** (Cockpit Voice Data Recorder) e **FVDR** (Flight Voice Data Recorder). A função principal desses equipamentos é a gravação de dados com o propósito de documentação e análise pós-voo.

A gravação desses dados são obtidos através de fita tradicional ou através do **Solid State Data Recorder** (SSDR) que é uma tecnologia de se armazenar as informações em microchips. Porém o dispositivo SSDR possui muitas vantagens em relação a fita tradicional, conforme citado abaixo:

- A unidade Solid State resiste a 1100° C por 30 minutos, enquanto a unidade de fita resiste a apenas 180°.
- Pode-se armazenar um maior número de parâmetros em um menor espaço físico.
- Capaz de submergir a uma profundidade de 20.000 pés e permanecer 30 dias imerso em água salgada.

Resiste a impactos de até 3400g, contra uma resistência da apenas 1000g da unidade de fita e resiste até 2285 kg por 5 minutos.

Os registradores conseguem obter diversos parâmetros, por exemplo :

- Dados de comandos de vôo (Rolagem, aceleração vertical e longitudinal);
- Dados de Navegação (Proa, Atitude, Altitude);
- Teclas de fonia;
- Conversas;
- Dados do motor (Velocidade, Altitude, Temperatura, Empuxo do Motor);
- Posição do Manche, etc.

4. SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO

Desde o início da aviação as aeronaves sempre operaram com instrumentos de navegação, no qual orientavam suas rotas. No início utilizava-se as rotas terrestres conhecidas e bússolas magnéticas. Conforme a introdução dos rádios de navegação na aviação os instrumentos foram sendo aperfeiçoados assim como o sistema de integração (antenas, estação de solo, etc.).

Com isso a tripulação além de ter uma carta de navegação (padrão) para auxílio na navegação irá contar com modernos instrumentos de navegação que irão auxiliar na aproximação e decolagem da aeronave.



Figura 7 - Visualização do Plano de Aproximação

OILS (Instrument Landing System) é um sistema de aproximação por instrumentos, que dá uma orientação precisa ao avião que esteja pousando em determinada pista.

Ele consiste em dois sistemas distintos, um deles mostra a orientação lateral do avião em relação a pista, e o outro mostra o ângulo de descida, ou orientação vertical.

O sistema é baseado na transmissão de sinais de rádio que são recebidos, processados e apresentados nos instrumentos de bordo do avião.

A aproximação ILS é também chamada de “Aproximação de Precisão” (Precision Approach), por contar com as informações do Localizador em VHF (Very High Frequency) e do Glide Slope em UHF (Ultra High Frequency), fornecendo informações para o alinhamento com o eixo da pista e com a trajetória correta de planeio para o pouso.

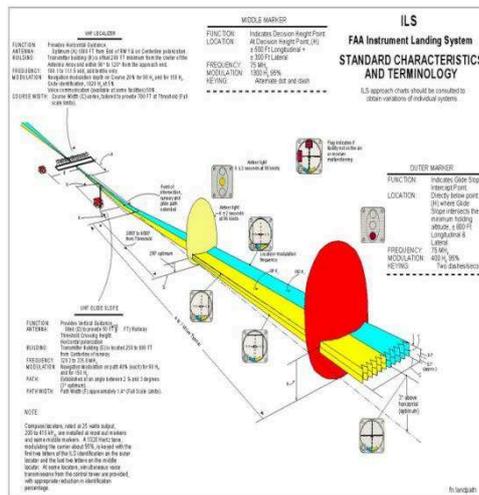


Figura 8 - Sistemas de Aproximação e Decolagem

Os sistemas de navegação utilizados na aviação (civil e militar) são :VOR / ILS / LOC / GS / MB, DME, ADF e GPS VOR / ILS / LOC / GS / MBVOR / LOC - A função básica do VOR (VHF – OMNIDIRECTIONAL RANGE) é fornecer meios para que seja determinada a posição do avião, com referência a uma estação de terra e também seguir uma rota em direção à estação ou no afastamento da mesma.

Isto é efetuado pela indicação do posicionamento do avião, na radial da estação de VOR selecionada ou determinando-se a radial na qual a aeronave se encontra.

A diferença de fase entre os dois sinais que são gerados pelo VOR (estação de terra) é avaliada de acordo com a direção do avião em relação à estação (de terra), de modo que uma determinada radial é representada por uma diferença de fase. É gerado um sinal de referência, não direcional, cuja fase é a mesma a qualquer momento e em todas as direções. O outro sinal apresenta

variações de fase a cada instante e em cada direção. Os dois sinais terão a mesma fase somente a zero graus ou radial norte.

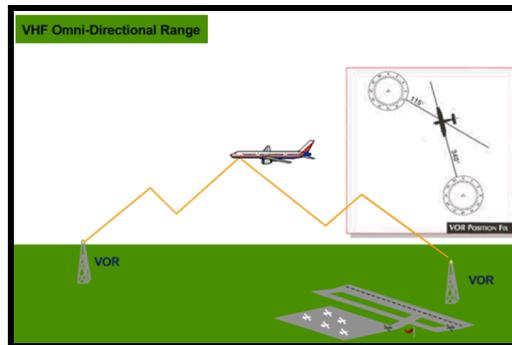


Figura 9- Sistema de VOR

Os sinais de referência são variáveis. São voltagens derivadas da variação (modulação) de 30 Hz, sobre uma RF portadora. A diferença de fase é indicada nos display ou instrumentos de voo.

ILS – Este sistema proporciona, durante a fase de pouso, de um voo, informações para que o avião seja dirigido diretamente para a pista e como descer em um ângulo correto. Para tanto foram projetados um sistema de VHF (orientação horizontal) e um de UHF (orientação vertical).

O **LOC** (LOCALIZER) é uma estação que transmite a orientação horizontal para a pista e opera em VHF, na faixa de frequência de 108 a 111,95 MHz, sempre que o decimal for ímpar. Uma portadora modulada em 90 Hz e 150 Hz é transmitida, pela antena, de modo que toda a energia é concentrada em uma faixa estreita, perpendicular à pista.

Um avião voando à direita dessa faixa vertical recebe um sinal predominante de 150 Hz e, à esquerda, recebe o sinal de 90 Hz. Quando o avião estiver perfeitamente alinhado em direção à pista, os sinais serão nulos. Esta posição relativa, depois de recebida e decodificada, é mostrada na instrumentação de voo com as informações de desvio.

O **GS** (GLIDESLOPE) transmite uma orientação vertical da pista e opera na faixa de frequência de 329,15 a 335,00 MHz irradiando dois sinais modulados; um em 90 Hz e o outro em 150 Hz. Neste caso a energia transmitida é concentrada numa faixa estreita, que determina a rampa de descida para o avião. Se o avião estiver acima da rampa, recebe a modulação de 90 Hz e, estando abaixo, a de 150 Hz. Se o avião estiver na rampa correta, os sinais se anulam. Esta posição relativa, após recebida, é mostrada na instrumentação de voo com as informações de desvio.

O **MB** (MARKER BEACON) é um sistema constituído de três transmissores alinhados com o eixo da pista. Os três marcadores conhecidos como: externo, intermediário e interno, operam numa frequência de 75 MHz, sendo cada portadora modulada por um tom diferente de áudio: 3.000 Hz

para o interno; 1300 Hz para o intermediário; e 400 Hz para o externo. A energia é concentrada segundo um feixe cônico de pequena abertura e, por este motivo, o receptor de bordo só acusa a presença de sinal quando a aeronave estiver bloqueando o respectivo marcador. Como as distâncias entre os marcadores e a cabeceira de aproximação são padronizadas intencionalmente, os marcadores indicam, ao piloto, o progresso da aeronave ao longo da perna final. O equipamento de bordo propicia indicações visuais através de lâmpadas indicadoras de cores distintas, e auditivas, por meio de um tom específico, para cada modulação. A correspondência de cores e tons é apresentada a seguir, para cada marcador.

- **EXTERNO** : Cor azul e tom de 400 Hz, audível em baixo tom e identificado em código Morse, pela emissão contínua de dois traços por segundo.
- **INTERMEDIÁRIO** : Cor âmbar e tom de 1.300 Hz, audível em tom médio e emite um código Morse, alternando pontos e traços, na razão de 95 unidades (pontos e traços) por minuto.
- **INTERNO** : Cor branca e tom de 3.000Hz, audível em tom bem agudo e pontos contínuos em código Morse, na razão de 6 pontos por segundo.

5. DME

O princípio de fundamento do **DME** (Distance Measurement Equipment) está baseado na transmissão de um sinal de RF para uma estação repetidora no solo. O tempo gasto pelo sinal, para atingir a repetidora e retornar, é proporcional à distância entre o transmissor e a repetidora. O sinal a ser transmitido sofre um processo de caracterização que o torna inconfundível entre todos os sinais transmitidos para a estação no solo. Este processo consiste em transmitir os sinais em intervalos irregulares por um método aleatório.

A operação do sistema DME é baseada na transmissão de pares de pulsos em intervalos específicos emitidos pela aeronave, que são recebidos e retransmitidos por uma estação de terra. A retransmissão pela estação de terra consiste de pares de pulsos sendo que a frequência da retransmissão é diferente da recepção. O tempo decorrido entre a ida e a volta desse sinal é medido pelo equipamento da aeronave e transformado em distância, em milhas náuticas, a partir da aeronave até a estação de terra. O ciclo de operação do sistema inicia-se quando o transceptor de bordo transmite pares de pulsos na frequência de recepção da estação de terra em um dos 252 canais na gama de 1025 a 1159 MHz. Após a recepção da interrogação, a estação de terra, decodifica o sinal recebido e responde a interrogação após um tempo de 50 μ s. Este tempo de 50 μ s é pré-estabelecido para eliminar a possibilidade de operação descoordenada quando a aeronave e a estação de terra

estiverem muito próximas. Após decorrido o tempo de $50\mu\text{s}$ a estação de terra transmite pares de pulsos de volta para a aeronave numa frequência desviada em 63 MHz do sinal de interrogação. A gama de frequência do receptor de DME, cobre a faixa de 962 a 1213 MHz.

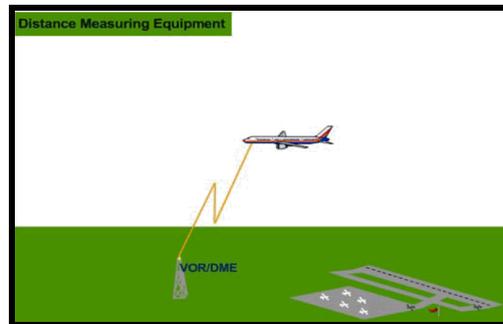


Figura 10- Sistema de DME

6. ADF

O sistema **ADF** (Automatic Direction Finder) é projetado para fornecer informações de proa relativa, ou seja, com relação a uma estação de terra sintonizada e a recepção de áudio, para sinais de AM de baixa e média frequência, na faixa de 190 a 1750 kHz. A informação de proa relativa (da estação) é apresentada nos indicadores radiomagnéticos (**RMI**) e nos indicadores de situação horizontal (**EHSI**).

O conceito de navegação ADF é baseado na habilidade que tem o sistema de bordo, de fornecer indicação de proa, relativa à direção de uma estação de rádio selecionada.

Quando o cartão compasso de um RMI indica a proa do avião, a leitura do ponteiro indicador em relação ao cartão compasso, fornece a direção magnética para a estação.

A aeronave emprega dois receptores ADF em sistemas independentes, cujas indicações são apresentadas nos indicadores RMI e EHSI. Os ADFs são usados nas seguintes funções:

- Como radiogoniômetro automático, para fornecer indicações contínuas de marcações magnéticas das estações sintonizadas.
- Como receptores convencionais para permitir a recepção auditiva de sinais modulados em amplitude na faixa de frequência abrangida.

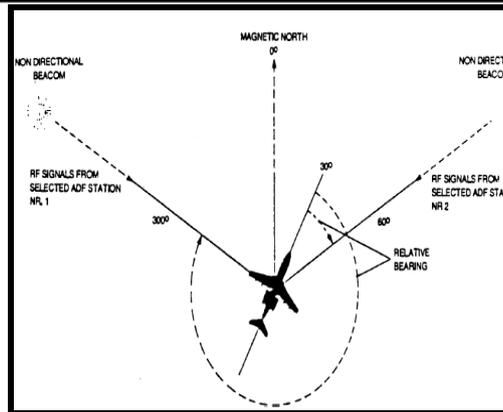


Figura 11- Sistema de ADF

7. GPS

O GPS (Global Position System) foi proposto e desenvolvido nos anos 70 pelo Departamento de Defesa Norte-americano inicialmente para fins militares.

Mais tarde, interesses civis e comerciais trouxeram-lhe um uso mais alargado, tendo hoje um vasto conjunto de aplicações, entre as quais navegação, localização, mapeamento, emergências, aviação e etc.

Este sistema utiliza, no total, 24 satélites para assegurar uma cobertura global.

A sua principal finalidade seria a de proporcionar, em termos genéricos, os meios necessários para rapidamente e de forma eficaz se determinar a posição tridimensional de um qualquer ponto localizado no globo terrestre (ou perto dele) a qualquer instante.

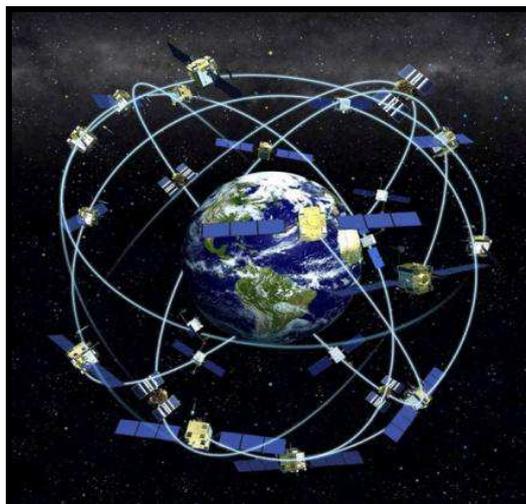


Figura 12- Satélites do Sistema de GPS

Com a integração dessas informações a aeronave pode utilizar as características de cada equipamento orientando-se através de cada sistema a ser utilizado, tais como : VOR, ADF, ILS, MB, GS, LOC ,DME e GPS, e essas informações serem visualizados em um display de navegação de última geração.



Figura 13 - Display com informações de Navegação

8. CONCLUSÃO

A automação é desenvolvida e projetada na aviação em diversos segmentos uma delas muito conhecido é a modernização de aeronaves, pois reflete não apenas a evolução dos equipamentos, mas assim como toda reconfiguração de sistemas, tais como o sistema de comandos, sistema de vôo, sistema de navegação, etc.

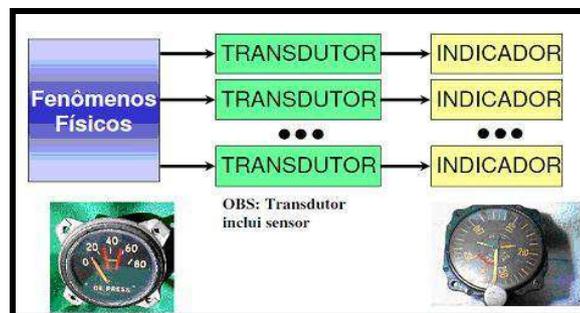


Figura 14 - Modelo não-automatizado

O modelo acima demonstra a forma que os sistemas eram integrados e utilizados, suas características eram :

- Sistemas eletromecânicos, mecânicos e eletrônica analógica.
- Os sistemas realizam relativamente poucas funções.
- Sensores dedicados para cada sistema.
- Sistemas sem intercomunicação – os sistemas são auto-contidos e independentes.
- Uma falha em um sistema ou sensor afeta somente aquele sistema
- Os sistemas são desenvolvidos independentemente uns dos outros.

A evolução foi permitida pelo vasto avanço tecnológico dos componentes elétricos, eletrônicos e servos (mecânicos), aonde os ganhos refletiram em computadores menores, motores mais sofisticados e menos complexos, etc.

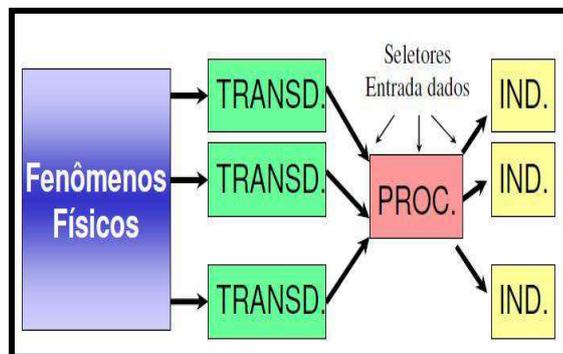


Figura15 - Modelo automatizado

Com a grande possibilidade de evolução nos equipamentos também notamos que a cabine do piloto sofreu uma grande modernização em relação aos instrumentos de vôo, antes com uma arquitetura rústica o piloto tinha vários instrumentos para poder controlar a aeronave e tomar várias decisões em determinadas circunstâncias de vôo (militar ou civil).

Com a modernização dos instrumentos o piloto têm as suas decisões "diagnósticas" pelo computador de bordo e com essas informações ele poderá tomar decisões com mais segurança.

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] Advanced Avionics Handbook, U.S Department of Transportation, FAA, 2009.
- [2]Salvano, Daniel, “NavAids-Moving To a Performance Based NAS,” Presentation to CNS/ATM Users Conference, April 28, 2005, OrlandoFlorida.
- [3] JJ. Fee, C.F. Primeggia, D.E. Campbell, “New Approaches to Aircraft Surveillance in Civil Aviation,” in *proceedings of ahelmlure of Navigation Confmence, colo. Spgs., CO*, June 64,1994, pp. 313-318.
- [4] D.E. Campbell and C.F. Primeggia, “FAA National GPS/CNS Transition Plan (Draft),” FAA, Washington, D.C., July 1994.
- [5] R. Graziano, “*The FAA Vision on Aviation Surveillance Systems (Draft)*,” TSC-CTI(M-77, Federal Aviation Administration,Washington,D.C.,December 1994.
- [6] Pallet, E.H.J. Aircraft Electrical Systems. Second Edition. Pitman 1979.Ian Moir and Allan Seabridge. Aircraft Systems: Mechanical, electrical, andavionics subsystems integration. Third Edition. © 2008 John Wiley & Sons, Ltd.
- [7] Figueiredo, Pedro Airton. Electric Systems. Systems Engineering Training.March 2002.
- [8] Aircraft Electrical Systems, [Third Edition](#),E.H.J. Pallett, Publisher: Prentice Hall.
- [9] Aircraft Electricity & Electronics, Fifth Edition, Thomas Eismín,Publishers: Glencoe & McGraw-Hill.